

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



**Faculté de Technologie**

**Département Génie Mécanique**

**Option : Génie Industriel**

**Mémoire de fin d'étude**

**En vue de l'obtention du diplôme de Master**

**Thème :**

**Contribution à l'amélioration de la  
performance de la production : cas de  
l'entreprise NATRA TUBE.**

**Réalisé par :**

Mr. HALOUANE AHMED BELKHEIR

Mr. KADI OUSSAMA

**Sous la direction**

Mme S. OURARI

Année universitaire **2021 / 2022**

# Remerciements

*En premier, nous remercions le tout puissant ALLAH,  
notre créateur qui nous a donné  
la force et le courage de conclure notre travail.*

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à  
notre promotrice **Madame OURARI Samia** et **LEMRAJET  
Hamza** sans oublier **MR. SMAILI** qui nous a aidé dans notre cursus  
universitaire, pour nous avoir encadrés durant notre  
projet de fin d'études et nous avoir conseillé tout le long de  
notre travail.*

*Nous tenons aussi à remercier chaleureusement les  
membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en  
acceptant d'évaluer et de juger ce Modeste travail.*

*Nos sincères remerciements vont également à tous les  
enseignants du département génie mécanique  
qui nous ont appris beaucoup de choses durant  
notre cycle de formation.*

# Dédicaces

*Je dédie ce travail qui n'aura jamais pu voir le jour sans mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,*

*Que dieux vous protègent et que la réussite soit toujours à ma portée pour que je puisse vous combler de bonheur.*

*Je dédie aussi ce travail à mes frères Walid et Serhane, et mes sœurs et*

*à toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.*

*Tous mes amis, particulièrement TRIAKI Amine, FELLAH Amine, NADARA Nacer Walid, TOUIL Islem, TAYEB CHERIF Amine, SELLAM Mounira, AISSI Serine et BOUKHARI Chiraz.*

**Halouane Ahmed Belkheir**

# Dédicaces

*Je dédie ce travail A mes très chers parents qui ont toujours été Là pour moi, et qui m'ont donnée un Magnifique model de labeur et de préséance, De la tendresse, de l'amour et de la force et Dont je suis fière et reconnaissante de les Avoir comme parents.*

*Je dédie aussi ce travail à mon petit frère Bachir et ma sœur Vous occupez une place particulière dans mon cœur. Je vous dédie ce travail en vous souhaitant un avenir radieux, plein de bonheur et de succès.*

*À mes très chers amis en souvenir de nos éclats de rire et des bons moments. En souvenir de tout ce qu'on a vécu ensemble. J'espère de tout mon cœur que notre amitié durera éternellement particulièrement Kelanemer Tarek, M'zali Mahdi, Benaissa Abderrahman.*

**KADI Oussama**

## ملخص:

أصبح تحسين أداء الصناعة مصدر قلق كبير للشركات. تحقيقا لهذه الغاية، تتخذ الشركات تدابير مبتكرة لخفض تكاليف الإنتاج.

عملنا هو جزء من بحث وتحليل الإنتاج في NATRA INTERNATIONAL من أجل تحسين الإنتاجية والأداء. بالإضافة إلى ذلك، قمنا بتطوير مؤشر أداء لتقييم فقدان الأداء والوقت وإنتاجية المصنع. **الكلمات المفتاحية:** سلسلة التوريد، الأداء، التشخيص، مؤشر الأداء، الهيكل التنظيمي.

## Résumé :

L'amélioration de la performance de l'industrie devient une préoccupation majeure pour les entreprises. À cette fin, les entreprises prennent des mesures innovantes pour réduire les coûts de production.

Notre travail fait partie de la recherche et de l'analyse du système de production chez NATRA INTERNATIONNAL afin d'apporter une amélioration de la productivité et de la performance. Nous avons ainsi, utilisé un indicateur de performance pour évaluer les pertes de rendement, de temps et de production de l'usine.

**Mots clés :** Supply Chain, performance, diagnostic, indicateur de performance, structure organisationnelle.

## Abstract :

The improvement of industry performance is increasingly a major concern for companies. To this end, companies are taking innovative measures to reduce production costs.

Our work is part of the research and analysis of production at NATRA INTERNATIONNAL in order to have an improvement of the productivity and the performance. Moreover, we have used a performance indicator to evaluate the losses of the yield, the time and the production of the plant.

**Mots clés :** Supply Chain, performance, diagnostic, indicateur de performance, organisational structure.

# Table des matières

Remerciement

Dédicaces

Table des figures

Liste des tableaux

Liste d'abréviation

Introduction Générale.....	1
Chapitre I : Cadre théorique de l'étude .....	2
Introduction .....	2
<b>I-1. Supply chaine et Supply chaine management</b> .....	2
<b>I-1-1. Notion de Supply chaine</b> .....	2
<b>I-1-1-1. Définition</b> .....	2
<b>I-1-1-2. Concepts de base</b> .....	2
<b>I-1-1-2-1. La logistique</b> .....	3
<b>I-1-1-2-2. Supply Chain SC</b> .....	3
<b>I-1-1-2-2 De la SC au SCM</b> .....	4
<b>I-1-2. Les principaux process de la supply chaine</b> .....	4
<b>I.1.2.1. L'approvisionnement</b> .....	4
<b>I.1.2.2. La production</b> .....	5
<b>I.1.2.3. Le stockage</b> .....	5
<b>I.1.2.4. Distribution et transports</b> .....	6
<b>I-1-3. Les décisions et stratégie de la supply chaine</b> .....	6
<b>I-1-3.1. Les décisions stratégiques :</b> .....	7
<b>I-1-3.2. Les décisions tactiques :</b> .....	8
<b>I-1-3.3. Les décisions opérationnelles :</b> .....	9
<b>I-1-2. Gestion de la Supply Chaine</b> .....	10
<b>I-1-2.1. Définitions</b> .....	10
<b>I-1-2.2. L'organisation des flux</b> .....	12
<b>I-2. Système de production</b> .....	13
<b>I-2-1. Les services fonctionnels et opérationnels</b> .....	13
<b>I-2-2. Typologie du système de production</b> .....	15
<b>I-2-2.1. Classification selon la nature et le volume des flux physiques</b> .....	16
<b>I-2-2.2. Classification selon le mode de pilotage</b> .....	16
<b>I-3. Performance des systèmes de production</b> .....	17
<b>I-3.1. Définitions</b> .....	17
<b>I-3-2. Outils de mesure de la performance</b> .....	18

<b>I-3.2.1. Les différents indicateurs clés de performance</b> .....	20
<b>I-3.2.1.1 Les indicateurs liés au processus de production</b> .....	20
<b>I-3.2.1.1 Les indicateurs liés à la maintenance</b> .....	24
<b>I.4 Le Lean management</b> .....	25
<b>I-4-1.Comprendre le Lean</b> .....	25
<b>I-4-2.Champs d’application</b> .....	26
<b>I-4-3. Méthode de Lean mangement</b> .....	26
<b>I-4-3-1. Visualisation du dysfonctionnement VSM :</b> .....	26
<b>I-4-3-1-1. La philosophie de la VSM</b> .....	27
<b>I-4-3-1-2. Les types de temps</b> .....	27
<b>I-4-3-1-3. Les avantages de la Value Stream Mapping [48]</b> .....	29
<b>I-4-3-1-4. Construction d’une carte VSM</b> .....	29
<b>1-4-3-2. Pareto (Méthode ABC)</b> .....	31
<b>1-4-3-3. Ishikawa</b> .....	32
<b>1-4-3-4. AMDEC</b> .....	33
<b>1.4.3.4. SADT</b> .....	42
<b>Chapitre II : Cas pratique et diagnostic</b> .....	46
<b>Introduction</b> .....	46
<b>II.1 Présentation de l’entreprise</b> .....	46
<b>II.1.2. Objectifs et mission</b> .....	46
<b>II.1.3. La répartition géographique de NATRA INTERNATIONAL</b> .....	46
<b>II.1.3.1 Unités de production NATRA STAKAL (Khemis El Khechna)</b> .....	46
<b>II.1.3.1.1 Production</b> .....	47
<b>II.1.3.1.2 Distribution</b> .....	47
<b>II.1.3.2 Unités de production NATRA TOLE (Khemis El Khechna)</b> .....	48
<b>II.1.3.2.1 Production</b> .....	48
<b>II.1.3.2.2 Distribution</b> .....	49
<b>II.1.4.3 Unités de production NATRA tube (Boudouaoue)</b> .....	50
<b>II.1.4.3.1. Production</b> .....	50
<b>II.1.4.3.2 Distribution</b> .....	51
<b>II.1.5 L’organisation de l’unité NATRA TUBE</b> .....	51
<b>II.2. Analyse et diagnostic</b> .....	54
<b>II.2.1. Élaboration de la VSM</b> .....	54
<b>II.2.1.1. VSM était actuelle</b> .....	55
<b>II.2.1.2 Analyse de la VSM</b> .....	55
<b>II.2.1.3 Résultats de la VSM</b> .....	56

<b>II.2.2 Analyse de production tube</b> .....	56
<b>II.2.3. Analyse SADT</b> .....	57
<b>II.2.4. Indicateur de performance TRS</b> .....	68
<b>II.2.5 classification des arrêts par méthode Pareto (ABC)</b> .....	76
<b>II.2.6. Analyse la ligne p1</b> .....	86
<b>II.2.6.1. Calcul de MTTR</b> .....	86
<b>II.2.6.2 Calcul de MTBF</b> .....	87
<b>II.2.6.3 Calcul la disponibilité</b> .....	88
<b>II.2.6.4 Diagramme d'Ishikawa</b> .....	89
<b>Conclusion</b> .....	92
<b>Chapitre III : Contribution à l'amélioration</b> .....	93
<b>III.1 Démarche de l'AMDEC</b> .....	93
<b>III.1.2 Évaluation de la criticité</b> .....	93
<b>III.2.1 Classification des actions</b> .....	99
<b>III.3.1 les décisions à reprendre</b> .....	105
<b>Conclusion</b> .....	106
<b>Conclusion Générale</b> .....	107
<b>Références bibliographiques</b> .....	107

# Liste des figures

<b>Figure I.1</b> : Pyramide des niveaux de décisions.....	10
<b>Figure I.2</b> : Supply chain (exemple).....	11
<b>Figure 1.3</b> : les flux de la chaîne logistique.....	13
<b>Figure I.4</b> : Les 8 Muda.....	26
<b>Figure I.5</b> : Chaîne de création de valeur d'un produit.....	27
<b>Figure I.6</b> : Schéma du Temps de Cycle.....	28
<b>Figure I.7</b> : Schéma du Délai d'Exécution.....	28
<b>Figure 1.8</b> : Schéma du Temps de Valeur Ajoutée.....	28
<b>Figure I.9</b> : Déroulement d'une Value Stream Mapping.....	29
<b>Figure I.10</b> : La cartographie de chaîne de valeur symboles .....	31
<b>Figure I.11</b> : Répartition des trois classes.....	32
<b>Figure I.12</b> : Diagramme Cause Effet.....	33
<b>Figure I.13</b> : Méthode d'optimisation de la maintenance par l'AMDEC.....	35
<b>Figure I.14</b> Exemple de Matrice de criticité .....	41
<b>Figure 1.15</b> : Deux séries de diagrammes : actigrammes et datagrammes représentant des raffinements successifs.....	43
<b>Figure I.16</b> : Actigramme.....	43
<b>Figure I.17</b> : Datagramme.....	44
<b>Figure I.18</b> : Les données de contrôles.....	44
<b>Figure II.1</b> : Étais métalliques.....	47
<b>Figure II.2</b> : Fers carrée.....	47
<b>Figure II.3</b> : Fers ronds.....	47
<b>Figure II.4</b> : Rond à béton.....	47
<b>Figure II.5</b> : Fers plats.....	47
<b>Figure II.6</b> : Fil machine.....	48
<b>Figure II.7</b> : Fil galvanisé.....	48
<b>Figure II.8</b> : Tôles striée.....	48
<b>Figure II.9</b> : Tôles noire.....	48
<b>Figure II.10</b> : Tôles nervurée.....	48
<b>Figure II.11</b> : Cornières inégales.....	49
<b>Figure II.12</b> : Cornières égale.....	49
<b>Figure II.13</b> : Poutrelle IPE.....	49
<b>Figure II.14</b> : Poutrelle HEA.....	49
<b>Figure II.15</b> : Poutrelle HEB.....	50
<b>Figure II.16</b> : Poutrelle UPN.....	50
<b>Figure II.17</b> : Tube carré.....	50
<b>Figure II.18</b> : Tube rond.....	50
<b>Figure II.19</b> : Tube rectangulaire.....	50
<b>Figure II.20</b> : Bobines LAC.....	51
<b>Figure II.21</b> : Bobines LAF.....	51

<b>Figure II.22</b> : Bobines galvanisé.....	51
<b>Figure II.23</b> : Bobines pré laqué.....	51
<b>Figure II.25</b> : Organigramme de l'unité de Boudouaou en 2022.....	52
<b>Figure II.26</b> : Cartographie de la Chain valeur VSM a était actuelle.....	55
<b>Figure II.27</b> : Analyse SADT.....	57
<b>Figure II.28</b> : Dérouleur.....	59
<b>Figure II.29</b> : Table de soudage.....	60
<b>Figure II.30</b> : Accumulateur.....	61
<b>Figure II.31</b> : Formeuse. ....	62
<b>Figure II.32</b> : Soudage tube.....	63
<b>Figure II.33</b> : Refroidissement tube.....	64
<b>Figure II.34</b> : Calibreuse.....	65
<b>Figure II.35</b> : Table de coupe.....	66
<b>Figure II.36</b> : Table de dégagement.....	67
<b>Figure II.37</b> : Représentation graphique de bord de la ligne P1.....	70
<b>Figure II.38</b> : Représentation graphique de bord de la ligne p120.....	71
<b>Figure II.39</b> : Représentation graphique de bord de la ligne p200.....	72
<b>Figure II.40</b> : Représentation graphique de bord de la ligne p280.....	73
<b>Figure II.41</b> : Représentation graphique de bord de la ligne p360.....	74
<b>Figure II.42</b> : Courbe Pareto de temps des arrêts de la ligne P1.....	77
<b>Figure II.43</b> : Courbe Pareto de temps des arrêts de la ligne p120.....	79
<b>Figure II.44</b> : Courbe Pareto de temps des arrêts de la ligne P200.....	81
<b>Figure II.45</b> : Courbe Pareto de temps des arrêts de la ligne P280.....	83
<b>Figure II.46</b> : Classification Pourcentage cumulé de temps des arrêts de la ligne P360.....	85
<b>Figure II.47</b> : Diagramme Cause décalage galets.....	89
<b>Figure II.48</b> : Diagramme Cause Erosion galets et tête torque.....	90
<b>Figure II.49</b> : Diagramme Cause Dommage au roulement et l'axe.....	90
<b>Figure II.50</b> : Diagramme cause bourrage formeuse et calibreuse .....	91
<b>Figure II.51</b> : Diagramme Cause Rupture courroie.....	91
<b>Figure II.52</b> : Diagramme cause et échauffement d'inducteur .....	92
<b>Figure III.1</b> : Le matrice de criticité.....	94
<b>Figure III.2</b> : position de la cale.....	100
<b>Figure III.3</b> : Rondelles à dents.....	100
<b>Figure III.4</b> : Assemblage vissée.....	100
<b>Figure III.5</b> : l'emplacement de boulon et la rondelle.....	101
<b>Figure III.6</b> : porte galet.....	101

# Liste des Tableaux

<b>Tableau 1</b> : les Services opérationnels de la production.....	14
<b>Tableau 2</b> : Les services fonctionnels de la production.....	14
<b>Tableau I.3</b> : Exemple 1 de feuille d'AMDEC.....	37
<b>Tableau I.4</b> : Modes de défaillance génériques.....	38
<b>Tableau I.5</b> : Grille de cotation de la gravité.....	39
<b>Tableau I.6</b> : Grille de cotation de la fréquence.....	40
<b>Tableau I.7</b> : Grille de cotation de la détection.....	40
<b>Tableau I.8</b> : La criticité (G, F, D).....	42
<b>Tableau II.1</b> : Le calcul des trois composants du TRS.....	68
<b>Tableau II.2</b> : Les données de calcul de TRS. ....	68
<b>Tableau II.3</b> : Les temps d'état d'un moyen de production.....	69
<b>Tableau II.4</b> : Tableau des données du TRS de la ligne P1.....	70
<b>Tableau II.5</b> : Tableau des données du TRS de la ligne p120.....	71
<b>Tableau II.6</b> : tableau des données du TRS de la ligne p200.....	72
<b>Tableau II.7</b> : Tableau des données du TRS de la ligne p280.....	73
<b>Tableau II.8</b> : tableau des données du TRS de la ligne p360.....	74
<b>Tableau II.9</b> : Référence des post des lignes.....	75
<b>Tableau II.10</b> : Classification Pourcentage cumulé de temps des arrêts de la ligne P1.	76
<b>Tableau II.11</b> : Classification Pourcentage cumulé de temps du poste de la ligne P1.	77
<b>Tableau II.12</b> : Classification Pourcentage cumulé de temps des arrêts de la ligne P120.....	78
<b>Tableau II.13</b> : Classification Pourcentage cumulé de temps des postes de la ligne P120.....	79
<b>Tableau II.14</b> : Classification Pourcentage cumulé de temps des arrêts de la ligne p200.....	80
<b>Tableau II.15</b> : Classification Pourcentage cumulé de temps des arrêts de la ligne P200.....	81
<b>Tableau II.16</b> : Classification Pourcentage cumulé de temps des arrêts de la ligne p280.	82
<b>Tableau II.17</b> : Classification Pourcentage cumulé de temps des postes de la ligne P280	83
<b>Tableau II.18</b> : Classification Pourcentage cumulé de temps des arrêts de la ligne p360.....	84
<b>Tableau II.19</b> : Classification Pourcentage cumulé de temps des postes de la ligne P360.....	85
<b>Tableau II.20</b> : MTTR des postes critères.....	87
<b>Tableau II.21</b> : MTBF des postes critères.....	87
<b>Tableau II.22</b> : La disponibilité des postes critères.....	88
<b>Tableau II.23</b> : Les problèmes des postes critères.....	88
<b>Tableau III.1</b> : Niveaux de fréquence et leurs définitions.....	93
<b>Tableau III.2</b> : Niveaux de gravité et leurs définitions.....	94
<b>Tableau III.3</b> : Niveaux de probabilité de nom détction et leur définition .....	94
<b>Tableau III.4</b> : Niveaux de criticité et leurs définitions.....	95
<b>Tableau III.5</b> : Tableau AMDEC.....	96
<b>Tableau III.6</b> : AMDEC évalués.....	102

## Liste des abréviations

**SC** : Supply Chain

**SCM** : Supply Chain Management

**ASLOG** : French Association for Logistics

**MP** : Matière première

**SFC** : Systèmes à flux continu

**SFD** : Systèmes à flux discret

**SFH** : Systèmes à flux hybride ou discontinu

**MTS** : Make to stock

**AFNOR** : Association Française de Normalisation

**KPI** : Key Performance Indicator

**CSF** : Critical Success Factor

**BSC** : Balanced Scorecard

**PI** : Performance indicators

**RI** : Result indicators

**TRS** : Taux de rendement synthétique

**NPB** : Nombre de piece bonne

**NPTR** : Nombre de peice theoriquement realisable

**La norme NF** : norme française.

**Tq** : Taux de qualité

**Tp** : Taux de performance

**Do** : Disponibilité opérationnelle

**TPM** : Total productive maintenance

**MTBF** : Mean time between failure

**MTTR** : Mean Time To Repai

**VSM** : Value stream mapping

**TC** : Le Temps de Cycle

**DE** : Le Délai d'Exécution

**TVA** : Le Temps de Valeur Ajoutée

**DMAIC** : Define Measure Analyze Improve Control

**ABC** : Activity Bases Costing

**AMDAC** : Analyse Des Modes De Défaillance

**AF** : Analyse Fonctionnelle

**NPR** : Nombre De Priorité De Risque

**IPR** : Indice de Priorité de Risque

**SADT** : Structured Analysis And Design Technique

**LAC** : Laminé A Chaud

**LAF** : Laminé A Froid

**GALV** : Galvanisée

**Poutrelle IPE** : Poutrelle à Profil européen

**TD** : Taux de disponibilité

**TP** : Taux de performance

**TQ** : Taux de qualité

**Tt** : Temps Total

**To** : Temps D'ouverture

**Tr** : Temps Requis

**Ta** : Temps D'arrêt

**Tf** : Temps De Fonctionnement

**Tn** : Temps net

**Tu** : Temps utile

**TNVA** : temps non-valeur ajoutée

**TEP** : temps entre process

# **Introduction**

## **Générale**

## Introduction générale

---

L'entreprise est une entité économique, indépendante, qui mobilise des moyens humains, matériels et financiers pour réaliser des biens ou des services, qui sont mis sur le marché pour satisfaire un besoin exprimé ou potentiel, à des prix en adéquation avec la demande et la qualité des produits. Toutefois, l'objectif principal de l'entreprise est de tirer le maximum de profit.

Actuellement, les entreprises évoluent dans un contexte concurrentiel. Pour ce faire, l'amélioration de la productivité et de la performance est devenue essentielle, pour que l'entreprise reste compétitive, en produisant des produits de qualité et même parfois personnalisés, pour un client roi qui devient de plus en plus exigeant.

L'amélioration de la performance industrielle devient le souci majeur des entreprises. Pour cela, les entreprises engagent des démarches innovantes qui vont leur permettre de réduire les coûts de production. Pour cela, la vision de l'entreprise est orientée vers la satisfaction du client, et qui peut être considérée comme étant un processus créateur de valeur pour le client ainsi que pour l'entreprise.

Pour ce faire, de nombreuses méthodes et outils existent, mais la question qui prédomine aujourd'hui souvent est la suivante : quoi faire, comment le faire, qu'en tirer et comment le faire vivre ?

Le LEAN est aujourd'hui le dernier modèle en date d'organisation industrielle, le seul qui répond à ce besoin d'amélioration durable et pérenne de la performance globale coûts - délai - qualité, et est une référence en matière d'excellence industrielle.

Ce qui est important et ce que nous apporte le LEAN MANAGEMENT, c'est que toutes ces méthodes et outils font partie d'un même système et d'une même approche globale pour améliorer la production, éliminer tous les types de gaspillages, assurer la fiabilité, la disponibilité, la maintenabilité et la sécurité de n'importe quel système industriel produisant des biens ou des services.

L'objectif principal de notre travail est d'étudier et d'améliorer la performance de la production de l'entreprise NATRA TUBE. Le mémoire est organisé de la manière suivante :

**Le premier chapitre** est consacré à la définition des différents concepts nécessaires à notre étude. Il introduit des notions de base sur la Supply Chain et la performance de la production ainsi que les différentes méthodes qui permettent de prendre des décisions.

**Le deuxième chapitre** est consacré à la présentation de l'entreprise NATRA, avec la présentation de notre problématique traitée pour l'amélioration de la production.

**Le troisième chapitre** est consacré à trouver des solutions des problèmes définis dans le chapitre précédent.

Et on termine ce mémoire par une conclusion générale synthétisant les principaux résultats, et l'on propose des perspectives permettant l'approfondissement des résultats précédents.

# **Chapitre I :**

# **Cadre théorique**

# **de l'étude**

# Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

---

## Introduction

Dans le cadre de cette étude, nous présentons quelques concepts théoriques concernant la Supply Chain et la performance de la production en entreprise sont primordiales. Ce chapitre est donc dédié au développement de ces concepts de base nécessaires à une meilleure compréhension de la problématique traitée dans ce mémoire.

### I-1. Supply chaine et Supply chaine management

La logistique n'est plus un simple service opérationnel, elle est présente à tous les niveaux décisionnels de l'entreprise (opérationnel, tactique et stratégique). Depuis deux décennies, la logistique est abordée de manière plus globale et on parle de la Gestion de la *Chaîne Logistique*, ou en anglais pour *Supply Chain* (SC), et regroupe désormais l'ensemble des processus et des activités depuis les sources d'approvisionnement jusqu'au consommateur final en passant par la production.

Dans ce présent chapitre qui sera dédié à présenter le cadre théorique de notre étude à travers, nous allons présenter les notions de base la Supply Chain ainsi que la Supply Chain management, et plus particulièrement à la fonction Production, ainsi qu'à la performance des systèmes de production à travers les différents indicateurs de mesures de la performance.

#### I-1-1. Notion de Supply chaine

##### I-1-1-1. Définition

Le terme « supply chain » peut être traduit en français par chaîne logistique ou chaîne d'approvisionnement [1]. Le Journal Officiel a confirmé l'équivalence entre supply chain et chaîne logistique en précisant la définition de ce terme : « ensemble des processus nécessaires pour fournir des produits ou des services » [2]. Le Cambridge Dictionary définit la supply chain ainsi : « the system of people and things that are involved in getting a product from the place where it is made to the person who buys it », ce qui pourrait être traduit en français par « un système de personnes et d'éléments impliqués dans la fourniture d'un produit depuis son lieu de production jusqu'à son acheteur » [3].

##### I-1-1-2. Concepts de base

Avant de se concentrer plus sur la SCM, penchons-nous sur ses différentes définitions de base vue leur importance.

# Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

---

## I-1-1-2-1. La logistique

La racine du terme logistique est d'origine militaire grecque *logistikos*, qui signifie administrer. Par la suite, ce terme a été étendu aux activités des entreprises qui se voient confrontées aux mêmes défis que les armées [4]. ASLOG définit la logistique comme : « l'art et la manière de mettre à disposition un produit donné au bon moment, au bon endroit, au moindre coût et avec la meilleure qualité » [5].

Actuellement, la logistique est considérée comme l'activité de l'entreprise qui fait sa différence. Selon Michael Porter, il y a deux sortes d'activités dans l'entreprise : les activités principales et les activités de soutien. La logistique appartient aux activités principales car elle intervient à chaque niveau du fonctionnement de l'entreprise [6] [7].

## I-1-1-2-2. Supply Chain SC

Le terme SC est le plus souvent traduit en français par chaîne logistique. Les définitions proposées dans la littérature sont très variées, mais reprennent cependant un certain nombre d'idées communes, et évoquent toutes les mêmes éléments clés de la SC suivant des visions différentes. Pour notre part, nous considérerons que la SC peut ainsi se définir en tant que : « La suite des étapes de production et de distribution d'un produit depuis les fournisseurs des fournisseurs du producteur jusqu'aux clients de ses clients » [8] [9].

D'après Pierre Médane « la fonction de la chaîne logistique dans l'entreprise est d'assurer au moindre coût la coordination de l'offre et de la demande, aux plans stratégique et tactique, ainsi que l'entretien à long terme de la qualité des rapports fournisseurs-clients qui la concernent » [6].

Le plus souvent, la SC implique des relations entre de nombreuses entreprises. Chaque société dépend des autres sociétés pour obtenir la matière, les services et les informations nécessaires pour alimenter son successeur direct dans la chaîne logistique. Voici une liste des challenges auxquels doit faire face une Supply Chain : [7].

### a) Défis externes :

- Réduction ou augmentation d'une commande par un client.
- Retard de livraison : il risque de retarder le plan de production prévu.
- Livraisons incomplètes : lorsque le fournisseur se trouve en rupture de stock.

### b) Défis internes :

Une entreprise peut être source de dysfonctionnement dans sa chaîne logistique, en raison :

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

---

- D'une pénurie auto générée : cela peut être dû à une rupture des stocks des en-cours à cause d'une panne de machines ou d'une mauvaise manipulation.
- Des promotions : cela a pour but de provoquer un pic de la demande qui va se répercuter sur les opérations au sein de la chaîne logistique.
- D'informations erronées : une mauvaise prévision peut engendrer un surstock ou une rupture de ce dernier, ce qui risque de dégrader la qualité et d'engendrer des coûts supplémentaires.

### I-1-1-2-2 De la SC au SCM

La Supply Chain est un concept moteur qui agit comme un paradigme, c'est-à-dire d'une représentation implicite qui aide à guider le travail des logisticiens et plus généralement des dirigeants d'entreprise [8]. Par contre le terme SCM apparaîtra 25ans plus tard, en 1982 ou R.K Oliver et M.D Weber indiquent que le Supply Chain management couvre le flux de produits du fournisseur à l'utilisation finale, en passant par les chaînes de production et de distribution [10].

### I-1-2. Les principaux process de la supply chaine

La définition suivante de la chaîne logistique donnée par Ganeshan and Harisson (Ganeshan et Hrisson, 1995) donne un aperçu des fonctions de la chaîne logistique : « une chaîne logistique est le réseau des moyens de production et de distribution qui assurent les tâches d'approvisionnement en matières premières, la transformation de ces matières premières en produits semi finis et en produits finis, et la distribution de ces produits finis aux clients ». Plus généralement, les fonctions d'une chaîne logistique vont de l'achat des matières premières à la vente des produits finis en passant par la production, le stockage et la distribution.

#### I.1.2.1. L'approvisionnement

Il constitue la fonction la plus en amont de la chaîne logistique. Les matières et les composants approvisionnés constituent de 60% à 70% des coûts des produits fabriqués [11] dans une majorité d'entreprises. Réduire les coûts d'approvisionnement contribue à réduire les coûts des produits finis, et ainsi à avoir plus de marges financières. Les délais de livraison des fournisseurs et la fiabilité de la distribution influent plus que le temps de production sur le niveau de stock ainsi que la qualité de service de chaque fabricant [12]. La tendance générale des relations clients/fournisseurs va vers plus de coopération via un partage d'informations plus rapide en utilisant les nouveaux systèmes d'informations basées sur les technologies de l'information et de communication qui ont révolutionné les pratiques du passé où on était plutôt

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

---

dans une configuration de face à face plutôt qu'une collaboration bénéfique pour l'ensemble des participants.

### I.1.2.2. La production

La fonction de production est au cœur de la chaîne logistique, il s'agit des compétences que détient l'entreprise pour fabriquer, développer ou transformer les matières premières en produits ou services. Elle détermine la capacité à la chaîne logistique pour produire et permet ainsi de donner un indicateur sur sa réactivité aux demandes fluctuantes du marché.

Dans le cas où les usines ont été construites avec une grande capacité de production, alors on peut être réactif à la demande en présence de quantités supplémentaire à faire, cet environnement à l'avantage d'être disponible pour des clients en cas de demandes urgentes. Mais d'un autre côté une partie de la capacité de production peut rester inactive (cas où la capacité est supérieure à la charge), ce qui engendre des coûts et dépenses en plus. D'un autre côté si la capacité de production est limitée (cas où la capacité est inférieure à la charge), la chaîne logistique a du mal à être très réactive et donc peut perdre des parts du marché vu qu'elle n'est pas capable de répondre à certaines demandes. Il faut donc trouver un équilibre entre réactivité et coûts.

### I.1.2.3. Le stockage

Le stockage inclut toutes les quantités stockées tout au long du processus en commençant par le stock de matières premières, le stock des composants, le stock des en-cours et finalement le stock des produits finis. Les stocks sont donc partagés entre les différents acteurs : les fournisseurs, le producteur et les distributeurs. Ici aussi se pose la question de l'équilibre à trouver entre une meilleure réactivité et la réduction des coûts.

Il est évident que plus on a de stocks, plus la chaîne logistique est réactive aux fluctuations des demandes sur le marché. Cependant, avoir des stocks engendre des coûts et des risques surtout dans le cas de produits périssables ou bien des produits dont la rapidité d'innovations est telle qu'une nouvelle gamme du même produit mise sur le marché par un concurrent puisse rendre obsolètes les quantités de ce produit en stock et ainsi une perte importante. La gestion des stocks est l'une des clés de la réussite et l'optimisation de toute une chaîne logistique.

Une meilleure gestion de cette fonction peut engendrer des économies importantes, l'expérience de DELL dans ce domaine est un exemple très connu. En outre, avec l'avènement des techniques de management dites de « juste à temps » (Just In Time) beaucoup d'entreprises

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

---

tendent à avoir un stock nul, ou bien « juste » ce qu'il faut pour produire et satisfaire les commandes.

### I.1.2.4. Distribution et transports

La fonction transport intervient tout au long de la chaîne, le transport des matières premières, le transport des composants entre les usines, le transport des composants vers les centres d'entreposage ou vers les centres de distribution, ainsi que la livraison des produits finis aux clients. Le rapport entre la réactivité de la chaîne et son efficacité peut être aussi vu par le choix du mode de transport.

Les modes de transport les plus rapides comme par exemple les avions, sont très coûteux, mais permettent de réagir très vite et ainsi de satisfaire les demandes non prévisibles. Les modes de transport par voies ferrées ou par camions sont plus efficaces du point de vue des coûts engendrés mais moins rapides. L'ensemble des partenaires peut choisir de combiner ces modes de transport et de les adapter à certaines situations selon l'importance de la demande et le gain total engendré. Les problèmes liés à la distribution et au transport peuvent être vus sous plusieurs angles.

On peut chercher à trouver les meilleures routes possibles pour visiter les points de collecte et/ou de distribution (Vehicle routing problems, problèmes de tournées des véhicules), ou bien, comme dit plus haut, chercher les meilleurs modes de transports, ou bien les quantités des produits qui doivent être transportées aux clients tout en minimisant le coût global des transports et des stocks. En effet, selon les études [13] les coûts de transport et distributions constituent le tiers des coûts opérationnels globaux d'une chaîne logistique, ce qui rend leur optimisation un défi majeur pour les entreprises.

### I-1-3. Les décisions et stratégie de la supply chain

Les processus de prise de décision dans la chaîne logistique : Une décision peut être définie comme étant le problème de donner une valeur à une variable inconnue et dont la connaissance permet au décideur de sortir d'une situation de jugement ou d'incertitude [11] La conception d'une chaîne logistique nécessite d'en prendre un ensemble de décisions. Cet ensemble de décisions peut s'envisager sur trois niveaux hiérarchiques : décisions stratégiques, décisions tactiques, et décisions opérationnelles... Une telle hiérarchie est basée sur la portée temporelle des activités et sur la pertinence des décisions. [14]

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

---

### I-1-3.1. Les décisions stratégiques :

Les décisions stratégiques définissent la politique de l'entreprise sur le long terme, une durée s'étalant souvent sur plusieurs années (la durée de l'horizon dépend du cycle de vie des produits). Elles comprennent toutes les décisions de conception de la chaîne logistique et de ce fait, elles ont une influence importante sur la stratégie concurrentielle et donc sur la viabilité à long terme de l'entreprise. Elles sont prises normalement par la direction de l'entreprise.

Les décisions stratégiques configurent la chaîne logistique. Nous donnons dans ce qui suit une liste non exhaustive des décisions stratégiques :

- Choisir les partenaires de la chaîne logistique (cas d'entreprises étendues ou virtuelles). Recherche de la complémentarité des compétences (toutes les fonctions doivent pouvoir être assumées en interne ou en externe (sous-traitance à l'extérieur de la chaîne logistique constituée).
- Faire ou faire-faire : l'entreprise a le choix entre utiliser ses propres moyens pour réaliser en interne certaines fonctions (faire), ou bien passer par une entreprise extérieure et indépendante (faire-faire), ou bien déléguer ces tâches à une entreprise qui sous une forme ou une autre a des liens privilégiés avec elle.
- Choix et nombre de fournisseurs : l'entreprise peut avoir un seul fournisseur ou un nombre réduit de fournisseurs pour augmenter le niveau de coopération, ou bien avoir un grand nombre de fournisseurs pour jouer sur la concurrence. Les fournisseurs sont choisis en fonction des prix, qualités de service, délais de livraison...etc. Barbaro Soglu et Yazgac [15] regroupent les critères de choix des fournisseurs en trois catégories :
  - (1) la capacité technique et l'état financier du fournisseur ;
  - (2) l'historique des performances du fournisseur ;
  - (3) la qualité du système du fournisseur.
- Choisir les implantations des sites de production et des entrepôts. Cela inclut aussi la décision d'affecter les activités aux sites. Les décisions concernant la localisation des sites de production sont très importantes et très stratégiques car elles conditionnent les décisions de transport et de distribution. Plusieurs facteurs doivent être pris en compte lors de la prise de telles décisions comme la proximité par rapports aux clients et aux fournisseurs, les taxes et tarifs, et la disponibilité de la main d'œuvre.

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

---

- Déterminer le nombre de sites : un nombre élevé de sites de production ou de stockage engendre des coûts colossaux, en même temps cela réduit les coûts de transports. Les entreprises doivent choisir entre des politiques de groupages de sites ou au contraire des politiques de dégroupage.
- Capacité des sites : cette problématique est liée à celle du nombre de sites. Une capacité très grande engendre une réactivité très grande mais aussi des coûts très grands (surtout en cas de sous-production).
- Choisir les moyens de transport (éventuellement multiples) entre les différentes localisations. Cela dépend aussi du nombre et de la localisation des sites. Plus le nombre de sites est grand, plus on est proche des clients, et plus on utilise des modes de transport économiques.

Le choix des technologies utilisées dans les sites de production et d'entreposage. Cette décision est liée à la capacité des sites car celle-ci dépend de la technologie utilisée. Cette décision dépend de certains critères économiques, sociaux et financiers.

### **I-1-3.2. Les décisions tactiques :**

- Les décisions tactiques sont prises sur un horizon de moins de 18 mois en général. Il s'agit de produire au moindre coût pour les demandes prévisibles, donc avec connaissance des ressources matérielles et humaines. Il s'agit en effet de faire la planification dépendant de la structure conçue au niveau stratégique. Nous donnons dans ce qui suit une liste non exhaustive des décisions tactiques [16].
- Obtenir les prévisions les plus fiables possibles. Les quantités à produire pour chaque produit et les quantités des matières premières nécessaires.
- Choisir les modes d'utilisation des ressources (par exemple : ouverture en 2 huit ou en 3 huit, faire ou non appel à de la sous-traitance ou à des heures supplémentaires).
- Trouver une allocation optimale des fournisseurs aux sites de production.
- Allouer les produits aux sites de production et déterminer les quantités à produire sur chaque site en tenant compte de la capacité de production de chaque site et des moyens de transports qui le desservent.

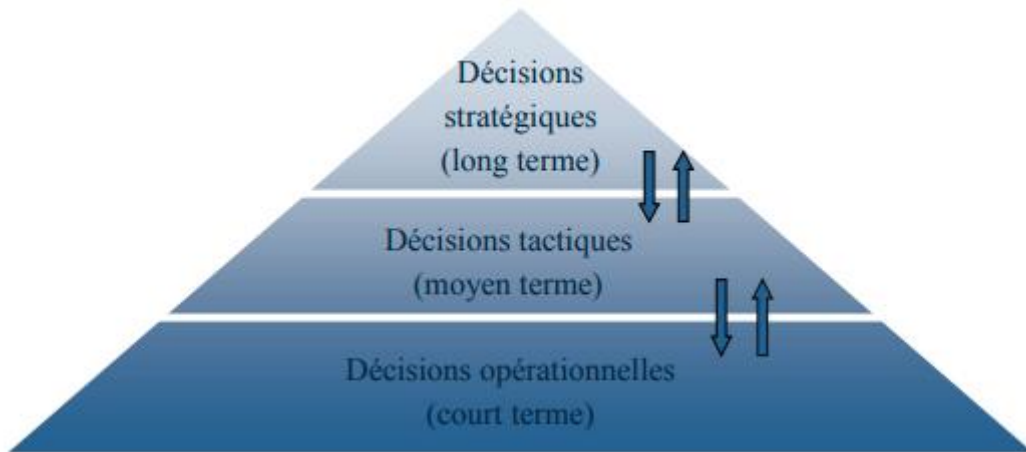
## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

---

- Planifier la production à tous les niveaux (lissage et équilibrage de charge et minimisation des coûts) et les transports associés, ainsi que la maintenance des outils de production et des moyens de transport.
- Gérer tous les stocks induits (matières premières, encours, produits finis, pièces de rechanges, outils ...) ainsi que trouver l'allocation optimale des produits aux sites de stockage en prenant en compte le coût de stockage de chaque produit dans chaque site, les capacités des sites de stockage, et les coûts de transports entre les sites de production des produits et les sites de stockage.
- Allouer les sites de stockage aux clients pour optimiser le plus souvent les coûts de transports ou de livraisons.
- Définir la politique de transport : on doit décider si les livraisons aux clients se font de manière individuelle pour chaque client ou bien si on essaye de regrouper les livraisons pour livrer le plus de clients possibles lors d'une même tournée. Cette décision dépend du mode de transport et de la quantité demandée par chaque client. Le transport des matières premières et des produits semi finis est traditionnellement séparé du transport des produits finis car ils sont réalisés par deux entités différentes. L'intégration de ces deux entités ou bien la coordination entre elles peut permettre une meilleure utilisation des ressources en transport de l'entreprise.

### **I-1-3.3. Les décisions opérationnelles :**

Les décisions opérationnelles sont prises pour un horizon à court terme. Elles sont liées aux activités de routine et assurent le fonctionnement de la SC au quotidien. La réactivité de la prise des décisions opérationnelles est un élément de mesure de la performance de la SC. L'objectif à ce niveau est de répondre aux requêtes des clients d'une façon optimale en respectant les contraintes établies par les niveaux supérieurs (tactique et stratégique).



**Figure I.1** : Pyramide des niveaux de décisions. [17]

### I-1-2. Gestion de la Supply Chain

#### I-1-2.1. Définitions

Au cours des années 90, plusieurs auteurs ont tenté de rassembler l'essence de la SCM dans une définition unique. Ses éléments constitutifs sont :

- l'objet de la philosophie de gestion,
- le groupe cible,
- le ou les objectifs et
- les moyens généraux pour atteindre ces objectifs.

L'objet de la SCM est évidemment la chaîne d'approvisionnement, qui représente un " réseau d'organisations qui participent, par des liens en amont et en aval, aux différents processus et activités qui produisent de la valeur dans la chaîne d'approvisionnement. En amont et en aval, dans les différents processus et activités qui produisent de la valeur sous forme de produits et de services entre les mains des consommateurs. Sous forme de produits et de services dans les mains du consommateur final " [18].

Au sens large, une chaîne d'approvisionnement est constituée de deux ou plusieurs organisations juridiquement séparées, reliées par des liens matériels. Organisations juridiquement séparées, reliées par des flux matériels, informationnels et financiers. Ces organisations peuvent être des entreprises produisant des pièces, des composants et des produits finis, des fournisseurs de services logistiques et même le client (final) lui-même.

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

Comme l'indique la figure 1.1, un réseau ne se concentre généralement pas uniquement sur les flux au sein d'une (seule) chaîne, mais devra traiter des flux divergents et convergents divergents et convergents au sein d'un réseau complexe, résultant de nombreuses à traiter en parallèle. Afin d'atténuer la complexité, une organisation donnée peut se concentrer uniquement sur une partie de la chaîne d'approvisionnement globale. A titre d'exemple, en regardant dans la direction aval, la vue d'une organisation peut être limitée par les clients de ses clients alors qu'elle se termine par les fournisseurs de ses fournisseurs en amont.

Dans un sens étroit, le terme "chaîne d'approvisionnement" s'applique également à une grande entreprise avec plusieurs sites souvent situés dans des pays différents. La coordination des flux matériels, d'information et financiers d'une telle multinationale de manière efficace reste une tâche formidable.

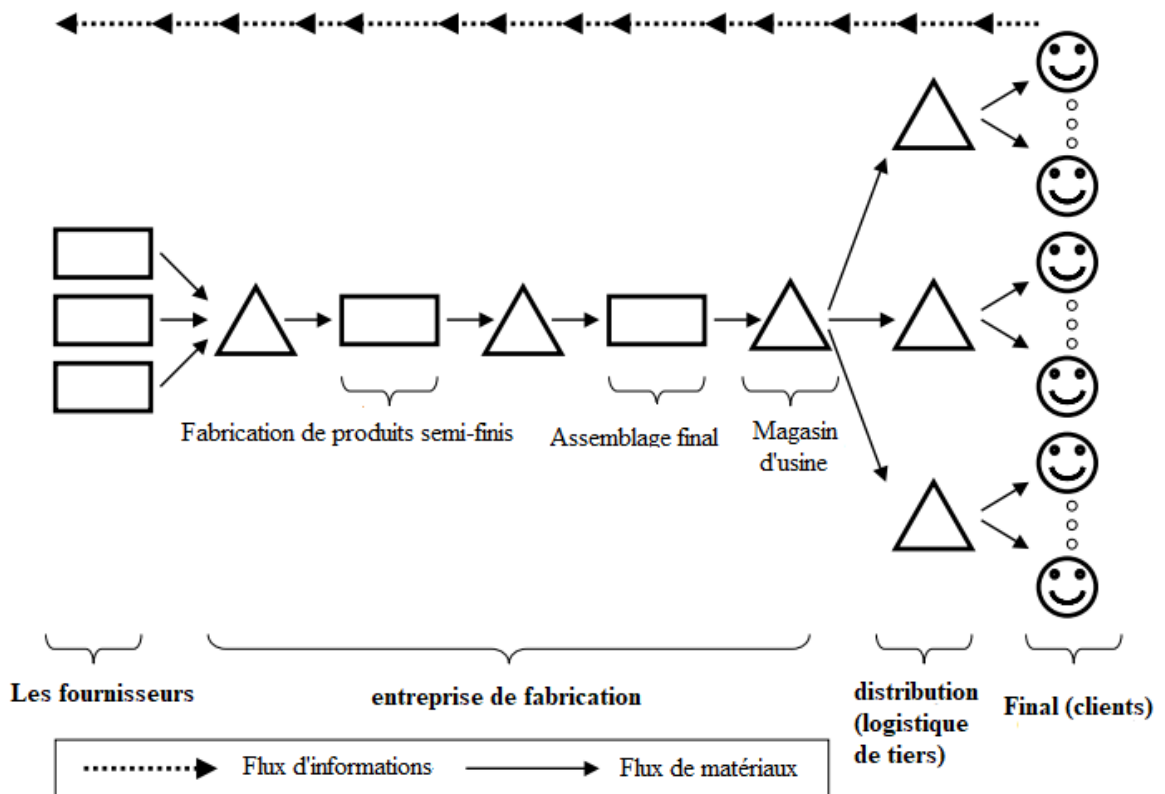


Figure I.2 : Supply chain (exemple).

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

---

La prise de décision, cependant, doit être plus facile, puisque ces sites font partie d'une grande organisation avec un seul et même niveau de gestion supérieur. Une chaîne d'approvisionnement au sens large est également appelée une d'approvisionnement inter-organisationnelle

L'objectif qui régit tous les efforts au sein d'une chaîne d'approvisionnement est l'accroissement de sa compétitivité. En effet, aucune unité organisationnelle n'est plus seule responsable de la compétitivité de ses produits et services aux yeux du client final, mais de la chaîne d'approvisionnement dans son ensemble. Par conséquent, la concurrence s'est déplacé des entreprises individuelles vers les chaînes d'approvisionnement.

Pour qu'une entreprise individuelle fasse partie d'une chaîne d'approvisionnement, cela nécessite une situation gagnant-gagnant pour chaque participant à long terme, alors que ce n'est pas forcément le cas pour toutes les entités à court terme. Une entreprise peut compétitivité en atteignant un niveau de service à la clientèle prédéfini, généralement accepté, à des coûts minimaux.

Il existe deux grands moyens d'améliorer la compétitivité d'une chaîne d'approvisionnement. L'un consiste à renforcer l'intégration (ou la coopération) des organisations. L'autre est une meilleure coordination des flux matériels, informationnels et flux financiers.

Enfin, nous pouvons définir le terme de gestion de la chaîne logistique comme la tâche consistant à intégrer les unités organisationnelles le long d'une chaîne logistique et à coordonner des flux de matières, d'informations et financiers afin de répondre aux demandes (finales) des clients dans le but d'améliorer la compétitivité de l'entreprise d'une chaîne d'approvisionnement dans son ensemble.

### I-1-2.2. L'organisation des flux

Une Supply Chain peut être considérée comme une succession de plusieurs activités traversées par divers flux. Ces flux peuvent être classés en trois types, à savoir :

- 1) **Les flux physiques** : Le flux physique est constitué par le mouvement des marchandises transportées et transformées, depuis les matières premières (MP) jusqu'aux produits finis. En bref, l'écoulement du flux physique résulte de la mise en œuvre des diverses activités de manutention et de transformation des produits quel que soit leur état [20].

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

- 2) **Les flux d'informations** : Le flux d'information représente l'échange d'informations nécessaires au bon fonctionnement et à la coordination entre les différents maillons de la SC [21]. Il est considéré comme le cerveau qui fait fonctionner le flux physique et s'apparente à une gigantesque base de données que l'on pourrait résumer à travers ces cinq questions suivantes : Quoi ? Où ? Comment ? Combien ? Quand ? [22]
- 3) **Flux financière** : Appelé aussi flux monétaire, il circule dans le sens inverse du flux physique. Il représente la valeur totale des ventes et des achats au cours d'une période comptable [23]. Ce flux est échangé entre les acteurs de la chaîne logistique, mais il est aussi considéré comme une résultante monétaire palpable à la fin d'une activité.

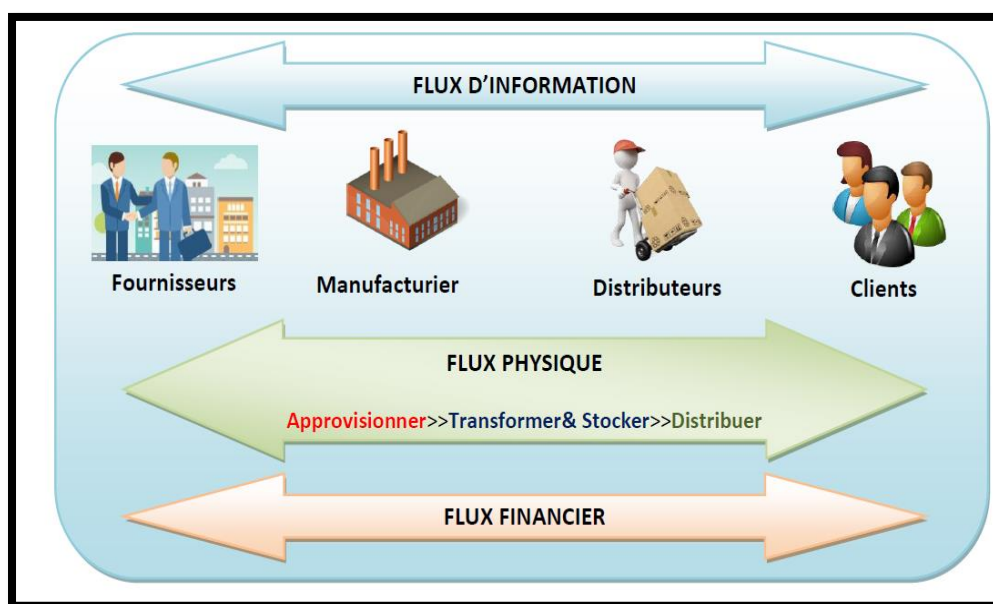


Figure 1.3 : les flux de la chaîne logistique.

## I-2. Système de production

### I-2-1. Les services fonctionnels et opérationnels

Les services de la fonction production A côté des facteurs de production, il y a l'organisation de la production qui, elle aussi, influence l'efficacité et la productivité de l'entreprise. Cette organisation passe par plusieurs services. Les services de la production se composent des services opérationnels et des services fonctionnels.

- **Les services opérationnels** : Ils ont chargé de la fabrication et de l'expédition des produits. Le tableau englobe les différents services.

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

---

**Tableau 1** : les Services opérationnels de la production.

Fabrication	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fabrique les produites (quantités, qualités, délais), selon les commandes ou « pour le stock ». Il se compose d'ateliers divisés en sections.</li><li>• La fabrication assistée par ordinateur est pratiquée dans de nombreuses entreprises industrielles. Sa gestion est elle-même fréquemment automatisée sous la forme de gestion de production assistée par ordinateur.</li></ul>
Expédition	<ul style="list-style-type: none"><li>• Prépare matériellement les commandes et charge des commandes pour le transport. Elle s'appuie de plus en plus fréquemment sur la gestion des stocks assistée par ordinateur.</li></ul>
Manutention	<ul style="list-style-type: none"><li>• Réalise la circulation des flux physiques (matières, composants, etc.) entre les différents ateliers et postes de travail. L'automatisation de la manutention se développe grâce à différents procédés.</li></ul>
Entretien	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fabrique les outils, les achète ou les fait fabriquer, mais également contrôle et règle ces outils.</li></ul>
Entretien	<ul style="list-style-type: none"><li>• Assure l'entretien préventif du matériel et aussi des dépannages et réparations de celui-ci. Sa gestion est parfois automatisée dans une gestion de la maintenance assistée par ordinateur.</li></ul>

- **Les services fonctionnels** : Ces services sont chargés de définir, d'organiser et de contrôler l'activité des services opérationnels. Le tableau 2 regroupe l'ensemble de ces services :

**Tableau 2** : les services fonctionnels de la production. [24]

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Il conçoit des prototypes, teste leur efficacité et établit une définition complète du produit, en fonction des moyens de</li></ul>
--	---

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

Bureau d'études	<p>production disponibles et dans une optique de standardisation des pièces et composants utilisés dans l'entreprise.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Le travail est réalisé en collaboration avec le service mercatique et la recherche et développement.</li><li>• Il s'appuie sur une analyse de la valeur. Il est considérablement facilité par le recours à des logiciels de simulation et de conception assisté par ordinateur.</li><li>• Il aboutit à l'établissement d'un projet (plans, nomenclature des composants, coûts) et d'un dossier d'exécution (prototype, industrialisation).</li></ul>
Bureau de méthodes	<ul style="list-style-type: none"><li>• Il définit les méthodes de production à appliquer pour produire au meilleur coût.</li><li>• Il établit une « gamme de fabrication » (succession des opérations, temps, quantités) pour chaque pièce.</li><li>• Il étudie l'implantation des différents postes de travail et leur outillage. - Le travail est facilité par le recours à un logiciel de conception et fabrication assistées par ordinateur.</li></ul>
Bureau d'ordonnancement	<ul style="list-style-type: none"><li>• L'ordonnancement consiste à assurer le lancement des opérations de production, à les répartir entre les différents postes de façon à minimiser le temps global de production, sans dépasser un niveau donné de coût.</li></ul>
Contrôle de production	<ul style="list-style-type: none"><li>• Il doit aider les services opérationnels à atteindre les objectifs de qualité en formant les opérateurs et en effectuant des sondages concernant les encours et les produits.</li><li>• Il est de plus en plus complété par l'auto-contrôle des opérateurs et des machines... etc.</li></ul>

### I-2-2. Typologie du système de production

D'une manière générale, classer des systèmes de production impose une réflexion sur leur organisation, leur typologie, leurs spécificités et donc leurs cas d'usage. Dans ce cadre,

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

---

nous constatons qu'il est maintenant très difficile d'établir une classification exhaustive de toutes les caractéristiques, publiées dans la littérature, concernant un système de production.

Nous allons donc proposer un rapide survol sur des classifications qui dressent un bilan synthétique sur les aspects qui nous intéressent dans le cadre de cette étude. Dans ce contexte, deux classifications des systèmes de production trouvées dans la littérature [24] permettent de situer précisément le contexte de notre travail : l'une selon la nature et le volume des flux physiques dans le système et l'autre selon le mode de pilotage.

### I-2-2.1. Classification selon la nature et le volume des flux physiques

La première classification est fondée sur la nature du système physique et le volume des produits fabriqués par ce dernier. Dans ce cadre, on distingue principalement trois types de systèmes :

- **Systèmes à flux continu (SFC)** : dans ces systèmes, la matière circule en flux continu, c'est-à-dire que l'attente entre deux ressources est exclue ou très limitée. Ce type de systèmes concerne surtout les industries dites « process » dont la production nécessite la manipulation de matières liquides ou gazeuses.
- **Systèmes à flux discret (SFD)** : dans ces systèmes, les produits peuvent être distingués individuellement (production discrète). De plus, des zones de stockage temporaire entre deux postes de travail sont utilisées. C'est le cas des entreprises manufacturières.
- **Systèmes à flux hybride ou discontinu (SFH)** : ces systèmes se situent à mi-chemin entre les systèmes à flux continu (SFC) et les systèmes à flux discret (SFD). Deux configurations peuvent être distinguées :

Les deux types de systèmes (continu et discret) sont couplés : la production est continue tout en ayant un conditionnement discret des produits.

Les deux aspects continu et discret cohabitent : dans le même système de production, les traitements sont continus mais effectués par lots. Dans certains cas, les deux configurations précédentes peuvent être associées [25].

### I-2-2.2. Classification selon le mode de pilotage

La deuxième classification des systèmes de production est étroitement liée à la stratégie de pilotage utilisée. En effet, en se situant au niveau opérationnel et sur la base du mode de

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

---

déclenchement de la production, cette classification sépare les systèmes fonctionnant à flux tirés de ceux fonctionnant à flux poussés [24] :

**Les systèmes à flux tirés :** Dans ce contexte, la production est déclenchée par la consommation des produits finis. D'une manière générale, on peut distinguer deux types de fonctionnement. Le premier consiste à maintenir un stock minimum spécifié de produits finis. Dans ce cas, on parle d'une production sur stock (make to stock). Autrement dit, si un produit quitte le stock, un ordre de fabrication est lancé au système afin de pouvoir le reconstituer. Dans le deuxième type, la production est déclenchée par la réception d'une commande. En d'autres termes, ce type de fonctionnement vise à maintenir un stock de produits finis nul.

**Les systèmes à flux poussés :** Dans ce cadre, le déclenchement de la production est basé sur des planifications et des prévisions pour déterminer un programme de production. Dans ce type de gestion des flux, c'est la disponibilité du produit venant de l'amont qui déclenche l'étape suivante de fabrication.

Cette méthode de production implique souvent le stockage des produits finis avant leur livraison. Si d'un point de vue théorique cette classification reste pertinente, son déploiement dans la réalité industrielle est moins viable. En effet, dans la pratique, des systèmes de pilotage purement à flux tirés ou purement à flux poussés sont rares.

Au niveau opérationnel, ces modes coexistent où un pilotage « hybride » à flux poussés et tirés est utilisé. Par exemple, dans un système de production, les produits simples sont fabriqués en flux poussés et les produits complexes sont assemblés en flux tirés.

### I-3. Performance des systèmes de production

#### I-3.1. Définitions

Plusieurs notions sont liées à la performance : le rendement, la productivité, l'économie et l'efficacité sont probablement les plus connues. D'autres termes lui sont aussi associés tels que la santé, la réussite, le succès et l'excellence. Cela signifie que le choix des critères de performance est lié au statut et aux rôles des individus ou des groupes dans l'organisation.

À titre d'exemple : un dirigeant pourra définir l'efficacité comme étant la rentabilité ou la compétitivité de son organisation ; un employé, comme la qualité de la prise de décision et le climat de travail ; un consommateur, comme la qualité du produit et du service à la clientèle.

C'est dans ce sens qu'on peut affirmer que le concept de performance organisationnelle est à la fois surdéterminé à cause de la spécificité et du particularisme des différentes

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

---

définitions, et indéterminé en raison de la diversité des individus et des groupes détenteurs d'enjeux de la performance [26].

Dans ce sens, Lussier [27] et Brush et Nanderwerf [28] estiment que l'utilisation du terme « performance » par les chercheurs inclut plusieurs dimensions. Voyer [29] pense que la performance est un concept englobant et intégrateur, donc difficile à définir de façon précise. Le même auteur a noté que la performance est multidimensionnelle ; pour bien la cerner, on doit combiner ou faire référence à un ensemble de perspectives (utilisateurs internes, clients,) et de dimensions (humaines, politiques, économiques, opérationnelles. Bergeron [30] définit la performance comme étant la réalisation d'une action et sa mise en œuvre. Cet auteur a distingué deux axes de définition : la performance comme résultat d'une action et la performance comme mesure d'un processus de réalisation.

Selon l'AFNOR, « la performance est une donnée qui mesure l'efficacité et/ou l'efficience de tout ou une partie d'un processus ou d'un système (réel ou simulé) par rapport à un nombre, un plan ou un objectif déterminé dans le cadre d'une stratégie d'entreprise ».

### a) L'efficacité :

Elle est relative à l'utilisation des moyens pour obtenir des résultats donnés dans le cadre des objectifs fixés. Plus les résultats seront proches des objectifs visés, et plus le système sera efficace [31]. D'une manière plus généralement on peut résumer l'efficacité par la formule suivante :

$$\text{Efficacité} = \text{Résultat atteints} / \text{Objectifs visés} \quad (\text{I.1})$$

### b) L'efficience :

Ce pilier de la performance n'est mesuré que lors de la phase d'exploitation de l'activité. Elle correspond à la meilleure gestion possible des moyens, des capacités en relation avec les résultats. Donc on peut résumer l'efficience par la formule suivante [32] :

$$\text{Efficience} = \text{Résultats atteints} / \text{Moyens mis en œuvre}$$

## I-3-2. Outils de mesure de la performance

Les changements économiques récents ainsi que les nouveaux défis auxquels les organisations sont confrontées, obligent ces dernières à mesurer la performance de leur organisation d'une nouvelle façon [33].

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

---

En effet, plusieurs outils de gestion qui sont actuellement utilisés font état d'une performance passée. Ces différents outils, qui sont principalement des rapports, ne permettent pas de prendre des actions immédiates. Ils sont souvent très volumineux, ils comportent beaucoup trop d'information inutile et ils ne sont souvent pas lus.

De bons outils de gestion devraient permettre aux gestionnaires d'indiquer les éléments sur lesquels ils doivent porter une attention particulière et de prendre des actions rapidement [33]. Ils cherchent à savoir les actions qu'ils doivent poser immédiatement et le travail qu'ils auront à accomplir dans les prochains six mois.

Les KPI sont donc des outils essentiels à une gestion saine dans une organisation et ils contribuent à la prise de décisions rapides et éclairées. Les recherches que David Parmenter a réalisées durant les dernières années ont permis de mettre en lumière le manque d'évaluation, par très peu d'organisations, de leurs vrais KPI [33]. L'auteur explique cette lacune par le fait que très peu de professionnels peuvent vraiment définir ce qu'est un KPI. Selon cet auteur, il existe quatre types de mesures de performance. Il s'agit de :

1. **Key result indicators (KRI) :** Ces indicateurs offrent de l'information sur les performances antérieures. Ils permettent d'informer le conseil d'administration sur la performance de l'équipe de gestion par rapport aux facteurs critiques de succès (CSF) de l'organisation, ou par rapport au tableau de bord prospectif (BSC). Exemple : Rentabilité des capitaux investis.
2. **Performance indicators (PI) :** Ces indicateurs indiquent aux employés et aux gestionnaires les actions à poser. Exemple : Livraison à temps aux clients.
3. **Result indicators (RI) :** Ces indicateurs informent les employés de ce qu'ils ont réalisé. Ce sont des indicateurs financiers sur des activités mesurables. Exemple : Ventes journalières par produits majeurs, ou ventes hebdomadaires par clients majeurs.
4. **Key performance indicators (KPI) :** Ces indicateurs informent les employés et les gestionnaires de ce qui doit être fait pour améliorer les performances de l'organisation. Ce sont des indicateurs non financiers sur des activités que l'on désire augmenter ou diminuer. Exemple : Livraisons incomplètes, ou en retard, par clients majeurs.

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

---

### I-3.2.1. Les différents indicateurs clés de performance

Les indicateurs de performance clé KPI's ont un rôle primordial pour mesurer la performance de la SC, l'évaluer pour l'améliorer. Il en existe pour chaque processus de la SC. Nous nous intéressons aux KPI's les plus importants utilisés au niveau du processus de production et ceux de la maintenance :

#### I-3.2.1.1 Les indicateurs liés au processus de production

- **Taux de productivité** : Il permet de mesurer la performance des ressources et l'efficacité des process.

$$\text{Taux Productivité} = \frac{\text{Quantité de produits délivrés}}{\text{nombre d'heures de travail ou de fonctionnement}} \quad (\text{I.2})$$

- **Durée moyenne du cycle de production** : indique le délai entre le 1<sup>er</sup> ordre de fabrication et la mise à disposition du produit fini commandé.

$$\text{Durée moyenne Cycle} = \frac{\text{Somme des durées des cycles de production}}{\text{nombre d'ordres planifiés.}} \quad (\text{I.3})$$

- **Fiabilité des plannings et des prévisions** : permet d'apporter des solutions pour fiabiliser les délais de livraison vis-à-vis du service commercial

$$\text{Fiabilité des prévisions} = \frac{\text{Production réalisée}}{\text{Production prévue}} * 100 \quad (\text{I.4})$$

- **Taux de produits conformes** : nombre de produits fabriqués sans défaut au 1<sup>er</sup> passage

$$\text{Taux produits conformes} = \frac{\text{Nombre de produits non conformes}}{\text{Production totale}} * 100 \quad (\text{I.5})$$

- **Taux de rendement synthétique (TRS)** : pourcentage du temps passé à faire des produits bons à la cadence nominale, par rapport au temps pendant lequel le moyen était mis à disposition de la production (temps requis).

$$\text{Taux de rendement synthétique} = \frac{\text{Temps utile}}{\text{Temps requis}} * 100 \quad (\text{I.6})$$

Dans la pratique le TRS représente le rapport du nombre de pièces bonnes (NPB) sur le nombre de pièces théoriquement réalisables (NPTR) :

$$\text{NPTR} = \frac{t_r}{t_{cr}} \quad (\text{I.7})$$

Avec  $t_r$  : Temps requis et  $t_{cr}$  : Temps de cycle de référence.  
Alors on obtient

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

---

$$TRS = \frac{NPR}{NPTR} = NPB * \frac{t_{cr}}{t_r} \quad (\text{I.8})$$

Les composantes du TRS se définissent en fonction des temps d'état d'un moyen ou d'une machine de production selon la norme NFE 60-182, de la manière suivante :

- **Taux de qualité (Tq)** : tel qu'exprimé dans la formule (I.9), le taux de qualité est le rapport du nombre de pièces bonnes sur le nombre de pièces réalisées.

$$T_q = \frac{\text{Le nombre de pièces bonnes}}{\text{Le nombre de pièces réalisées}} = \frac{NPB}{NPR} \quad (\text{I.9})$$

Dans les industries où les pièces de non-qualité ne sont pas des rejets mais un déclassement de produits finis comme les industries de bois, le taux de qualité est exprimé comme le rapport du temps utile sur le temps net, formule (I.10)

$$T_q = \frac{\text{Temps utile}}{\text{Temps net}} = \frac{T_u}{T_n} \quad (\text{I.10})$$

- **Taux de performance (Tp)** : C'est le rapport du temps net sur le temps de fonctionnement, comme le montre la formule (I.11).

$$T_p = \frac{\text{Temps net}}{\text{Temps de fonctionnement}} = \frac{T_N}{T_F} \quad (\text{I.11})$$

- **Disponibilité opérationnelle (Do)** : La disponibilité opérationnelle est définie comme le rapport du temps de fonctionnement sur le temps requis, formule (I.12).

$$D_o = \frac{\text{Temps de fonctionnement}}{\text{Temps requis}} = \frac{T_F}{T_R} \quad (\text{I.12})$$

Selon la norme Afnor NFE 60-182, on distingue que le TRS dénombre plusieurs causes de pertes. Elles concernent la performance :

- Des équipements ;
- De la main-d'œuvre ;
- Des matières, outillages et fournitures ;
- De l'énergie.

Et ont pour origines :

- Le manque de fiabilité des équipements ;
- Les carences de l'organisation ;
- Les méthodes et procédés utilisés.

### ➤ Pertes dues au manque de fiabilité

Cette catégorie englobe toutes les pertes dues à la fiabilité de l'équipement définie par sa conception et ses conditions d'utilisation. Pour beaucoup d'industriels, la fiabilité est associée

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

---

uniquement aux pannes et donc aux problèmes relevant de la fonction maintenance alors que la fiabilité entraîne beaucoup d'autres pertes.

- **Les arrêts programmés** : les arrêts incontournables qui permettent la bonne utilisation des équipements.
- **Les pannes** : elles correspondent à la disparition ou la dégradation d'une fonction, elles peuvent être causées par un bris mécanique, bris électrique, produit coincé dans la machine, usure de pièce, etc.
- **Les réglages** : un procédé est « capable » lorsqu'il ne nécessite pas de réglage. Il est très recommandé de faire apparaître les réglages nécessitant un arrêt de la production. L'identification de ces derniers démontre que le procédé n'est pas stable ou que les paramètres standards de conduite sont inconnus.
- **Les pertes aux démarrages** : le démarrage ou le redémarrage d'une installation peut demander un réglage, un temps de marche à vide et parfois la fabrication de pièces non conformes.
- **Marche à vide** : peut être due à un manque d'alimentation de la machine causé par une pièce coincée dans le système d'alimentation, redémarrage de la production, etc.
- **Micro arrêts** : ils peuvent être, soit des arrêts visibles, soit des défauts de cycles de durée très faibles, mais répétitifs.
- **Sous vitesse** : peut être provoquée par un problème de qualité ou de fiabilité, la machine a pu être réglée volontairement à une vitesse inférieure à sa vitesse nominale.
- **Non qualité ou qualité visée non obtenue** : la non qualité représente des temps machine perdus, mais aussi des pertes matières.

### ➤ Pertes dues aux carences de l'organisation

- **Changement de fabrication** : même s'il est indispensable, un changement de fabrication est considéré dans la TPM comme une perte d'efficacité.
- **Activité de l'opérateur** : l'habileté, la formation et le savoir-faire différent d'un opérateur à un autre ce qui génère des écarts entre le temps réel de production et le temps standard.
- **Déplacement et manutention** : un dysfonctionnement machine, un défaut dans les matières premières et déplacement des pièces peut créer une manutention ou une manipulation supplémentaire donc une perte de temps opérateur et/ou machine.

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

---

- **Défauts logistiques** : regroupe toutes les pertes créées par
  - Attente matière, fourniture et emballage ;
  - Matière non conforme ;
  - Attente outillage ;
  - Instruction ;
  - Main-d'œuvre.
- a) **Excès de mesure** : est causé par une mauvaise organisation du contrôle dû au manque de confiance dans le procédé.

### ➤ **Pertes dues aux méthodes et procédés**

Dans la plus part du temps ces pertes n'apparaissent pas dans le TRS. Elles correspondent rarement à des minutes ou à des pièces perdues par rapport au standard mais à un coût. Ces pertes doivent être évaluées par rapport à une référence issue de méthodes ou de procédé existants plus performants.

- **Rendement matériaux** : ce sont les pertes de matière qui s'expriment par le rapport Quantité matières achetées / Quantité matière vendues dans le produit fini.
- **Rendement énergétique** : exprimé soit par rapport à une valeur théorique, soit par comparaison avec d'autres procédés ou d'autres ateliers.
- **Surconsommations d'outillages et de fourniture** :
  - Casses ou usures prématurées des outillages ;
  - Consommations excessives des produits nécessaires au bon fonctionnement des machines de production tels que l'huile, la graisse, les scies, produit de nettoyage, etc. ;
  - Surcoût des outillages : le non-respect des conditions normales d'utilisation de l'équipement oblige l'entreprise à utiliser des outillages de caractéristiques plus élevées que nécessaire.

À ce stade nous concluons que l'amélioration du TRS passe par l'amélioration de ses indicateurs, et donc des principaux temps d'états.

- Amélioration du taux de qualité par diminution du temps de non qualité ;
- Amélioration du temps de performance par diminution du temps d'écarts de cadence et des micro-arrêts ;
- Amélioration de la disponibilité par diminution du temps d'arrêt de production.

Selon CLEMONS, J.W [35] et VORNE [36], la valeur optimale internationale du TRS est de l'ordre de 85%. Pour atteindre cette valeur, l'entreprise doit améliorer la fiabilité de ses

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

---

équipements, la planification de la production (l'ordre de fabrication) ainsi que les méthodes utilisées au travail.

### I-3.2.1.1 Les indicateurs liés à la maintenance

Un système de production est caractérisé par les différents états qu'il occupe tout son cycle de vie. Le changement d'état d'un système de production résulte également de l'occurrence d'un événement.

Dans le domaine de la sûreté de fonctionnement, les événements sont généralement de type « défaillance » ou « réparation ». La mise en place d'une politique de maintenance adaptée au problème de l'entreprise représente un levier d'amélioration du Taux de Rendement Synthétique. Selon la World Class Performance [35], [34] et [36], un système est dit efficient lorsqu'il est caractérisé par un  $TRS \geq 85\%$ . Cette valeur non absolue est celle 52 régulièrement citée dans les littératures dans les cas des systèmes manufacturiers. L'avantage des indicateurs du TRS est de caractériser globalement une efficacité de production et les exigences des trois composantes sont :  $Tq \geq 99\%$ ,  $Tp \geq 95\%$ ,  $Do \geq 90\%$ . À partir de ces trois indicateurs ainsi que les causes des pertes listées auparavant, nous concluons que la valeur du TRS dépend directement de la fiabilité des installations.

#### a) Le TPM :

Nakajima [37], [38] définit la TPM comme une approche où tous les employés participent à la maintenance préventive par des activités d'équipe. La TPM est une démarche globale d'amélioration permanente des ressources de production qui vise la performance économique des entreprises. C'est une démarche globale dans le sens où elle concerne tout le personnel, du directeur à l'opérateur ainsi que toutes les fonctions de l'entreprise. Hartmann [39], Nakajima et Shirose [40] définissent la TPM en cinq points clés :

- Le fonctionnement optimal des installations ;
- Un système exhaustif de maintenance préventive, incluant la maintenance autonome et la détection des micro-dégradations par un programme de propreté ;
- Une approche multidisciplinaire (design + production + maintenance) ;
- L'implication de tous les employés et à tous les niveaux ;
- La réalisation des activités de maintenance préventive par petits groupes autonomes.

L'implantation du concept de la TPM doit s'effectuer progressivement, tel qu'exposé par Nakajima. Il propose une période de deux à trois ans aux membres de l'usine (incluant travailleurs et administrateurs) pour adopter cette philosophie. Il conseille d'essayer ce programme dans le cadre d'un projet-pilote avant de généraliser l'expérience.

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

---

L'aspect principal à considérer, lors de l'implantation de la TPM, est le facteur humain [41]. Peu de problèmes sont à prévoir du côté technique. Il est donc crucial de bien planifier et gérer le facteur humain pour garantir la réussite d'un tel changement. Les prérequis à la TPM se retrouvent principalement dans la culture d'entreprise et selon le potentiel d'apprentissage des employés, plutôt que du côté technique de la maintenance. Les méthodes d'implantation proposées (Nakajima et Shirose) sont semblables mais non génériques.

**b) KPI de Maintenance :**

- c) **MTBF (Mean Time Between Failure)** : est souvent traduit comme étant la moyenne des temps de bon fonctionnement mais représente la moyenne des temps entre deux défaillances.

le MTBF exprimé comme suit :

$$MTBF = \frac{\sum \text{temps entre deux pannes}}{\text{nombre de période entre deux pannes}} \quad (\text{I.7})$$

- d) **MTTR (Mean Time To Repair)** : est souvent traduit comme étant la moyenne des temps de réparation fait référence au temps nécessaire pour réparer un système et le restaurer à toutes ses fonctionnalités.

$$MTTR = \frac{\sum \text{des temps de réparation}}{\text{nombre de réparation}} \quad (\text{I.8})$$

### I.4 Le Lean management

#### I-4-1. Comprendre le Lean

Lean est un système visant à engendrer de la valeur ajoutée maximale au moindre coût et au plus vite, ceci en employant les ressources justes nécessaires pour fournir aux clients ce qui fait la valeur à leurs yeux" [50].

Le Lean vise donc l'amélioration des performances en luttant contre le gaspillage par la chasse à tout ce qui est à "non-valeur ajoutée" (tout ce qui n'ajoute pas de la valeur aux yeux du client et ce qu'il n'est pas prêt à payer). Ces sources de gaspillage sont classées en 8 catégories comme l'indique la figure suivante :



**Figure I.4 :** Les 8 Muda.

Pour éradiquer ces gaspillages, le Lean dispose de plusieurs méthodes et outils qui conduisent à une production plus efficace en éliminant les sources de gaspillage.

Mais considérer le Lean comme une simple boîte à outils ou un ensemble de techniques ne reflète pas sa vraie philosophie. Le Lean est avant tout un système fondé sur une structure et un état d'esprit où l'humain occupe un rôle central, bien plus que de simples méthodes de travail.

### **I-4-2. Champs d'application**

Vu que le Lean est un système de management global basé sur des concepts et des principes, ses domaines d'application sont vastes et variés et ne se limitent pas à la production. C'est une démarche applicable à tous types d'entreprise quel que soit sa taille ou son domaine d'application (secteur industriel, secteur de service, secteur de recherche...). En plus, cette démarche touche tous les départements d'une entreprise.

### **I-4-3. Méthode de Lean management**

#### ***I-4-3-1. Visualisation du dysfonctionnement VSM :***

La Value Stream Mapping (VSM), ou Cartographie de la Chaîne de Valeur, en français, est une méthode qui permet de cartographier les flux, et la simplification de phénomènes complexes, synthétisée sur un support physique, pour une compréhension rapide et pertinente. La cartographie concerne toute la « chaîne de valeur ».

La chaîne de valeur est la décomposition de l'activité de l'entreprise en une séquence d'opérations élémentaires. Elle permet d'identifier les opérations à valeur ajoutée (et celles de non-valeur ajoutée) entrant dans la composition/fabrication du service/produit, tel qu'il est

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

attendu par le client. La détection de la non-valeur ajoutée se fait en suivant le produit tout au long de sa fabrication, et en identifiant les gaspillages. Les opérations à valeur ajoutée sont à l'inverse les activités qui transforment la matière et contribue à la rendre conforme aux attentes du client.

### I-4-3-1-1. La philosophie de la VSM

Introduite par Michael PORTER en 1985, la chaîne de valeur mise sur l'analyse des processus internes et des procédés d'une entreprise pour répondre à un avantage concurrentiel. L'outil VSM s'est imposé comme une méthode destinée à repérer les sources de gaspillages dans les chaînes de valeur individuelles. La valeur étant une notion définie par le client. La méthodologie suivie est la suivante :

- 1) Suivre le chemin de fabrication d'un produit à partir du client jusqu'au fournisseur
- 2) Représenter visuellement et précisément chaque procédé tout au long du flux du matériel et de l'information
- 3) Poser les questions clés et dessiner la nouvelle chaîne de valeur Ainsi, comme l'illustre la Figure I.5, la construction de la carte VSM va dans le sens inverse de la chaîne de création de valeur. [43].

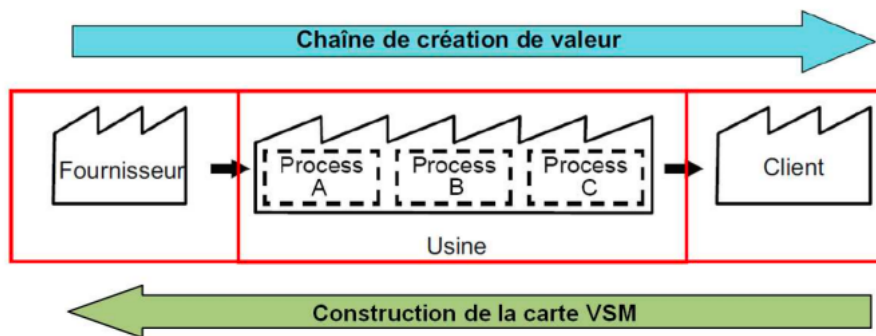


Figure I.5 : Chaîne de création de valeur d'un produit. [44]

### I-4-3-1-2. Les types de temps

Il existe plusieurs types de temps nécessaires pour la construction de la carte VSM.

#### 1) Le Temps de Cycle (TC)

Il s'agit du temps qui s'écoule entre la production de deux pièces par le processus. Il se calcule en divisant une durée par le nombre d'éléments produit par le processus pendant ce laps de temps [45]. Dans l'exemple de la Figure 1.6, si la machine du processus A produit 20 pièces à la minute, alors le Temps de Cycle est de 3s.

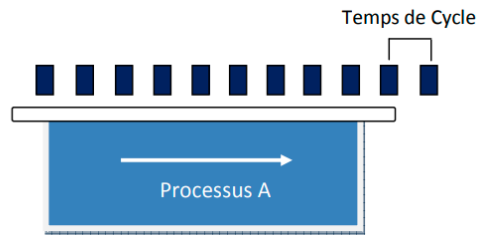


Figure I.6 : Schéma du Temps de Cycle. [46]

### 2) Le Délai d'Exécution (DE)

C'est le temps qu'il faut pour une pièce pour parcourir un processus dans sa totalité. Pour le mesurer, il suffit de choisir une pièce et de la suivre du début à la fin, comme l'illustre la Figure 1.7. [47].

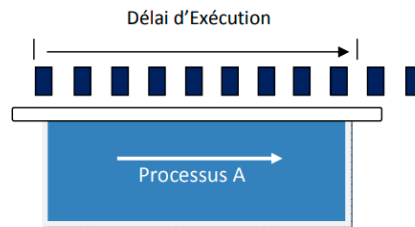


Figure I.7 : Schéma du Délai d'Exécution. [46]

Le Lead Time (Délai de Production en français), est le délai d'exécution appliqué à la totalité de la production du produit ou service, c'est-à-dire de la réception des matières premières jusqu'à l'expédition des produits finis.

### 3) Le Temps de Valeur Ajoutée (TVA)

Il s'agit du temps de travail consacré aux tâches de production qui transforment le produit de telle façon que le client accepte de payer pour l'avoir. Il se calcule en faisant la somme des temps dits « verts » (aussi appelés temps de valeur ajoutée), par opposition au temps « rouges » qui sont des temps de non-valeur ajoutée. Ces deux types de temps sont présentés dans la Figure 1.8.

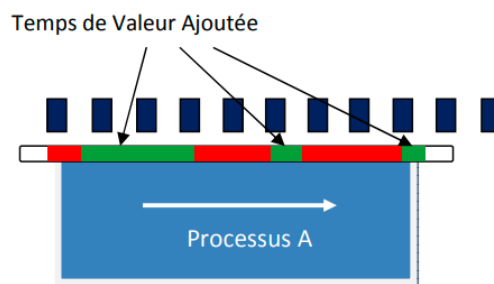


Figure 1.8 : Schéma du Temps de Valeur Ajoutée. [47]

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

---

La relation entre le délai d'exécution et le temps de valeur ajoutée est la suivante :  $TVA \leq DE$   
Le cas où  $TVA = DE$  signifie que tous les temps du processus sont verts, et que chaque seconde passée par la pièce dans le processus apporte de la valeur ajoutée à cette dernière.

### I-4-3-1-3. Les avantages de la Value Stream Mapping [48]

La VSM est un outil essentiel dans le Lean Manufacturing, et ce pour plusieurs raisons :

- Elle met en évidence la création de valeur.
- Elle aide à dépasser le niveau des processus individuels simples (exemple : assemblage, emboutissage) et à visualiser la chaîne de production dans son ensemble (la carte VSM débute avec l'arrivée des matières premières de chez le fournisseur et se termine avec l'expédition des produits finis vers le client final) .
- Elle permet d'aller au-delà des manifestations du gaspillage : elle en indique les causes.
- Elle fournit une base d'échange pour discuter de l'intérêt des divers processus de fabrication, et constitue un avant-projet de conversion vers une future organisation.
- La carte VSM fait ressortir les liens entre les flux de matières et les flux d'information.

### I-4-3-1-4. Construction d'une carte VSM

La VSM s'inscrit dans la démarche DMAIC (amélioration). Sa constitution n'est qu'une première étape de la réorganisation de la chaîne de production pour prétendre à un système Lean. Son objectif est de présenter un processus de façon rapide et visuelle afin d'aider à cibler le problème. Un projet VSM complet, se déroule suivant les étapes de la Figure 1.9.

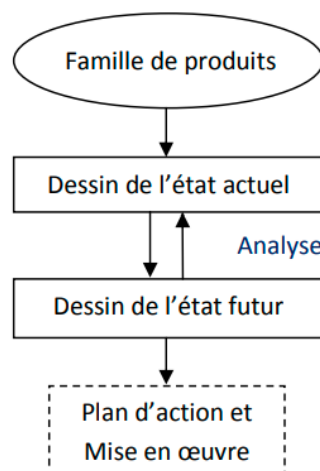


Figure I.9 : Déroulement d'une Value Stream Mapping. [49]

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

---

Avant de commencer la construction de la carte VSM, il est nécessaire de choisir l'objet de l'étude. Lorsque l'entreprise est de taille modeste et possède un portefeuille de produits restreint, le choix se porte habituellement sur le produit phare, c'est-à-dire celui qui représente les plus grosses ventes. Pour les entreprises de taille plus importante, l'étude se portera sur une famille de produits.

La cartographie à elle seule n'apporte aucune solution. Elle permet seulement de réfléchir, d'analyser et de proposer. Néanmoins, des idées d'amélioration émergent généralement pendant la réalisation de la cartographie de l'état actuel alors que l'équipe se questionne sur la structure et l'organisation des étapes de conception.

Puis vient l'étape de dessin de l'état futur. A partir des idées et des observations cumulées pendant les étapes précédentes, il devient possible d'imaginer une meilleure organisation et de la représenter.

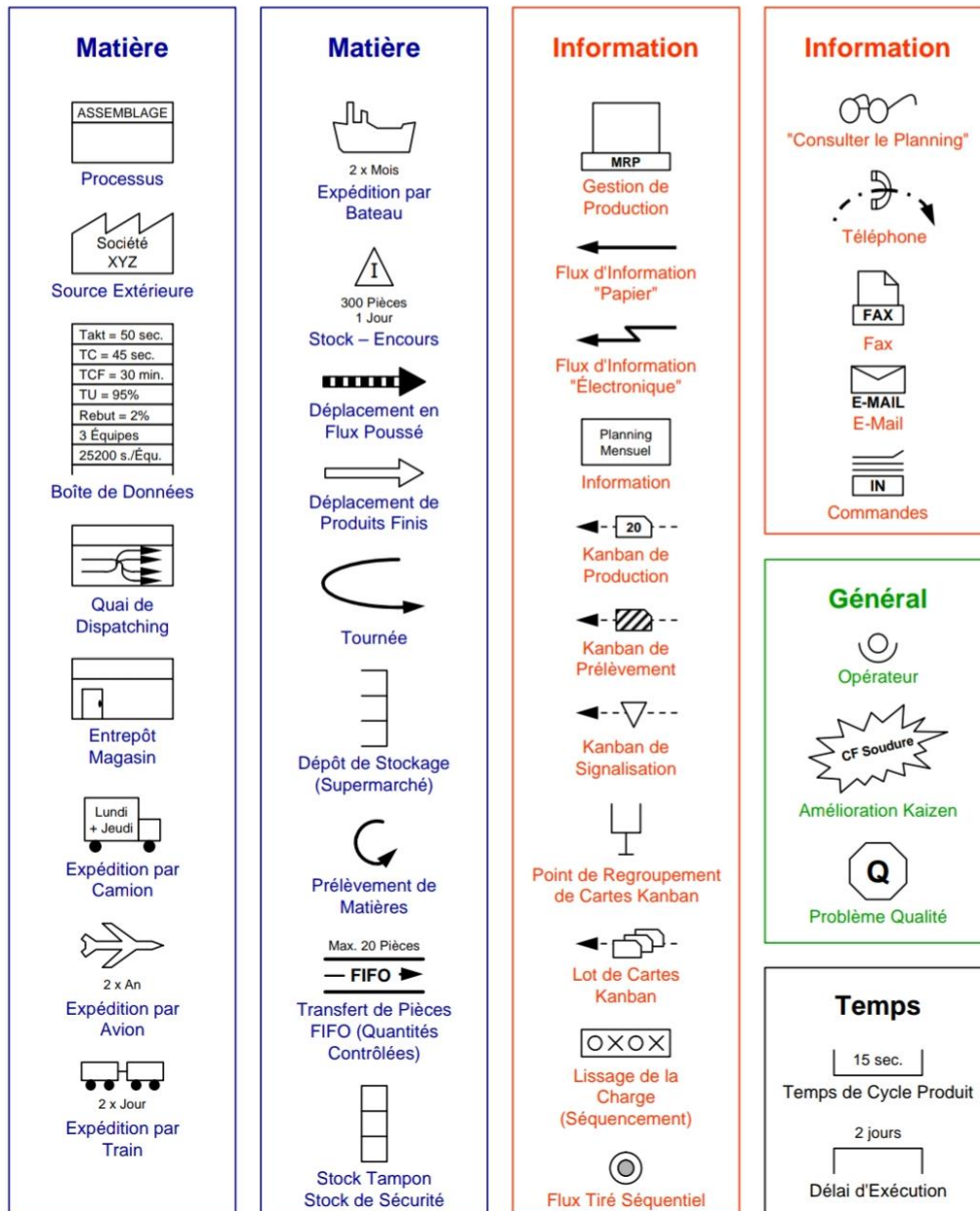


Figure I.10 : La cartographie de chaîne de valeur symboles

### 1-4-3-2. Pareto (Méthode ABC)

La méthode Pareto, également connu sous le nom de la loi des 80/20, est une méthode d'optimisation et de résolution de problème très connue dans le milieu industriel. De façon générale, on s'aperçoit que dans la plupart des situations, 80% des conséquences sont entraînées par 20% des causes. Rapporté à la maintenance, cela signifie que 80% des arrêts d'équipements vont être causés par seulement 20% des causes de pannes référencées. Seulement, pour arriver à de telles conclusions, une analyse préliminaire est nécessaire.

La construction du diagramme de Pareto va se faire en plusieurs étapes :

- Le recensement de la récurrence des pannes en fonction des causes

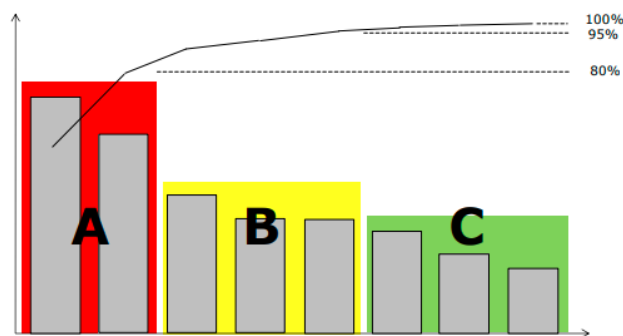
## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

- On liste l'ensemble des causes de défaillance, et on y associe le nombre de pannes qui en sont les conséquences. [51]

La méthode ABC (aussi appelé Analyse ABC, Loi de Pareto ou Méthode 80-20) est une méthode qui vise à classer des articles ou des événements en trois classes (A, B et C) selon leur degré d'importance. Basée sur le principe de Pareto, qui préconise que 20 % des évènements se produisent 80 % du temps, cette méthode permet de mieux répartir les efforts de contrôle et d'être plus efficace.

L'objectif de la méthode ABC, pour la gestion des stocks, est de classer les articles en trois classes (A, B et C) selon un critère particulier (habituellement la valeur en argent) et d'établir une politique de contrôle différente pour les trois classes. Les trois classes sont les suivantes (figure 1) :

- Classe A : Comprend environ 20 % des articles qui représentent entre 60 et 80 % de la valeur totale des stocks ;
- Classe B : Comprend environ 15 à 40 % des articles qui représentent entre 15 et 20 % de la valeur totale des stocks ;
- Classe C : Comprend environ 40 à 75 % des pièces restantes, représentant environ 5 à 20 % de la valeur totale des stocks.



**Figure I.11** : Répartition des trois classes.

Lorsque la méthode ABC est appliquée à la gestion des entrepôts, il s'agit de classer les articles selon leur degré de rotation. Ainsi, les articles en très forte demande (classe A) seront entreposés très près du lieu d'utilisation ou de la porte de sortie, de façon à minimiser les déplacements. De la même façon, les articles de la classe C seront éloignés [52] [53] [54].

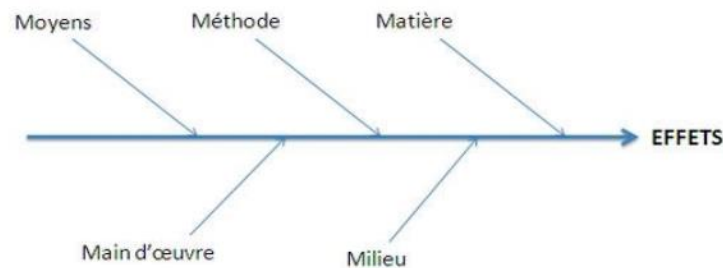
### 1-4-3-3. Ishikawa

« Ishikawa » ou le « diagramme Causes/Effets » est une méthode de résolution de problème qui vise à explorer toutes les dimensions de ce dernier, en classant par famille et sous-familles les causes qui ont une influence sur un effet. Cette méthode s'intègre dans une logique

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

d'amélioration continue et permet de relier les causes et les effets d'un dysfonctionnement, qui aura le plus souvent pour origine, dans le cas de la maintenance industrielle, la défaillance technique d'un équipement. Elle est constituée de quatre grandes étapes :

- Identification et définition du problème à traiter ;
- Listing des sources possibles d'un dysfonctionnement ;
- Classement des causes dans les familles : Matière, Milieu, Méthode, Machine et Main d'œuvre ;
- Représentation du diagramme cause effet.



**Figure I.12** : Diagramme Cause Effet. [55]

Ce diagramme à 5 branches peut être étendu à « 7M » en y ajoutant le Management et les Moyens financiers. Cependant, en restant sur des dysfonctionnements techniques, ces deux derniers « M » ne seront pas très représentatifs.

L'utilisation de cette méthode va demander l'intervention de tous les maillons de la chaîne maintenance. Elle peut être mise en pratique dans plusieurs cas :

- Suite à une AMDEC faisant ressortir des problèmes particuliers sur un équipement ;
- Dans le cas de pannes récurrentes d'origine inconnue ;

### 1-4-3-4. AMDEC

Selon la norme NF EN 13306, la sûreté de fonctionnement est l'aptitude d'une entité à satisfaire une ou plusieurs fonctions requises dans des conditions données.

La sûreté de fonctionnement se caractérise généralement par les paramètres suivants :

- La fiabilité : aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise dans des conditions données, pendant une durée donnée ;
- La maintenabilité : aptitude d'une entité à être maintenue ou rétablie dans un état dans lequel elle peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits ;
- La disponibilité : aptitude à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données et à un instant donné ;

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

---

- La sécurité : aptitude d'une entité à éviter de faire apparaître, dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques.

L'analyse des modes de défaillance de leurs effets et leur criticité (AMDEC) est une approche qualitative pour les études de sûreté dans différents domaines. Les informations obtenues sont utilisées dans le cadre de la maîtrise des risques, avec l'obtention d'un bon niveau de sûreté de fonctionnement du système opérationnel. Elle permet de :

- Connaître les éléments (fonctions et constituants) les plus importants ; - découvrir, évaluer et classer les faiblesses, les anomalies et les dysfonctionnements de système ;
- Gérer les points critiques et remettre en cause même la conception de système ;
- Préconiser les mesures correctives ;
- Evaluer les effets de ces mesures pour s'assurer de leur efficacité, et pour les comparer et décider.

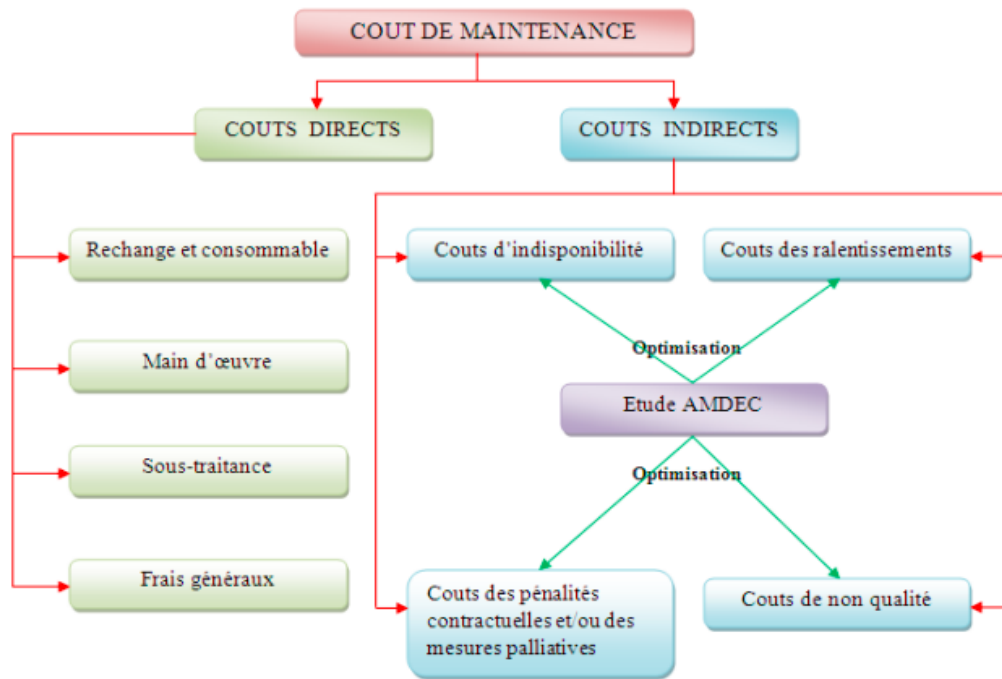
Dans cette optique et à la lumière de ces points, l'AMDEC occupe une place importante dans l'optimisation de la fonction maintenance.

➤ **Définition** : L'AMDEC est une méthode qualitative et inductive qui définit une règle ou une loi à partir de l'expérience : un raisonnement inductif visant à identifier les risques de pannes potentielles contenues dans un avant-projet de produit ou de système, quelles que soient les technologies, de façon à les supprimer ou à les maîtriser. (Norme AFNOR X 60-510 de décembre 1986).

➤ **Buts et objectifs d'appliquer d'une AMDEC [56]** : Le concept et de partager les tâches entre eux, dans ces circonstances le groupe fait appel à l'outil AMDEC en vue d'obtenir des conseils qu'il utilise dans la prise de décision. Bien que les coûts de maintenance dépendent des caractéristiques du matériel qui se présentent sous trois formes : caractéristiques pouvant être données par le fournisseur, caractéristiques propres à l'exploitant et caractéristiques communes à l'exploitant et au fournisseur. Les coûts de la maintenance se composent essentiellement en deux composantes : les coûts directs et les coûts indirects.

L'étude AMDEC permet principalement d'optimiser les coûts indirects (Figure I.13).

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude



**Figure I.13** : Méthode d'optimisation de la maintenance par l'AMDEC. [56]

La méthode AMDEC a pour objectif aussi à :

- Identifier les causes et les effets de l'échec potentiel d'un procédé ou d'un moyen de production,
- Identifier les actions pouvant éliminer (ou du moins réduire) l'échec potentiel.

### A) Caractéristique de la méthode AMDEC : [57]

L'AMDEC est une méthode d'analyse inductive, exhaustive et rigoureuse qui permet une recherche systématique :

- Des modes de défaillance d'un moyen de production.
- Des causes de défaillance générant les modes de défaillance, ces causes peuvent se situer au niveau des composants du moyen de production où être dues à des sollicitations extérieures.
- Des conséquences des défaillances sur le moyen de production, sur son environnement, sur le produit ou sur l'homme.
- Des moyens de détection pour la prévention et/ou la correction des défaillances.

### B) TYPES D'AMDEC : [56]

On distingue 3 types d'AMDEC : AMDEC « produit » ; AMDEC « processus » ; AMDEC « moyen de production » ;

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

---

- **L'AMDEC « produit » :**

Elle est utilisée pour l'aide à la validation des études de définition d'un nouveau produit fabriqué par l'entreprise, elle est mise en œuvre pour évaluer les défauts potentiels du nouveau produit et leurs causes.

- **L'AMDEC « processus » :**

Elle est utilisée pour étudier les défauts potentiels d'un produit nouveau ou non, engendrés par le processus de fabrication.

- **L'AMDEC « moyen de production » :**

Elle permet de réaliser l'étude du moyen de production lors de sa conception ou pendant sa phase d'exploitation.

### C) LA DEMARCHE AMDEC : [57]

La réalisation d'une AMDEC comprend cinq étapes :

#### ***Étape 1 : Initialisation :***

La phase d'initialisation comprend trois étapes qui sont :

- Définition du système et des objectifs à atteindre ;
- Constitution du groupe de travail ;
- Mise au point de supports de l'étude ;

***Définition du système et des objectifs à atteindre :*** L'AMDEC est un travail systématique et long, peut générer beaucoup de documents et donc devenir inutilisable.

***Constitution du groupe de travail :*** Le groupe de travail comprend :

- Un représentant du service procédant à l'investissement du moyen de production.
- Le concepteur du moyen étudié.
- L'utilisateur futur du moyen étudié.
- Le mainteneur futur du moyen étudié.
- Un spécialiste (expert d'un sujet traité ponctuellement).
- Les services : qualité, fiabilité, sécurité,...

***Mise au point de supports de l'étude :*** Les méthodes d'évaluations des facteurs (Gravité, Fréquence, Détection, Criticité) seront plus détaillées au moment d'évaluation de la criticité. Une feuille d'analyse AMDEC est à réaliser Selon les sources, il existe plusieurs types de fiches AMDEC :

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

Tableau I.3 : Exemple 1 de feuille d'AMDEC. [60]

Analyse Fonctionnelle		Analyse de défaillance				Estimation de criticité				Mesures	
Composant		Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effet local	Effet système	Gravité	Occurrence	Non détection	Criticité (indice)	Mesures envisagées
Nom	Rep										
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

### Étape 2 : Analyse fonctionnelle « AF » :

L'analyse fonctionnelle a pour but d'identifier la fonction de chaque élément étudié pour prévoir les modes de défaillance possibles.

### Étape 3 : Analyse des défaillances :

A partir de l'analyse fonctionnelle, la démarche AMDEC consiste en une recherche :

- Des modes de défaillance ;
- Des effets de défaillance ;
- Des causes de défaillance ;
- La criticité de défaillance ;

**Défaillance** : C'est le résultat d'un non fonctionnement, ou d'un non satisfaction aux spécifications, généré par une pièce ou un ensemble. La défaillance peut être :

- ✓ Complète : il s'agit de la cessation de la réalisation de la fonction d'un dispositif.
- ✓ Partielle : il s'agit de l'altération de la réalisation de la fonction d'un dispositif.

**Modes de défaillance génériques** : [56] : La norme AFNOR X 60510 propose une liste de 33 modes de défaillance relatifs aux parties « commande », indiqués dans le **Tableau I.5**, mais généralement on travaille avec 5 modes de défaillance génériques suivants :

- ✓ Perte de la fonction.
- ✓ Fonctionnement intempestif.
- ✓ Refus de s'arrêter.
- ✓ Refus de démarrer.
- ✓ Fonctionnement dégradé.

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

**Tableau I.4 : Modes de défaillance génériques. [56]**

1	Défaillance structurelle (rupture)	19	Ne s'arrête pas
2	Blocage physique (ou coincement)	20	Ne démarre pas
3	Vibrations	21	Ne commute pas
4	Ne reste pas en position	22	Fonctionnement prématuré
5	Ne s'ouvre pas	23	Fonctionnement après le délai (retard)
6	Ne se ferme pas	24	Entrée erronée (augmentation)
7	Défaillance en position ouverte	25	Entrée erronée (diminution)
8	Défaillance en position fermée	26	Sortie erronée (augmentation)
9	Fuite interne	27	Sortie erronée (diminution)
10	Fuite externe	28	Perte de l'entrée
11	Dépasse la limite supérieure tolérée	29	Perte de la sortie
12	Est en dessous de la limite supérieure	30	Court-circuit (électrique)
13	Fonctionnement intempestif	31	Circuit ouvert (électrique)
14	Fonctionnement intermittent	32	Fuite électrique
15	Fonctionnement irrégulier	33	Autres conditions de défaillances exceptionnelles suivant les caractéristiques du système, les conditions de fonctionnement et les contraintes opérationnelles
16	Indication erronée		
17	Écoulement réduit		
18	Mise en marche erronée		

**Cause de défaillance :** C'est l'événement à l'origine du mode de défaillance, la ou les causes sont à rechercher à la conception, la construction, l'installation, l'utilisation et la maintenance de l'équipement.

**L'effet constaté :** C'est la conséquence de la défaillance sur laquelle on distingue deux types :

- ✓ L'effet global : c'est la conséquence de défaillance sur la mission du système et sa sécurité.
- ✓ L'effet local : c'est la conséquence de défaillance au niveau du sous-système étudié.

**Détection :** Ce sont les symptômes (anomalies, indicateurs,...) observés, détectés qui permettent de repérer assez tôt l'évolution d'un mécanisme défaillant.

### **Etape 4 : Cotation de criticité :**

Les modalités de cette cotation sont à définir lors de la mise au point des supports de l'étude, en fonction des objectifs.

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

L'indice de criticité C, aussi appelé nombre de priorité de risque (NPR) ou encore Indice de Priorité de Risque (IPR), est le résultat du produit de La fréquence, de la détection et de la gravité qui caractérise le niveau de fiabilité du système analysé

$$C = G * F * D$$

**L'indice G** : Relatif aux conséquences provoquées par l'apparition du mode de défaillance en termes de :

- ✓ Qualité des pièces produites.
- ✓ Sécurité des hommes ou des biens.
- ✓ Temps d'intervention qui correspond au temps actif de maintenance corrective (diagnostic+réparation ou échange+remise en service).

La gravité G est le plus souvent cotée de 1 jusqu'à 5 (**Tableau I.5**).

**Tableau I.5** : Grille de cotation de la gravité. [58]

Niveau de la gravité G		Définitions
Gravité mineure	1	Défaillance mineure : - Arrêt de production inférieur à 2 minutes. -Aucune dégradation notable du matériel.
Gravité significative	2	Défaillance significative : - Arrêt de production de 2 à 20 minutes, ou repos possible d'intervention. -Remise en état de courte durée ou petite réparation sur place nécessaire. -Déclassement du produit.
Gravité moyenne	3	Défaillance moyenne : - Arrêt de production de 20 à 60 minutes. -Chargement du matériel défectueux nécessaire. -Retouche du produit nécessaire ou rebat (non qualité détectée à la production).
Gravité majeure	4	Défaillance majeure : - Arrêt de production de 1 à 2 heures. -Intervention importante sur sous ensemble. -Production de pièces non-conformes, non détectées.
Gravité catastrophique	5	Défaillance catastrophique : - Arrêt de production supérieur à 2 heures. -Intervention lourde nécessitant des moyens coûteux. -Problème de sécurité du personnel ou l'environnement.

**L'indice F** : Relatif à la fréquence d'apparition de la défaillance, cette fréquence exprime la probabilité combinée d'apparition du mode de défaillance par l'apparition de la cause de la défaillance. La fréquence F peut aller de 1 jusqu'à 4 (**Tableau I.6**).

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

**Tableau .I.6 :** Grille de cotation de la fréquence. [58]

Niveau de la fréquence <b>F</b>		Définitions
Fréquence très faible	<b>1</b>	Défaillance rare: mois d'une défaillance par année.
Fréquence faible	<b>2</b>	Défaillance possible; mois d'une défaillance par trimestre.
Fréquence moyenne	<b>3</b>	Défaillance fréquente: mois d'une défaillance par semaine.
Fréquence forte	<b>4</b>	Défaillance très fréquente: plusieurs défaillances par semaine.

**L'indice D :** Relatif à la possibilité de détecter la défaillance (le couple : Mode-Cause de défaillance) avant qu'elle ne produise l'effet. La détection D est évaluée de 1 pour une défaillance détectable, à 4 pour une défaillance indétectable (**Tableau I.7**).

**Tableau .I.7:** Grille de cotation de la détection. [58]

Niveau de détection <b>D</b>		Définitions
Détection évidente	<b>1</b>	Défaillance détectable à 100 % : -Détection à coup sûr de la cause de la défaillance. - Signe avant coureur évidant d'une dégradation.
Détection possible	<b>2</b>	Défaillance détectable : -Signe avant coureur de la défaillance facilement détectable mais nécessitant une action particulière de l'opérateur (visite, contrôle visuel,...).
Détection improbable	<b>3</b>	Défaillance détectable : - Signe avant coureur de la défaillance difficilement détectable, peu exploitable au nécessitant une action au des moyens complexes (démontage, appareillage,...).
Détection impossible	<b>4</b>	Défaillance détectable : -Aucun signe avant coureur de la défaillance.

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

### La matrice de criticité :

Au cours d'évaluation de la criticité, il n'est pas obligatoire de prendre en compte les trois critères gravité, fréquence et la détection ; on peut se limiter aux seuls critères gravité et fréquence, ce qui permet de matérialiser l'étude par une matrice de criticité ou matrice de sécurité. (Figure I.14).

La matrice met en évidence une zone critique et une zone non critique. Mais, elle présente un défaut car elle ne tient pas compte de la notion de détection.

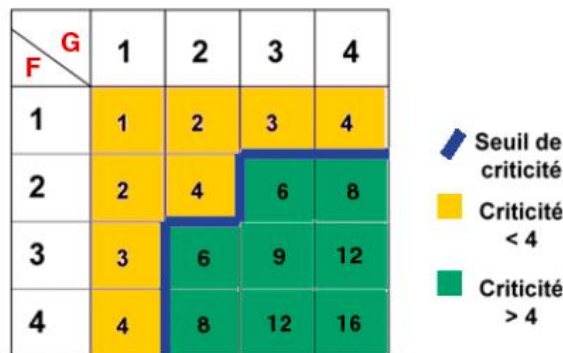


Figure I.14 : Exemple de Matrice de criticité. [57]

Un point critique existe si :

- La criticité de la défaillance dépasse le seuil prédéterminé.
- L'indice de gravité de la défaillance est supérieur ou égale à 4.
- L'indice de fréquence de la défaillance est égal à 4.

### Étape 5 : Actions menées : [58]

Les actions menées consistent à :

- Classer les problèmes rencontrés ;
- Proposer l'amélioration ;
- Calcul de la nouvelle criticité ;

**Classement des problèmes rencontrés** : Les actions menées sont décidées par le groupe de travail pour pouvoir éliminer tous points critiques. À partir de la valeur de la criticité, on peut classer les problèmes par ordre décroissant et les répartir en différentes classes (Tableau I.9).

**Remarque** : S'il s'agit d'une AMDEC-produit ou une AMDEC- processus, il existe d'autres grilles de cotation des indices G, F, D allant jusqu'à 10.

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

**Calcul de la nouvelle criticité** : Un nouveau calcul de la criticité permet de valider les solutions retenues à partir de l'estimation des nouveaux indices  $F'$ ,  $G'$ ,  $D'$  :

- ✓ L'indice  $F'$  : L'amélioration de la fréquence  $F$  s'obtient par une action sur la fiabilité du composant analysé, sur les conditions d'utilisation ou par une action de maintenance préventive systématique.
- ✓ L'indice  $G'$  : L'amélioration de la gravité s'obtient par une action sur la maintenabilité ou sur l'aptitude à diagnostiquer et à réparer plus rapidement. Cela peut entraîner des modifications de conception.
- ✓ L'indice  $D'$  : L'amélioration de la détection s'obtient en agissant sur la validation de la conception et/ou sur une aide à la supervision par une maintenance préventive.
- ✓ L'indice  $C'$  :  $C' = F' * G' * D'$  qui permettra de quantifier le progrès réalisé.

**Tableau .I.8** : La criticité (G, F, D). [58]

Valeur de la criticité	Politique de la maintenance
$C < 16$	Mise sous correctif.
$16 \leq C < 32$	Mise sous préventif à la fréquence faible.
$32 \leq C < 36$	Mise sous préventif à la fréquence élevée.
$36 \leq C < 48$	Recherche d'amélioration.
$48 \leq C < 64$	Reprendre la conception.

### 1.4.3.4. SADT

SADT est une méthode de modélisation systémique d'un système complexe, c'est une méthode de description graphique par analyse fonctionnelle descendante : l'analyse chemine du général (dit « niveau A-0 ») vers le particulier et le détaillé. Le but de la SADT est d'offrir une vision globale et synthétique du système automatisé en ne retenant qu'un petit nombre d'informations jugé essentiel à la compréhension sous forme de modèle graphique appelé actigramme. SADT convient parfaitement pour la modélisation des activités et du flux des informations entre les activités mais elle ne permet pas la modélisation du temps ni de représenter les relations logiques (relations ET et OU). SADT s'appuie sur un modèle graphique et procède par analyse descendante en ce sens que l'on va du plus général au plus détaillé en s'intéressant aux activités du système. L'accent est mis sur la spécification :

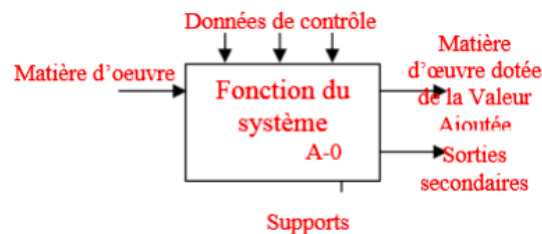
- Des fonctions que celui-ci remplit.

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

- Des informations qu'il échange, notamment avec son environnement.

**Actigrammes et datagrammes :** Le modèle d'analyse est constitué d'une suite cohérente de diagrammes (actigrammes). Le diagramme le plus haut représente la fonction globale assurée par le système et répond aux questions suivantes :

- Ça sert à quoi / pourquoi (fonction du système) ?
- Sur quoi agit le système (Matière d'œuvre) ?
- Quelle valeur est ajoutée par ce système ?
- Quelles sont les informations qui pilotent le fonctionnement du système (données de contrôle) ?

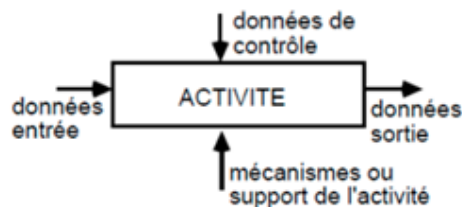


**Figure 1.15 :** Deux séries de diagrammes : Actigrammes et datagrammes représentant des raffinements successifs.

**Actigramme :** L'élément de base est une boîte représentant une activité avec les conventions suivantes :

- Les données en entrées sont transformées en données de sortie par la fonction représentée par la boîte.
- Le contrôle agit sur la manière dont la transformation est faite.
- Le mécanisme indique ce qui supporte la fonction (individu, machine...).

Boite = verbe d'action | flèches = nom



**Figure I.16 :** Actigramme.

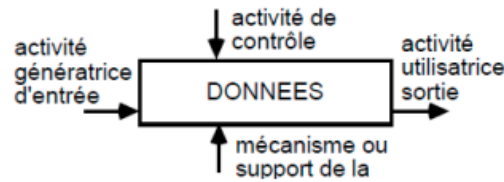
- Entrées : données transformées par l'activité en sortie.
- Sorties : données créées par l'activité
- Contrôle :
  - Données dont la présence contraint l'activité.

## Chapitre I : Cadre théorique de l'étude

---

- Données non modifiées par l'activité.

**Datagramme** : Même principe de décomposition hiérarchique sur plusieurs diagrammes, l'élément de base étant :



**Figure I.17** : Datagramme.

- Activité d'entrée : modification sur les données.
- Activité de sortie : celle qui va les utiliser.
- Activité de contrôle influe sur la manière dont une donnée est utilisée ou créée.

Le mécanisme exprime le dispositif de mémorisation de données. Boîte = nom 1 flèches = verbe d'action.

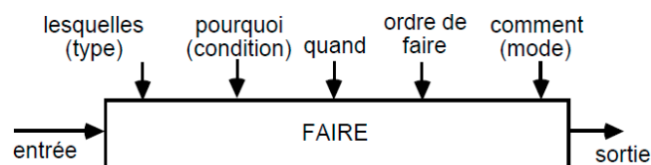
- ✓ Entrées : activités génératrices de données.
- ✓ Sorties : activités utilisatrices de données.
- ✓ Contrôles : activités dont le résultat influe la création ou l'utilisation des données.
- ✓ Mécanismes : unités de stockage des données.

**Les données de contrôle** : Elles concernent les boîtes d'activités et peuvent être de 4 types :

- ✓ W = Présence d'énergie ou de matière d'œuvre.
- ✓ R = données de réglage (n'influent pas sur le cycle du système).
- ✓ C = données de configuration (influent sur le cycle du système).
- ✓ E = données d'exploitation (données qui permettent de piloter le fonctionnement du système)

Une donnée de contrôle :

- ✓ N'est pas modifiée par l'activité.
- ✓ Mais elle la déclenche ou la contraint.



**Figure I.18** : Les données de contrôles.

### Conclusion

Durant l'élaboration de ce chapitre, nous avons constaté que le Supply Chain Management permet de garantir l'organisation de toutes les activités de l'entreprise, et c'est ce qui l'a rendu un élément primordial dans la stratégie d'organisation des entreprises. D'autre part, en ce qui concerne la notion de performance de production et les différentes méthodes et outils de Lean management utilisés pour l'amélioration de la production

# **Chapitre II : Cas pratique et diagnostic**

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

---

### Introduction

Dans ce chapitre, nous présenterons d'abord l'entreprise NATRA, avant de nous intéresser plus particulièrement à l'unité de Boudouaou (NATRA tube), lieu de déroulement de notre projet de fin d'études.

Notre objectif à travers notre étude était d'améliorer la productivité de l'unité. Nous avons alors commencé par analyser le processus de production, et établi un diagnostic afin d'identifier les problèmes qui affectent les lignes de production, pour enfin proposer des actions pour l'amélioration de la performance.

### II.1 Présentation de l'entreprise

NATRA INTERNATIONAL est une entreprise algérienne fondée en septembre 1994 par Meziane Ghani. NATRA INTERNATIONAL est un acteur majeur de production et distribution de Produits sidérurgiques auprès des grands utilisateurs sur le marché Algérien, en croissance continue, elle a réalisé en 2015 un chiffre d'affaire de 9.500.000.000 da avec un capital Social de 1.500.000.000 da et plus de 200 employés.

Spécialistes de la distribution de poutrelles, laminés marchands (fers ronds, fers carrés, fers plats), cornière, bobines (LAC, LAF, galvanisée, pré laqué), ronds à béton et fils qui représente 88% de chiffre d'affaire.

La production de tubes Métallique (rond, carré, rectangulaire), la tôles (noire, striée, nervurée) et étais métalliques représente 12% de chiffre d'affaire

#### II.1.2. Objectifs et mission

NATRA INTERNATIONAL a pour mission principale de développer la production et d'assurer la qualité de ce produit et diminuer le délai de livraison et cela dans le but de satisfaire le client et le fidéliser

Les objectifs visés par NATRA INTERNATIONAL peuvent se présenter comme suit :

- Augmenter la capacité de production
- Expansion dans le domaine sidérurgique
- Exportation au pays africain dans le court terme
- Exportation au pays méditerranéen dans le long terme

#### II.1.3. La répartition géographique de NATRA INTERNATIONAL

NATRA INTERNATIONAL compte trois unités de production chaque unité elle a un entrepôt pour stocker la matière première, produits finis et les produits vendus en état

##### II.1.3.1 Unités de production NATRA STAKAL (Khemis El Khechna)

Cette unité de production de matériel de chantier spécialisée dans l'étalement qui représente 2% de chiffre d'affaire elle propose une large gamme d'étais de 0.9 à 5.5 mètre et la distribution de laminés marchands, ronds à béton et fil.

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

---

### II.1.3.1.1 Production

- Étais métalliques



**Figure II.1 :** Étais métalliques.

### II.1.3.1.2 Distribution

Laminés marchands :



**Figure II.2 :** Fers carrée



**Figure II.3 :** Fers ronds



**Figure II.4 :** Rond à béton



**Figure II.5 :** Fers plats

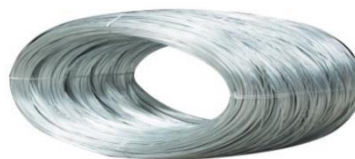
## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

---

Fils :



**Figure II.6 : Fil machine**



**Figure II.7 : Fil galvanisé**

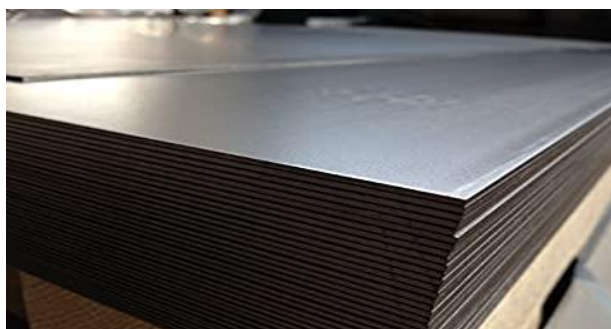
### II.1.3.2 Unités de production NATRA TOLE (Khemis El Khechna)

Cette unité spécialisée dans la production des tôles qui représente 5% de chiffre d'affaire et la distribution des cornières et les poutrelles

#### II.1.3.2.1 Production



**Figure II.8 : Tôles striée**



**Figure II.9 : Tôles noire**



**Figure II.10 : Tôles nervurée**

### II.1.3.2.2 Distribution

Les cornières :



Figure II.11 : Cornières inégales



Figure II.12 : Cornières égale

Les poutrelles :

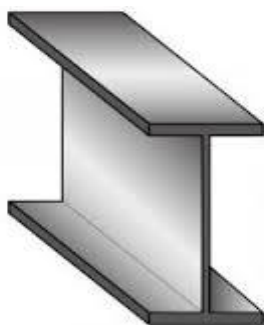
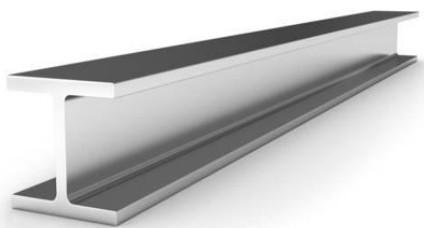


Figure II.13 : Poutrelle IPE



Figure II.14 : Poutrelle HEA



**Figure II.15 :** Poutrelle HEB

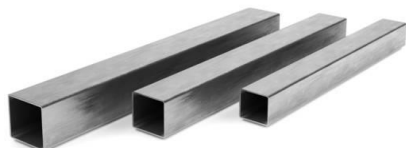


**Figure II.16 :** Poutrelle UPN

### II.1.4.3 Unités de production NATRA tube (Boudouaoué)

Cette unité spécialisée dans la production de tubes Métallique qui représente 7% de chiffre d'affaire avec une production de 3200 tonne /ans, et la distribution des bobines

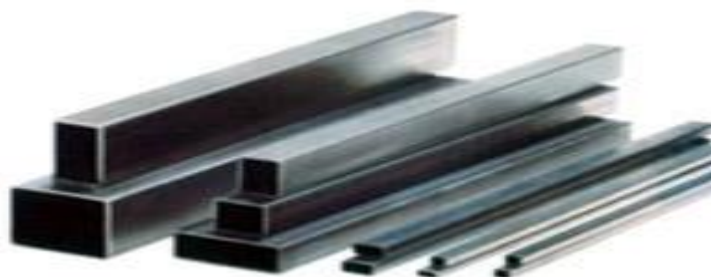
#### II.1.4.3.1. Production



**Figure II.17 :** Tube carré



**Figure II.18 :** Tube rond

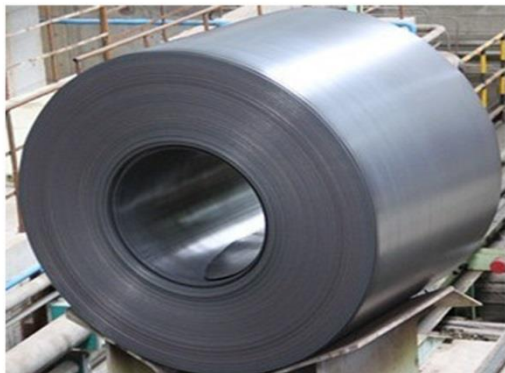


**Figure II.19 :** Tube rectangulaire

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

---

### II.1.4.3.2 Distribution



**Figure II.20 :** Bobines LAC



**Figure II.21 :** Bobines LAF



**Figure II.22 :** Bobines galvanisé



**Figure II.23 :** Bobines pré laqué

### II.1.5 L'organisation de l'unité NATRA TUBE

L'organigramme ci-dessous représente les différentes compositions de l'unité NATRA TUBE

(Le lieu de notre stage pratique)

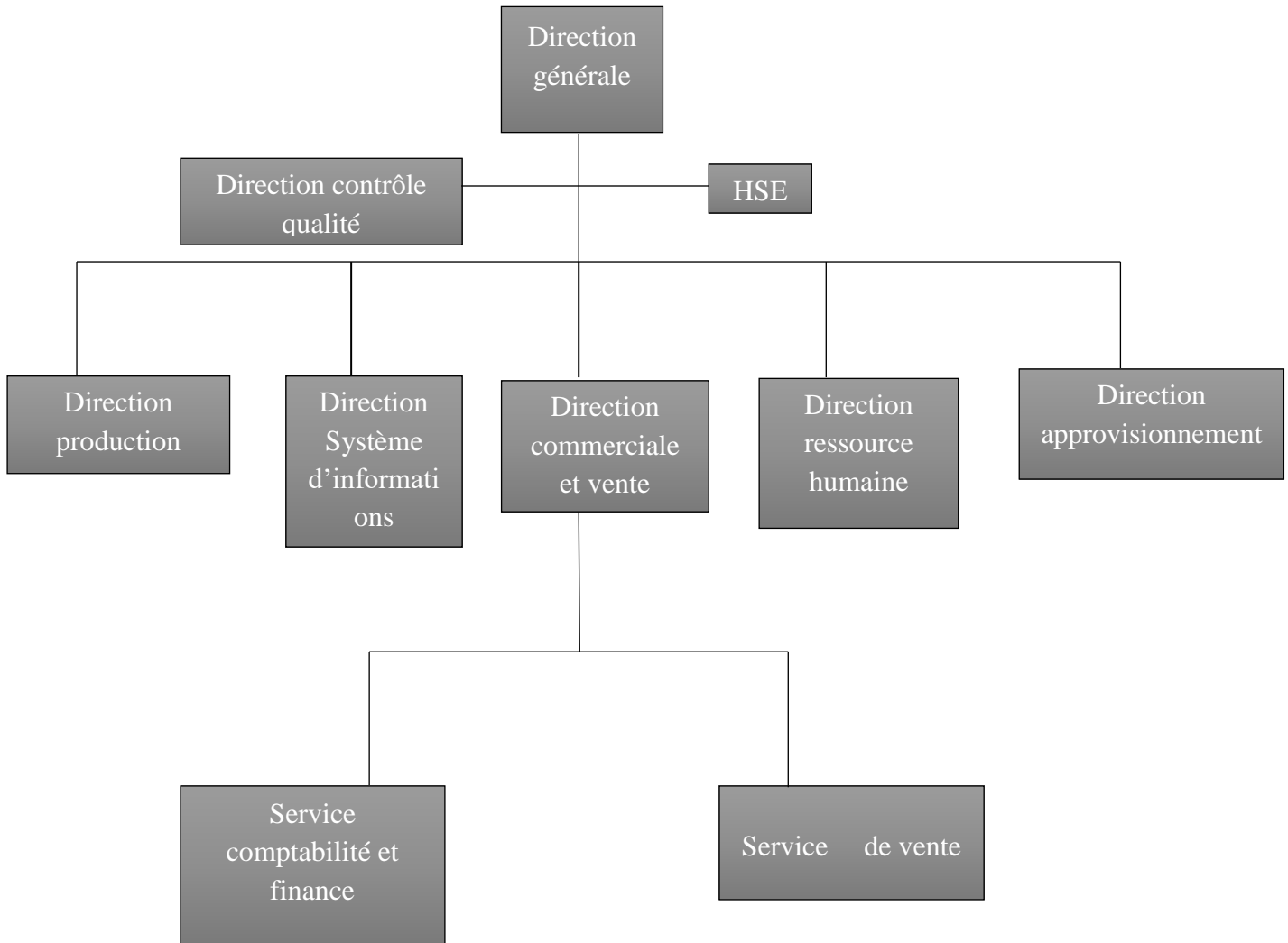


Figure II.24 : Organigramme de l'unité de Boudouaou en 2022.

### 1. La direction générale

Elle a pour mission de s'assurer que les règlements et procédures internes sont bien observés et d'une manière générale que tous les procès informatiques, managériaux, commerciaux sont bien diffusés et bien suivis dans l'organisation. Elle est dirigée par un gérant qui assure et applique les décisions prises dans les différentes assemblées générales des associés, c'est le premier responsable de l'unité, il doit veiller à l'amélioration de la production de l'unité. Elle a aussi comme mission la coordination des travaux entre les différents services.

### 2. Direction contrôle qualité

Elle a pour mission de s'assurer au quotidien de la parfaite conformité de ses produits, depuis l'entrée (contrôle des matières premières) jusqu'à la sortie (produit finis) et pendant toutes les phases de production et de stockage. Parallèlement aussi à des études de stabilité. Conscients que le développement de l'entreprise reste étroitement lié à une

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

---

politique d'innovation et de créativité, satisfaire et d'anticiper les exigences de ses clients.

### **3. La direction hygiène sécurité et environnement**

Elle met en place, maintient et améliore les différents systèmes de management et référentiels pour se conformer aux standards internationaux. Elle veille au respect des exigences réglementaires environnements et sécurités, et garantit la sécurité du personnel et la pérennité des installations.

### **4. La direction ressource humaine**

Elle Définit et propose à la direction générale les principes de gestion ressource humaine en support avec les objectifs du business. Elle assure également un support administratif de qualité à l'ensemble du personnel de NATRA TUBE, pilote les activités du social, assiste la direction générale ainsi que tous les managers sur tous les aspects de gestion ressources humaines, établit et maîtrise les procédures. Elle assure le recrutement, la gestion des carrières, identifie les besoins en mobilité, gestion de la performance et des rémunérations, et la formation du personnel. Enfin elle participe avec la direction générale à l'élaboration de la politique de communication afin de développer l'adhésion du personnel aux objectifs fixés par l'organisation.

### **5. La direction Système d'informations**

Elle assure la mise en place des moyens, des technologies de l'information nécessaires pour supporter et améliorer l'activité, la stratégie et la performance de l'entreprise. Elle doit ainsi veiller à la cohérence des moyens informatiques et de communication mis à la disposition des utilisateurs, à leur mise à niveau, à leur maîtrise technique et à leur disponibilité et opérationnalité permanente et en toute sécurité. Elle définit également dans le cadre des plans pluriannuels les évolutions nécessaires en fonction des objectifs de l'entreprise et des nouvelles technologies.

### **6. La direction approvisionnement**

Elle met en place les mécanismes permettant de satisfaire les besoins en matière première et services dans les meilleurs délais, avec la meilleure qualité et au moindre coût afin de permettre la réalisation des objectifs de production et de vente

### **7. La Direction production**

Ella a une mission de développe les moyens de production pour l'entreprise, garantir la disponibilité des moyens techniques, veille au bon fonctionnement des appareils, études les commandes sur un plan technique, gérer tous les moyens et ressources techniques.

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

---

### 8. Direction commerciale et vente

Elle a en charge de commercialiser toutes les gammes de produits et le développement du fichier client de l'entreprise, au moyen d'actions de détection ou de promotion de projets à base de hautes technologies. En relation directe avec la clientèle, elle possède des qualités relationnelles pour susciter l'intérêt des prospects.

#### a) Service comptabilité et finance

Elle prend en charge la préparation et mise à jour des budgets, elle tient en compte la comptabilité et préparer les états comptables et financiers selon les normes. Elle pratique le contrôle de gestion et elle fait les rapports périodiques.

#### b) Service de vente

Elle a une mission d'informer la clientèle sur les produits, l'entreprise. Collecte les informations qui recouvrent les études de marché. Assurer la qualité des services vente et après-vente, Fidéliser les clients.

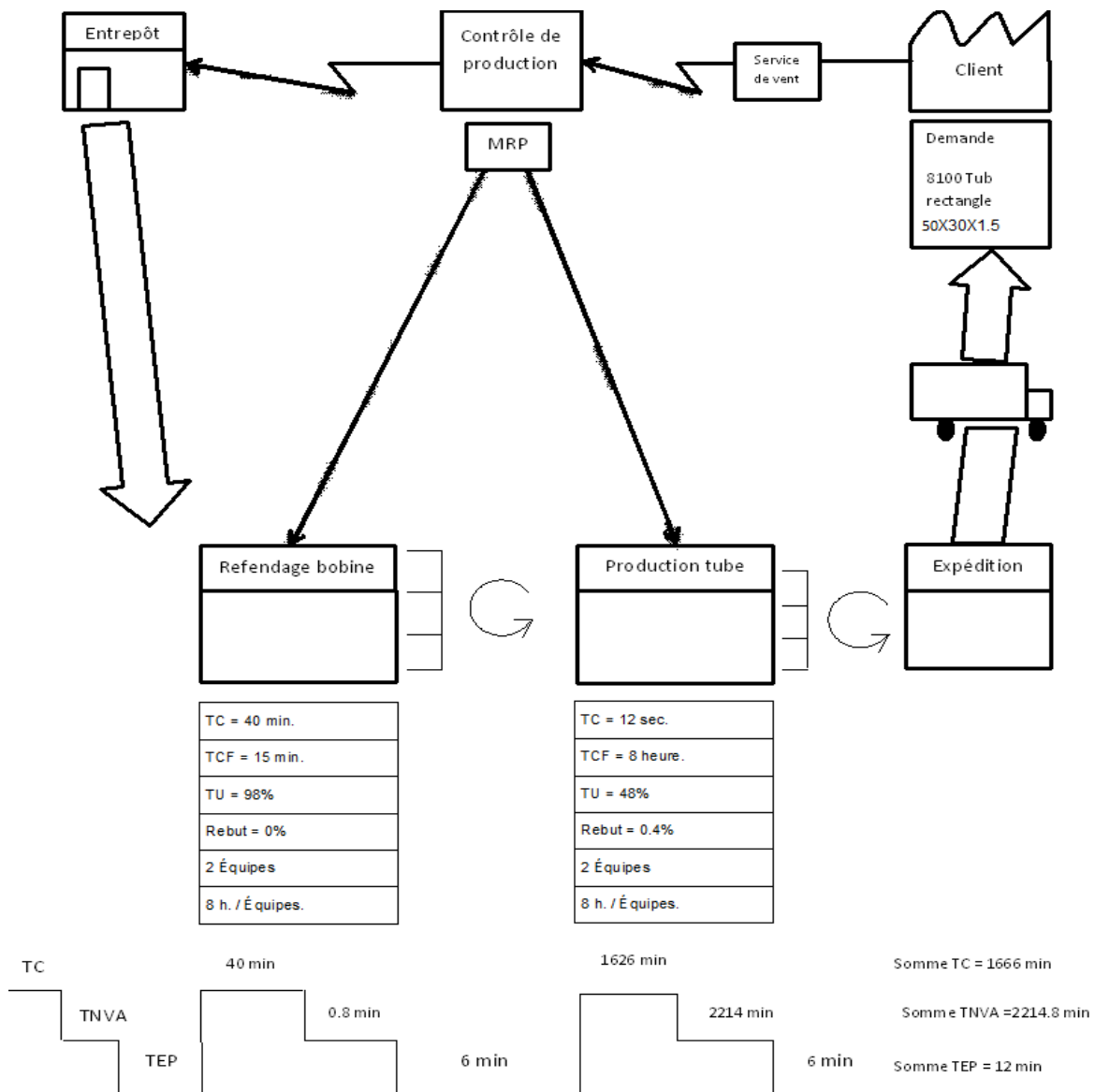
## II.2. Analyse et diagnostic

Nous nous sommes intéressés, dans le cadre de notre étude, à la direction de production, et à l'amélioration de sa productivité. Une analyse de toutes les étapes de réalisation d'un produit de l'acquisition de la matière première jusqu'à sa livraison pour le client final s'est imposée. Nous avons pour cela utilisé l'outil VSM afin d'apporter une représentation visuelle simple de tout le processus de production et afin d'identifier les anomalies et apporter des améliorations possibles à l'ensemble de la chaîne de valeur.

### II.2.1. Élaboration de la VSM

La VSM nous donne une vision générale sur l'entreprise et son état actuel pour comprendre son fonctionnement, et sur les flux d'information et physique qui les traversent, et permet ainsi de définir les sources de gaspillage. Des informations que nous avons collectées nous ont permis de l'élaborer. Nous avons traité le cas d'une demande égale à 8100 tubes pour déduire le temps de cycle TC.

### II.2.1.1. VSM était actuelle



**Figure II.25 :** Cartographie de la Chaîne de valeur VSM à l'état actuel

On calcule le délai ou le lead-time :

- Lead Time = Somme TC + Somme TNVA + Somme TEP
- Lead Time = 1666 + 2214.8 + 12
- Lead Time = 3892.8 min = 64.88 heures

### II.2.1.2 Analyse de la VSM

D'après la VSM établie, on peut remarquer que l'unité, aussi spécialisée dans la distribution de la bobine, n'a pas un problème d'approvisionnement de la matière première.

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

---

L'entreprise travaille à la commande, le flux physique est donc tiré, qui signifie que le délai de livraison doit être respecté pour satisfaire le client. Le flux d'information est informatisé.

Pour réaliser la demande client (8100 bobines), on passe par deux étapes principale : le refendage de bobine vers des bobineaux de largeur et épaisseur correspondant à la demande du client, et production de tube correspondant à la transformation des bobineaux en tubes rond, carré ou rectangulaire, dépendant aussi à la demande client.

Le temps de cycle de refendage d'une bobine est de 40 minutes, alors que le temps de changement de programme refendage est de 15 minutes. Le temps de cycle de production d'un seul tube est 12 secondes avec un changement de programme de production de 8 heures, et deux équipes pour chaque étape qui travaillent 8 heure /jour, avec un temps de manutention entre les deux process égal à 6 minutes.

### II.2.1.3 Résultats de la VSM

Pour réaliser la demande client, cela nécessite en réalité 64.88 heure, alors que théoriquement, cela ne prend normalement 27.6 heure. On observe alors un écart de 57.45%, et la cause c'est que la somme des temps non-valeur ajouté est plus grande que la valeur ajouté. Ceci constitue alors un problème de gaspillage de temps, et un délai long de livraison.

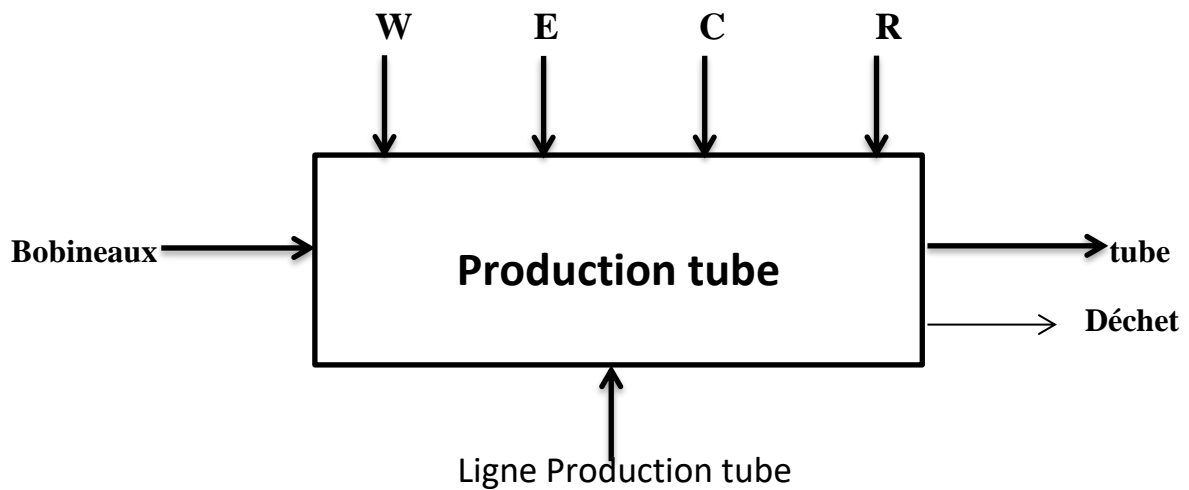
### II.2.2 Analyse de production tube

L'unité dispose de cinq lignes de production de tubes de la marque ELMAKSAN. Les cinq lignes son identiques en terme des étapes de production, mais chacune d'elle produit des feuillards différents.

Afin de bien montrer l'enchaînement des activités des lignes de fabrications et leur interaction ainsi que les flux d'informations les traversant, pour toute la chaine de production jusqu'à l'obtention de produit fini, nous utilisé la méthode SADT.

Le but étant de dégager et d'identifier les dysfonctionnements qui surgissent dans chaque phase.

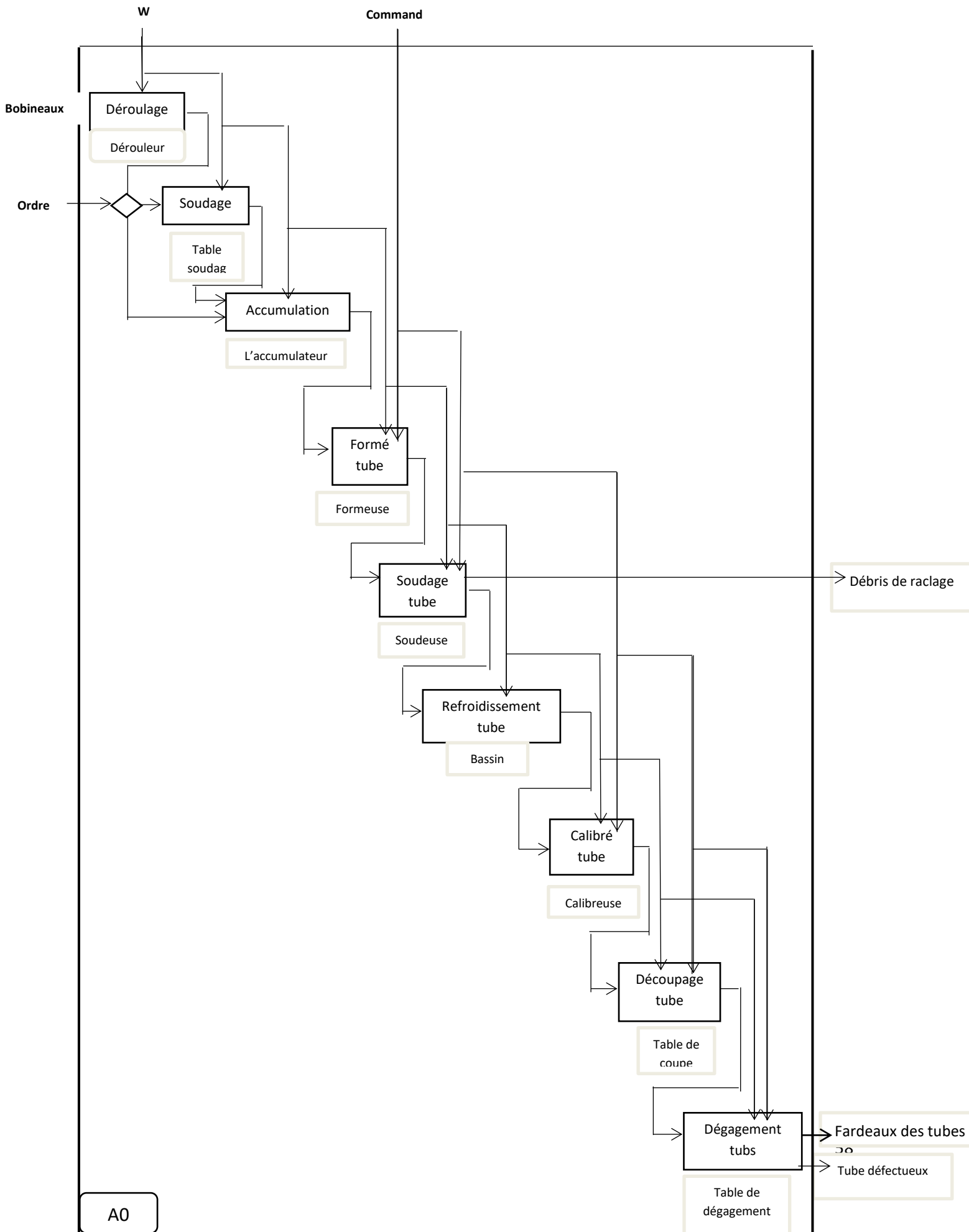
### II.2.3. Analyse SADT



**Figure II.26 : Analyse SADT**

- C : Données de configuration.
- R : Données de réglage.
- E : Données d'exploitation.
- W : Contraintes liées à l'énergie.
- EE : Energie électrique
- EP : Energie pneumatique
- RH : Ressources humaine

# Chapitre II : Cas pratique et diagnostic



Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

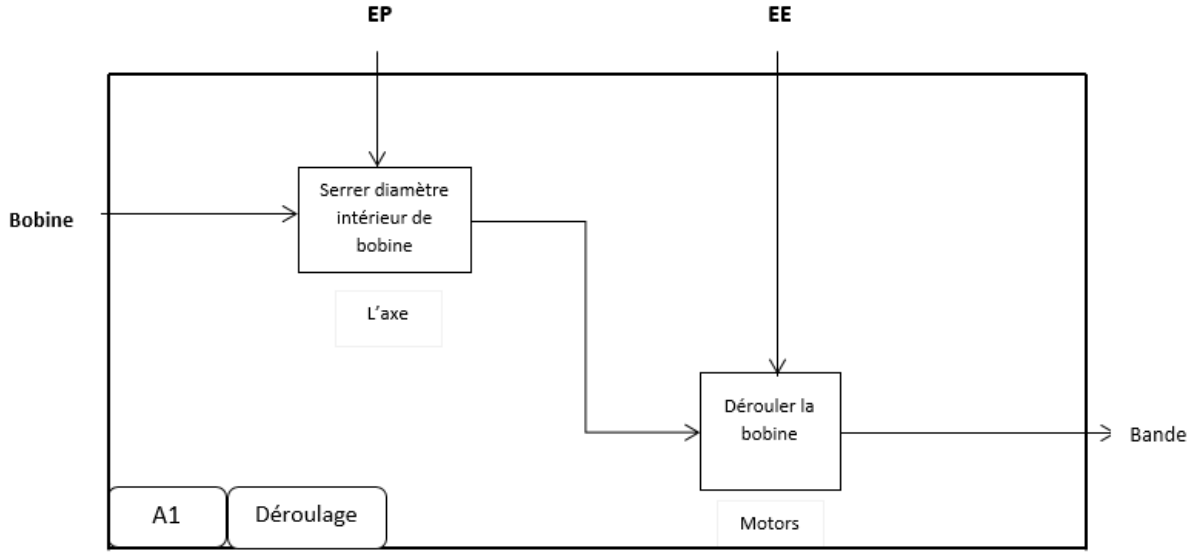


Figure II.27 : Le Dérouleur.

# Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

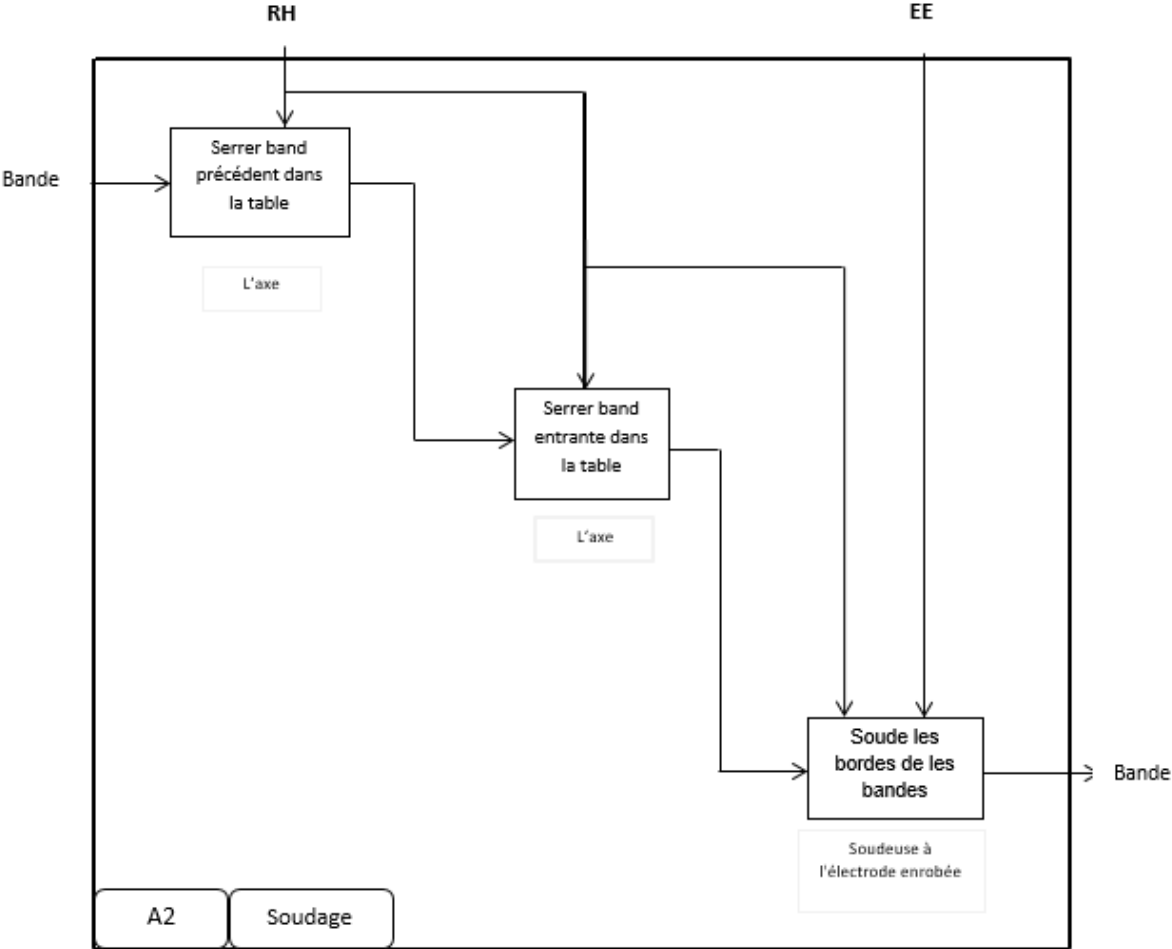


Figure II.28 : Table de soudage.

Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

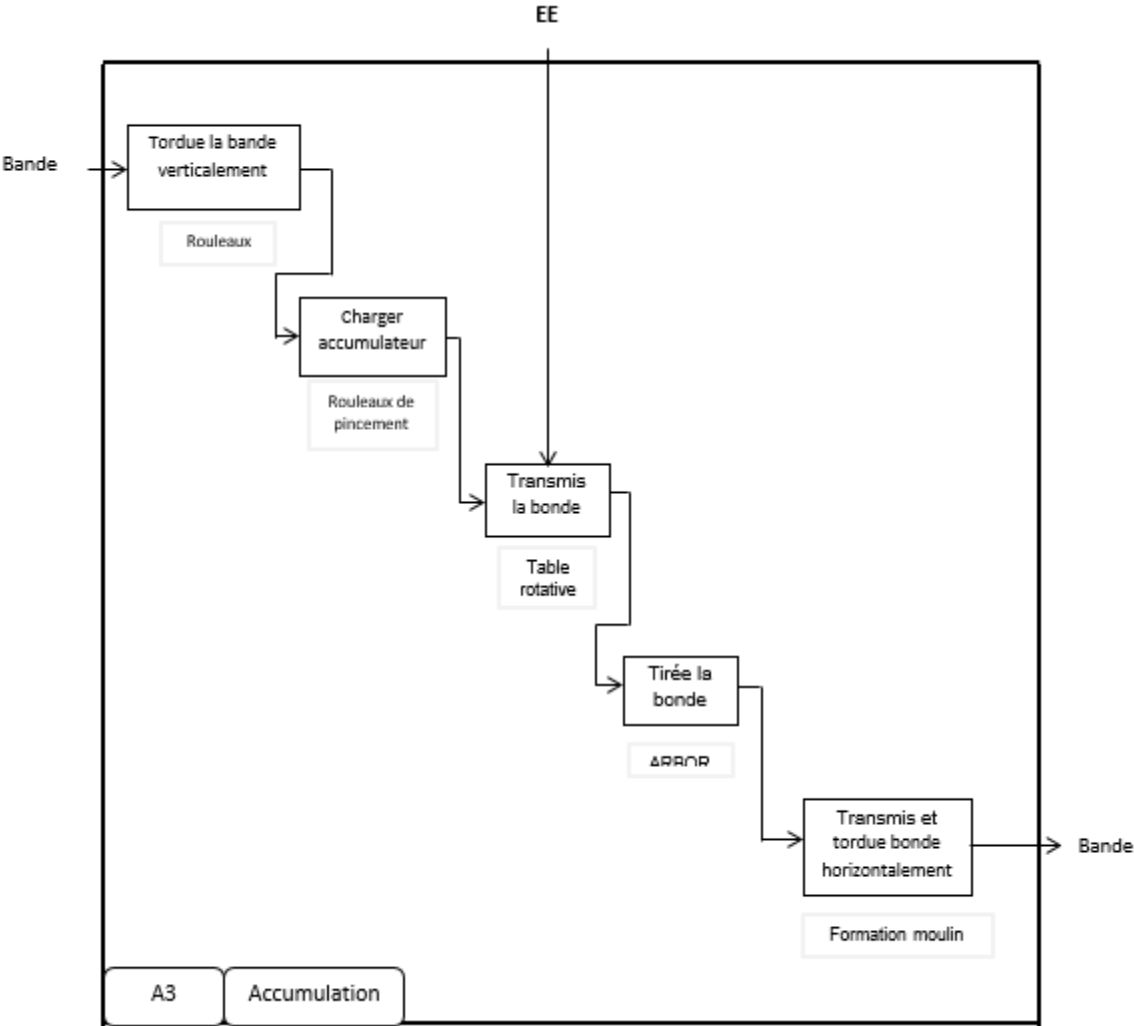


Figure II.29 : Accumulateur

# Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

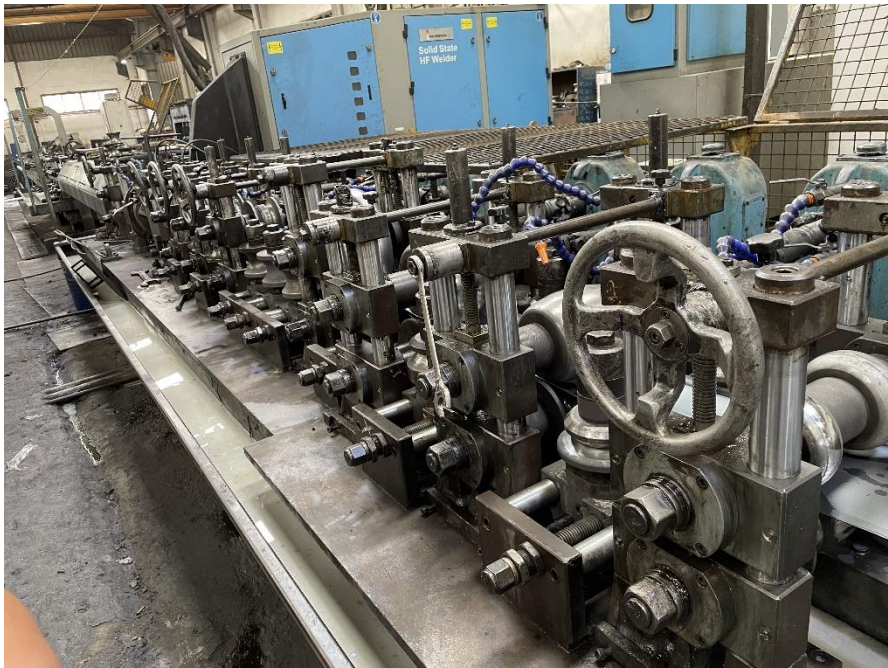
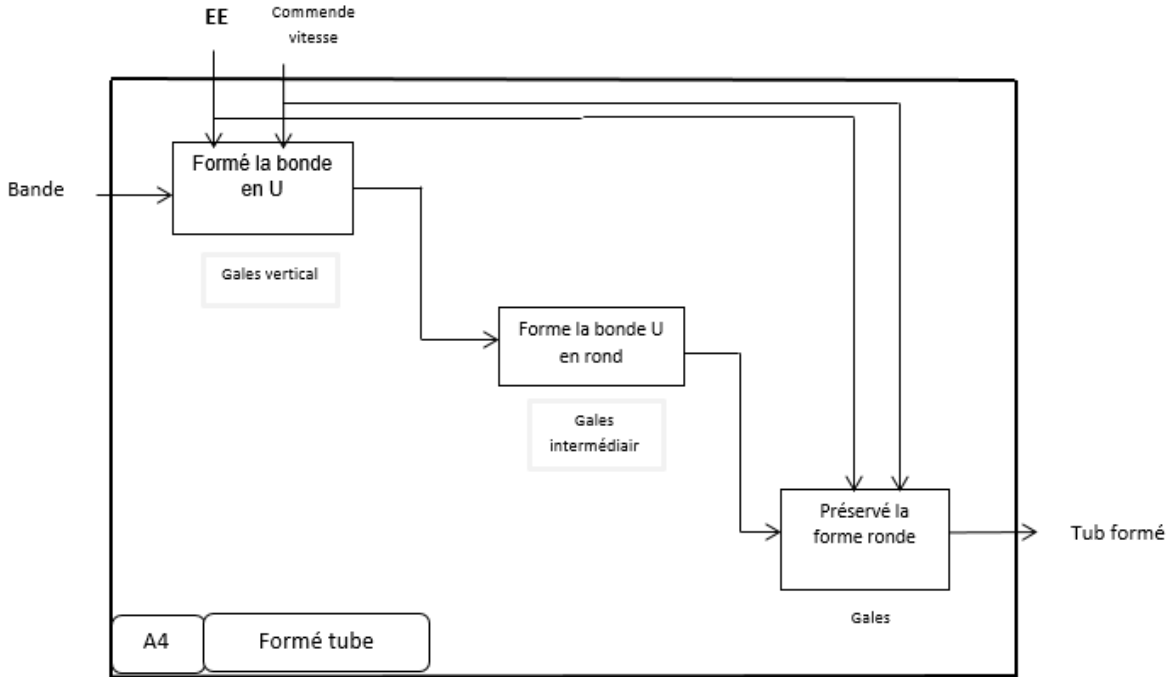


Figure II.30 : Formeuse.

# Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

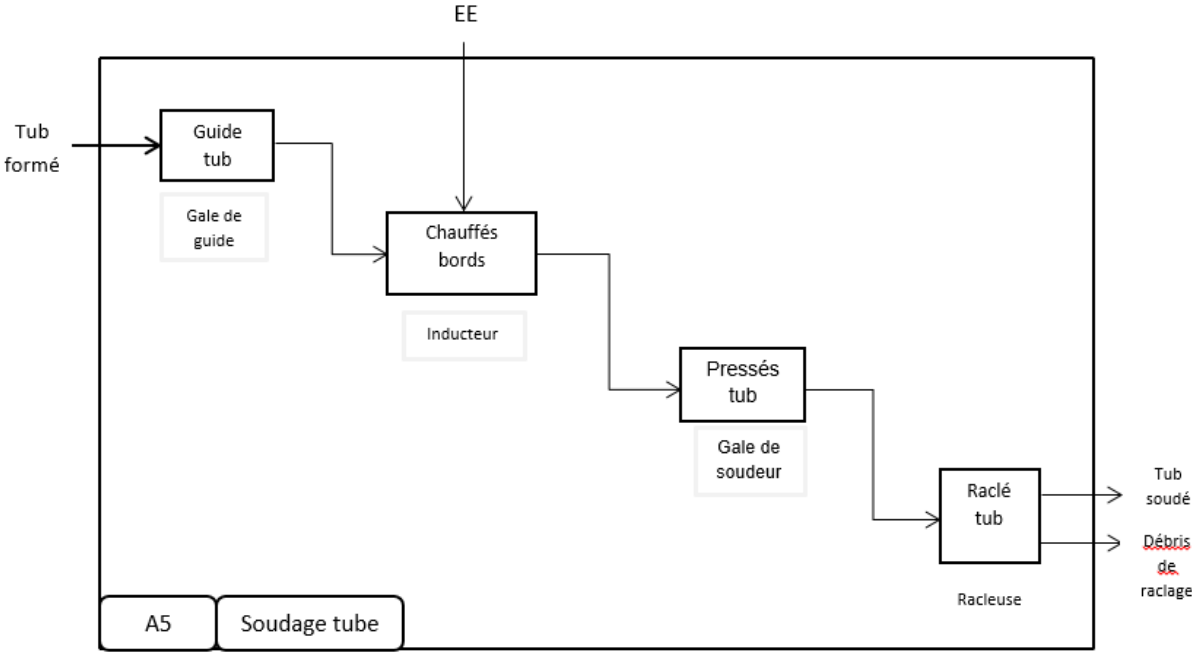


Figure II.31 : Soudage tube

# Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

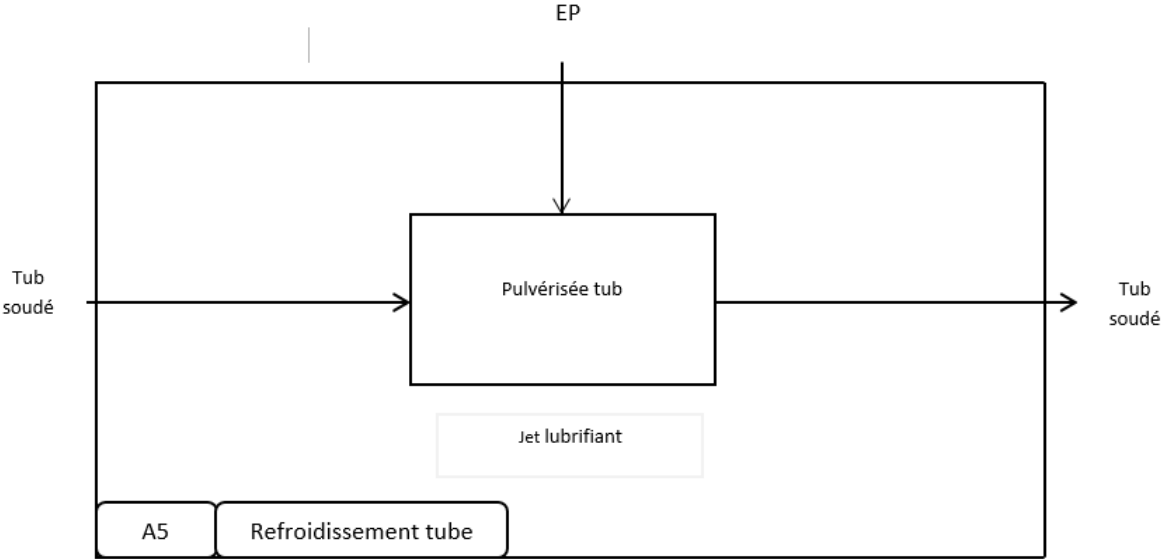


Figure II.32 : Refroidissement tube.

# Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

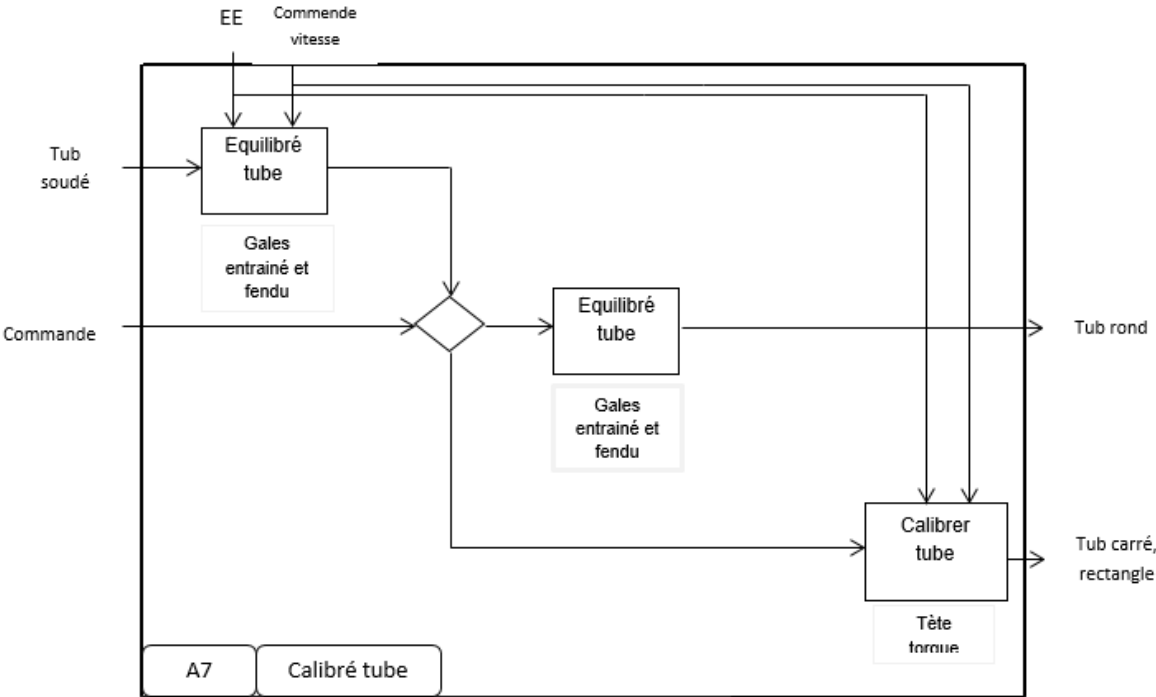
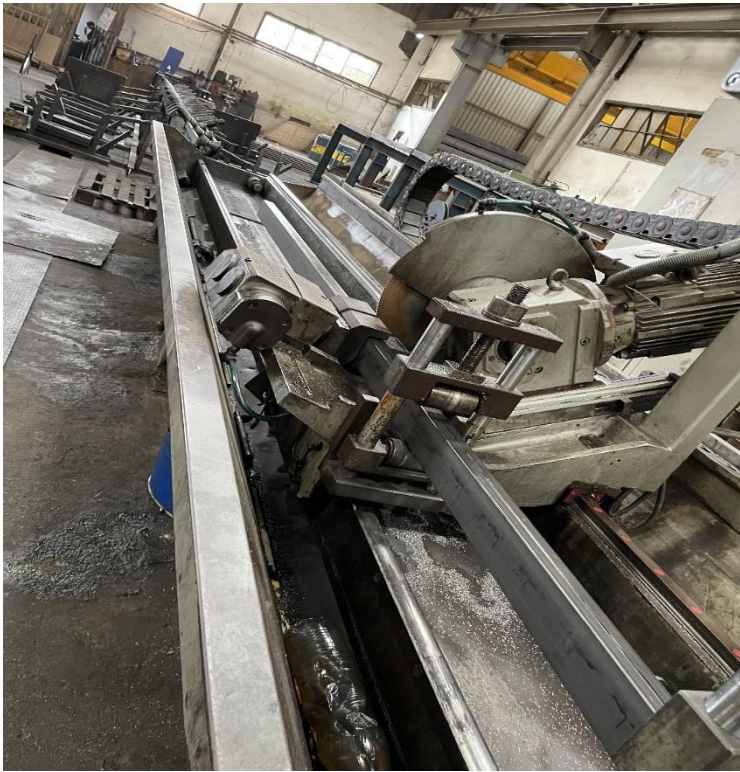
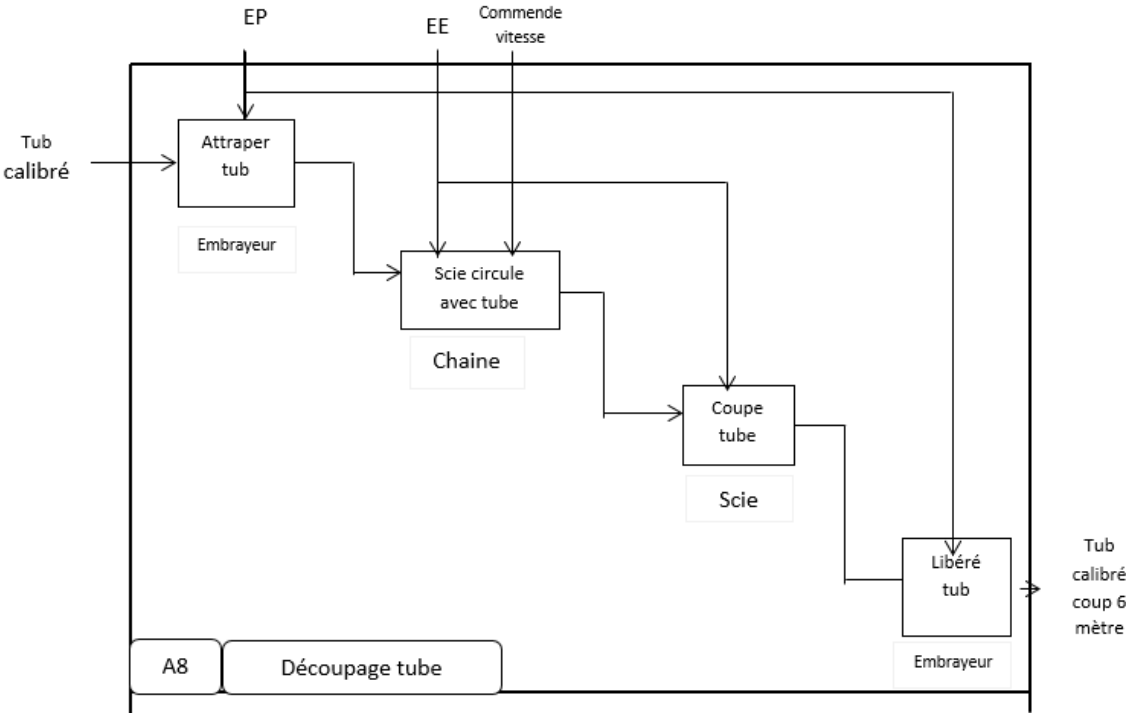


Figure II.33 : Calibreuse.

# Chapitre II : Cas pratique et diagnostic



**Figure II.34 :** Table de coupe.

# Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

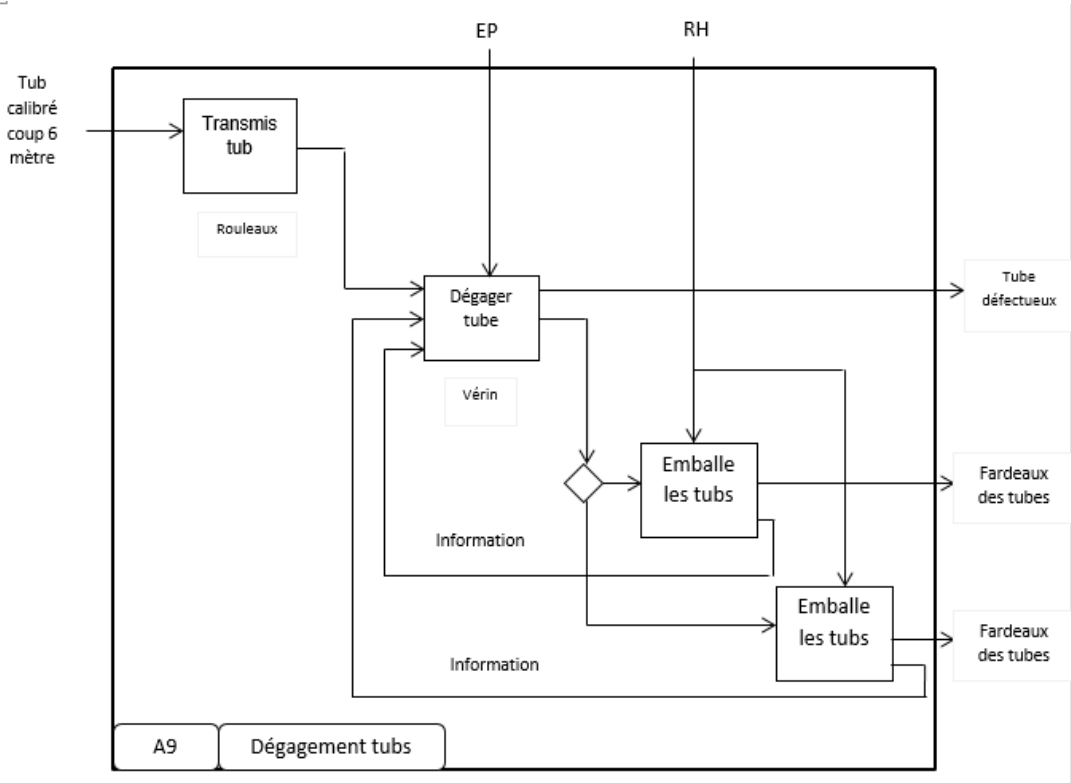


Figure II.35 : Table de dégageement.

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

De l'analyse SADT, on voit bien que les lignes de production de tubes sont de type systèmes à flux continu, c'est-à-dire que l'attente entre deux postes est exclue. On déduit que le gaspillage en terme de temps qui nous avons constaté dans la VSM est dû à cause des arrêts ou pertes de performance des lignes de production.

Pour pousser plus loin notre analyse, on utilise l'indicateur de performance TRS, qu'on applique sur les cinq lignes.

### II.2.4. Indicateur de performance TRS

Le TRS est un indicateur composite, il se compose de trois taux : taux de disponibilité, taux de performance et taux de qualité.

$$\text{TRS} = \tau_D \times \tau_P \times \tau_Q \quad \text{II.1}$$

**Tableau II.1 :** Le calcul des trois composants du TRS.

Catégorie	Méthode de calcul
Taux de disponibilité $\tau_D$	$T_D = T_f / T_R$
Taux de performance $\tau_P$	$T_P = T_n / T_f$
Taux de qualité $\tau_Q$	$T_Q = T_U / T_n$

**Tableau II.2 :** Les données de calcul de TRS..

Catégorie	Méthode de calcul
Temps requis $T_R$	$T_O - T_{\text{arrêt prévu}}$
Temps de fonctionnement $T_f$	$T_R - T_{\text{arrêt}}$
Temps utile $T_U$	$T_N - T_{\text{nos qualite}}$

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

Tableau II.3 : Les temps d'état d'un moyen de production

La décomposition des temps de travail	Signification
Temps total $T_t$	Le temps global qui va être utilisé pour les machines ; il est généralement 24h
Temps d'ouverture $T_o$	Le temps de travail de l'atelier
Temps d'arrêt prévu $T_{\text{arrêt prévu}}$	Le temps d'arrêt prévu comprend tous les événements pendant lesquels aucune production ne peut être planifiée (pause, maintenance préventive, etc.) et les périodes où rien n'est à produire.
temps requis $T_R$	Le temps de travail de machine duquel on déduit les arrêts programmés, pauses, réunions, et la sous charge préventive
Temps d'arrêt $T_{\text{arrêt}}$	Partie du temps requis qui se décompose en temps d'arrêt propre liée aux moyens de production (panne, réglage, contrôle, etc.) et en temps d'arrêt induit liées aux causes externes (exemple : manque matière).
temps de fonctionnement $T_f$	Le temps requis duquel on a déduit les temps d'arrêts, pannes et réglages
Temps net $T_N$	Le temps utilisé pour réaliser la production de pièces
temps utile $T_U$	Le temps net moins le temps utilisé lors de la production de pièces défectueuses

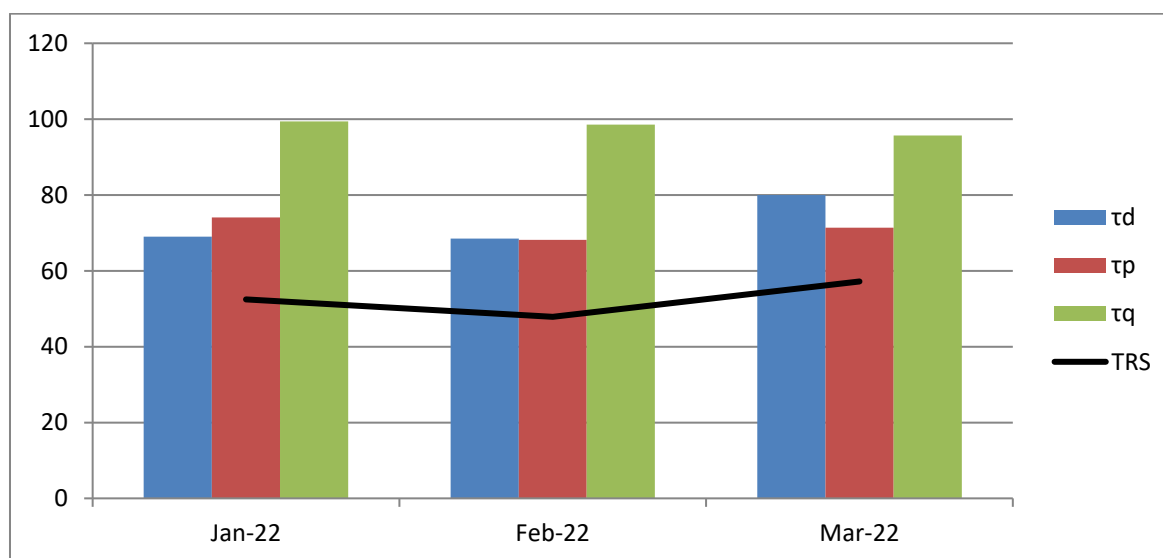
Nous avons calculé le TRS pour le premier trimestre de l'année 2022 afin d'évaluer la performance des cinq linges :

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

- TRS la ligne P1

**Tableau II.4 :** Tableau des données du TRS de la ligne P1.

Catégories	Les données	Janvier 2022	Fevrier 2022	Mars 2022
Taux de disponibilité	$T_f$ h	135.34	158.17	156.75
	$T_R$ h	190.5	222	193
	$\tau_D$	71.23%	71.24%	81.21%
Taux de performance	$T_n$ h	100.29	107.82	111.92
	$T_f$ h	135.34	158.17	156.75
	$\tau_P$	74.1%	68.16%	71.40%
Taux de qualité	$T_U$ h	99.25	106.3	110.40
	$T_n$ h	100.29	107.82	111.92
	$\tau_Q$	99.39%	98.59%	98.64%
	<b>TRS</b>	52.45%	47.87%	57.19%



**Figure II.36 :** Représentation graphique tableaux de bord de la ligne P1.

D'après les résultats du TRS pour les trois périodes concernant la ligne P1, les valeurs trouvées sont plutôt faibles à cause des taux de disponibilité et de performance. Le premier taux est faible

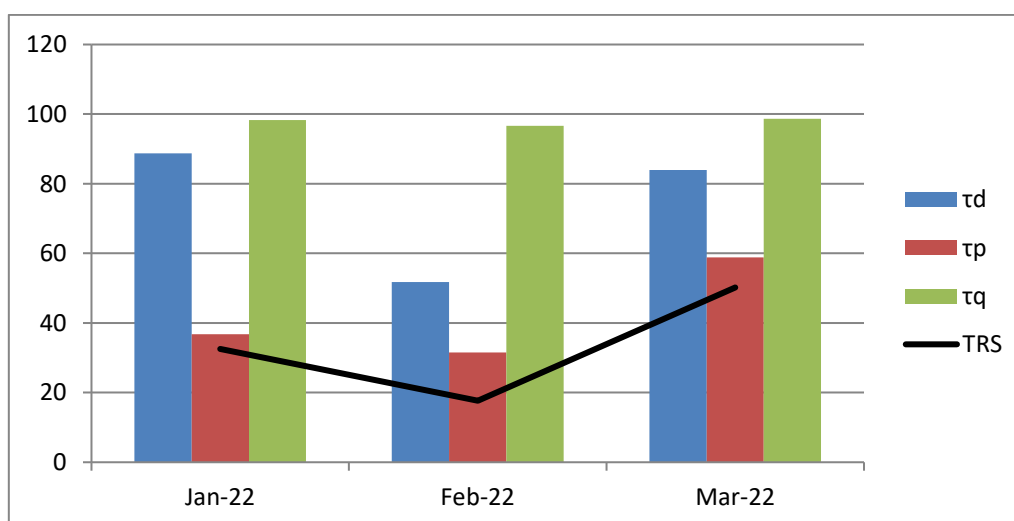
## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

en raison des arrêts non programmés, alors que le second est faible en raison des pertes de cadence et la vitesse de la ligne. Le taux de qualité est plutôt bon.

- TRS La ligne p120

**Tableau II.5 :** Tableau des données du TRS de la ligne P120.

Catégories	Les données	Janvier 2022	Fevrier 2022	Mars 2022
Taux de disponibilité	$T_f$ h	110.75	45	109.5
	$T_R$ h	124	75	121.5
	$\tau_D$	89.31%	60%	90.12%
Taux de performance	$T_n$ h	41.05	13.72	61.81
	$T_f$ h	110.75	45	109.5
	$\tau_P$	37.06%	30.48%	56.44%
Taux de qualité	$T_U$ h	40.33	13.26	61.01
	$T_n$ h	41.05	13.72	61.81
	$\tau_Q$	98.26%	96.64%	98.70%
<b>TRS</b>		32.52 %	17.67%	50.20%



**Figure II.37 :** Représentation graphique de bord de la ligne P120

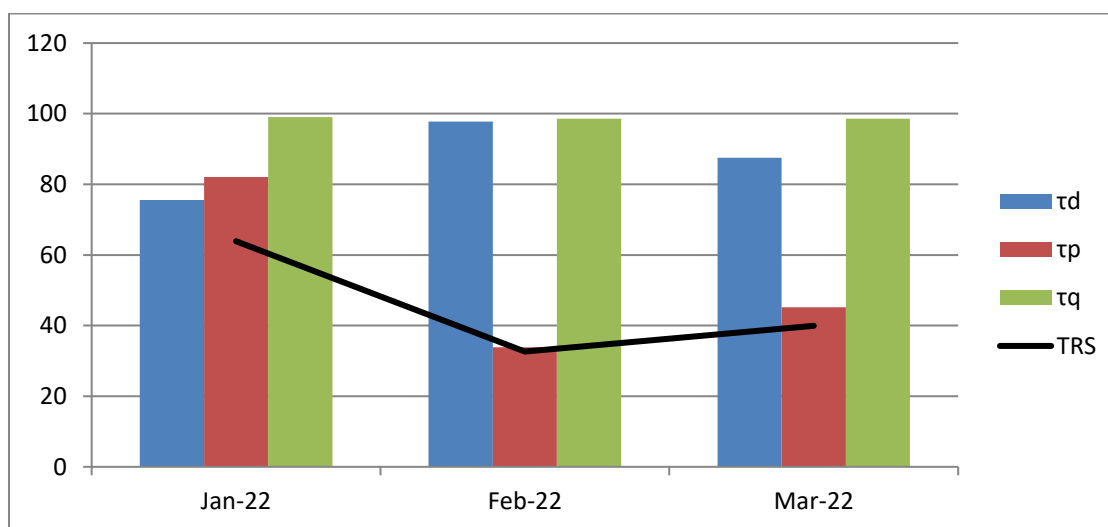
## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

Concernant la ligne P120, les résultats du TRS montrent que pour les deux premiers mois des valeurs très faibles à cause du taux de performance qui est très faible en raison des pertes de cadence et la vitesse de la ligne, alors que le taux de disponibilité est faible en raison des arrêts non programmés. Le taux de qualité est légèrement faible.

- **TRS La ligne P200**

**Tableau II.6 :** tableau des données du TRS de la ligne p200

Catégories	Les données	Janvier 2022	Février 2022	Mars 2022
Taux de disponibilité	$T_f$ h	79.34	212.09	147
	$T_R$ h	101	216.5	164
	$\tau_D$	78.55%	97.96%	89.63%
Taux de performance	$T_n$ h	65.16	71.91	66.43
	$T_f$ h	79.34	212.09	147
	$\tau_P$	82.12%	33.90%	45.19%
Taux de qualité	$T_U$ h	64.54	70.88	65.53
	$T_n$ h	65.16	71.91	66.43
	$\tau_Q$	99.04%	98.56%	98.6%
	<b>TRS</b>	63.88%	32.64%	39.93%



**Figure II.38 :** Représentation graphique de bord de la ligne P200

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

Les résultats de TRS pour les périodes concernant la ligne P200 sont vraiment faibles surtout pour les deux derniers mois à cause du taux de performance qui est faible, même si le taux de disponibilité est un peu acceptable, et le taux de qualité acceptable.

- TRS La ligne P280

Tableau II.7 : Tableau des données du TRS de la ligne P280

Catégories	Les données	Janvier 2022	Février 2022	Mars 2022
Taux de disponibilité	$T_f$ h	109.17	147.84	191.84
	$T_R$ h	127.5	166.5	207
	$\tau_D$	85.62%	88.79%	92.50%
Taux de performance	$T_n$ h	31.54	66.78	51.85
	$T_f$ h	109.17	147.84	191.84
	$\tau_P$	28.89%	45.17%	27.02%
Taux de qualité	$T_U$ h	31.22	66.46	51.44
	$T_n$ h	31.54	66.78	51.85
	$\tau_Q$	98.98%	99.52%	99.20%
	<b>TRS</b>	24.46%	39.91%	24.49%

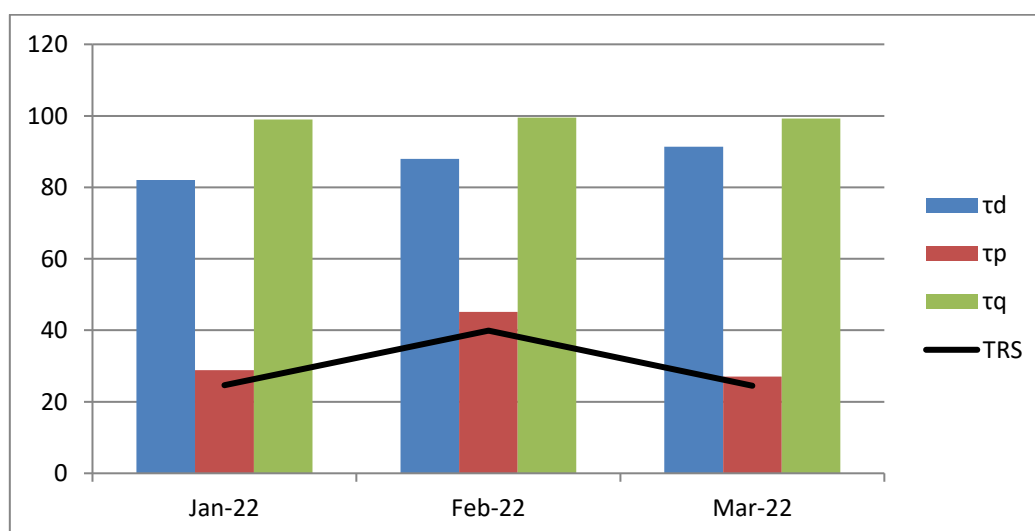


Figure II.39 : Représentation graphique de bord de la ligne P280

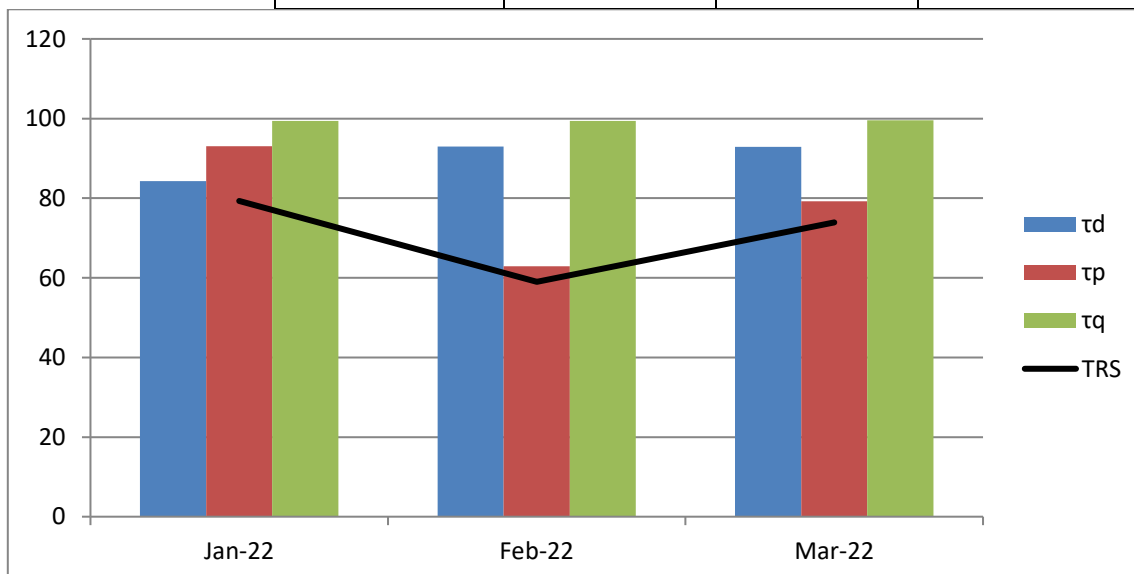
## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

Les résultats du TRS pour la ligne P280 sont inacceptables en raison du taux de performance qui est très faible cause, même si le taux de disponibilité est un peu acceptable, et le taux de qualité légèrement faible.

- **TRS La ligne P360**

**Tableau II.8 :** tableau des données du TRS de la ligne p360

Catégories	Les données	Janvier 2022	Février 2022	Mars 2022
Taux de disponibilité	$T_f$ h	123.9	253.84	247.09
	$T_R$ h	144.5	269	263.5
	$\tau_D$	85.74%	94.36%	93.77%
Taux de performance	$T_n$ h	115.31	159.69	195.65
	$T_f$ h	123.9	253.84	247.09
	$\tau_P$	93.05%	62.90%	79.18%
Taux de qualité	$T_U$ h	114.61	158.74	194.85
	$T_n$ h	115.31	159.69	195.65
	$\tau_Q$	99.4%	99.4%	99.59%
	<b>TRS</b>	79.30%	58.99%	73.94%



**Figure II.40 :** Représentation graphique de bord de la ligne P360

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

---

Les résultats de TRS pour la ligne P360 sont faibles pour le mois de février à cause du taux de performance, et un peu acceptables pour les mois de janvier et mars.

De manière générale, d'après les résultats du TRS, on peut conclure que les performances des lignes ne sont pas sous contrôle.

- Le taux de disponibilité est faible cause des arrêts non programmés. Dans la majorité de ces arrêts, les causes sont dues à des arrêts de réglage ou de maintenance.
- Le taux de performance est faible à cause de la vitesse des lignes qui sont volontairement réglés à des vitesses basses pour éviter les arrêts de la maintenance.
- Donc les problèmes qui affectent les performances des lignes sont les arrêts de réglage et de maintenance.

Pour classifier les problèmes des arrêts qui affectent la productivité des lignes, on a utilisé la méthode Pareto (ABC) sur les cinq lignes en donnant une référence pour chaque poste de la ligne, et en regroupant tous les problèmes des postes pour voir quels sont les postes critiques.

### ❖ Référence des post

**Tableau II.9 : Référence des post des lignes**

Le poste	Référence
Derloure	A
Table de soudage	B
Accumulateur	C
Formeuse	D
Soudeuse	E
Bassin	F
Calibreuse	G
Table de coup	H
Table de dégagement	I

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

### II.2.5 classification des arrêts par méthode Pareto (ABC)

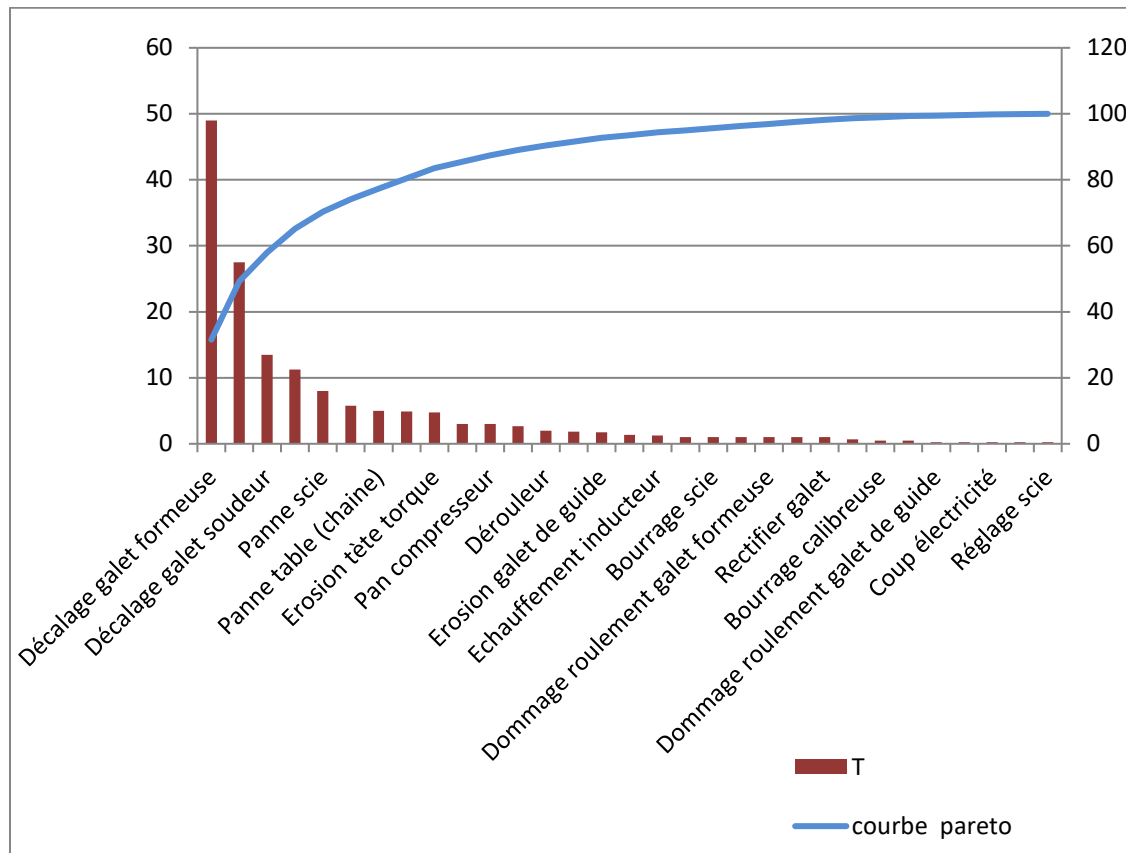
- La ligne P1

**Tableau II.10** : Classification Pourcentage cumulé de temps des arrêts de la ligne P1

Arrêts	Poste	fréquence	Temps	Temps total (heure)	Temps total cumulé	Pourcentage cumulé %	La classe
Décalage galet formeuse	D	98	30min	49	49	31.56	<b>A</b>
Décalage galet calibreuse	G	55	30min	27.5	76.5	49.28	
Décalage galet soudeur	E	162	5min	13.5	90	57.97	
Décalage galet guide	E	135	5min	11.25	101.25	65.22	
Panne scie	H	2	4h	8	109.25	70.37	
Erosion galet de soudeur	E	23	15min	5.75	115	74.08	
Panne table (chaîne)	I	10	30min	5	120	77.30	
Erosion scie	H	59	5min	4.91	124.91	80.46	
Erosion tête torque	G	19	15min	4.75	129.66	83.52	
Bourrage réserve	F	3	1h	3	132.66	85.46	<b>B</b>
Pan compresseur	F	3	1h	3	135.66	87.39	
Bourrage formeuse	D	32	5min	2.66	138.32	89.10	
Dérouleur	A	1	2h	2	140.32	90.39	
Dressage tape	I	22	5min	1.83	142.15	91.57	
Erosion galet de guide	E	7	15min	1.75	143.9	92.70	
Rupture courroie	D	4	20min	1.33	145.23	93.55	
Echauffement inducteur	E	5	15min	1.25	146.48	94.36	
Dommmage roulement galet de soudeur	E	4	15min	1	147.48	95	
Bourrage scie	H	4	15min	1	148.48	95.65	
Nettoyage scie	H	4	15min	1	149.48	96.29	<b>C</b>
Dommmage roulement galet formeuse	D	4	15min	1	150.48	96.94	
Dommmage l'axe galet soudeur	E	3	20min	1	151.48	97.58	
Rectifier galet	D	2	30min	1	152.48	98.22	
Freinage dans ligne		8	5min	0.66	153.14	98.65	
Bourrage calibreuse	G	2	15min	0.5	153.64	98.97	
Pan chariot de table	I	1	30min	0.5	154.14	99.29	
Dommmage roulement galet de guide	E	1	15min	0.25	154.39	99.45	
huile scie	H	1	15min	0.25	154.64	99.61	
Coup électricité		1	15min	0.25	154.89	99.78	
Dommmage boulon galet de soudeur	E	3	5min	0.25	155.14	99.94	

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

Réglage scie	H	1	5min	0.083	155.23	100	
--------------	---	---	------	-------	--------	-----	--



**Figure II.41 :** Courbe Pareto de temps des arrêts de la ligne P1

Dans la classe A, les décalages des galets de formeuse, calibreuse, soudeur et galet de guide représentent 65% de temps d'arrêt. Ce sont des arrêts de réglage, les autres arrêts de la classe A sont liés à des problèmes de maintenance.

- **Les postes critère**

**Tableau II.11 :** Classification Pourcentage cumulé de temps du poste de la ligne P1

Poste	Temps total (heure)	Temps total cumulé	Pourcentage cumulé %
Formeuse	54.99	54.99	35.63
Soudeuse	36	90.99	58.96
Calibreuse	32.75	123.74	80.14
Scie	15.243	138.983	90.06
table de dégagement	7.33	146.313	94.81
Bassin	6	152.313	98.70

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

Dérouleur	2	154.313	100
Table de Soudage	0	154.313	100
L'accumulateur	0	154.313	100

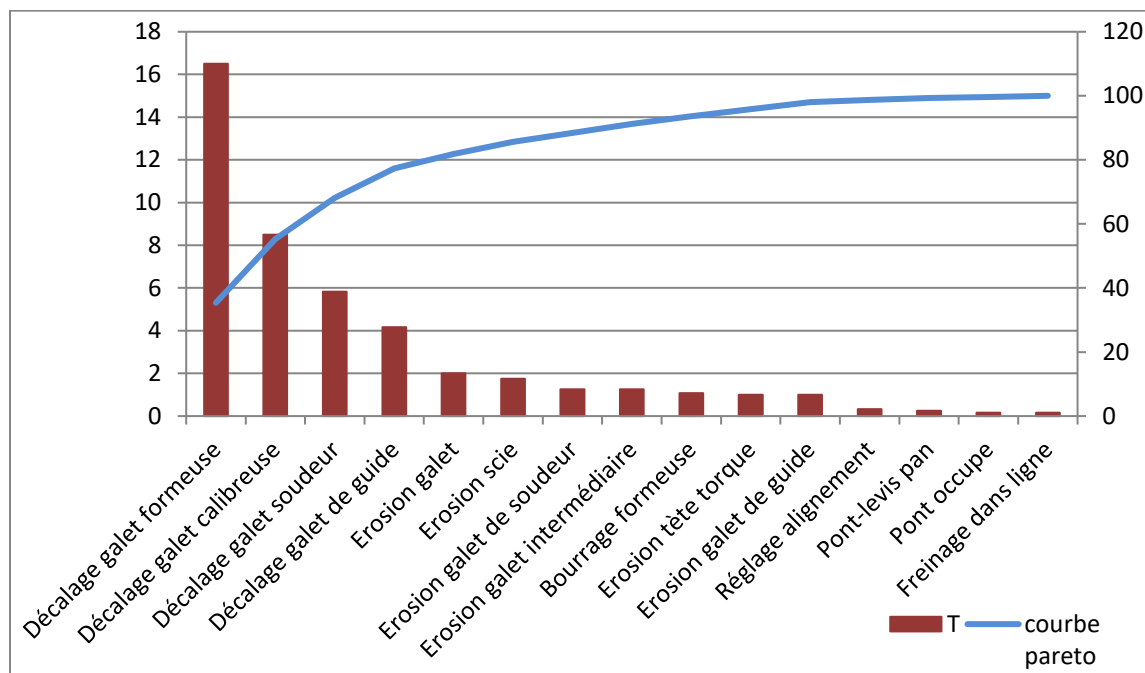
Les postes critère de la ligne P1 c'est la formeuse, soudeuse et la calibreuse ils représentent 80% de temps des arrêts

- **La ligne P120**

**Tableau II.12 :** Classification Pourcentage cumulé de temps des arrêts de la ligne P120

Arrêts	poste	fréquence	Temps	Temps total (heure)	Temps total cumulé	Pourcentage cumulé %	La class
Décalage galet formeuse	D	33	30m	16.5	16.5	35.38	A
Décalage galet calibreuse	G	17	30m	8.5	25	55.28	
Décalage galet soudeur	E	70	5m	5.83	30.83	68.17	
Décalage galet de guide	E	50	5m	4.16	34.99	77.37	
Erosion galet	D	4	30m	2	36.99	81.80	
Erosion scie	H	21	5m	1.75	38.74	85.67	B
Erosion galet de soudeur	E	5	15m	1.25	39.99	88.43	
Erosion galet intermédiaire	D	5	15m	1.25	41.24	91.19	
Bourrage formeuse	D	13	5m	1.08	42.32	93.58	
Erosion tête torque	G	4	15m	1	43.32	95.79	
Erosion galet de guide	E	4	15m	1	44.32	98	C
Réglage alignement	G	2	10m	0.33	44.65	98.73	
Pont-levis pan		1	15m	0.25	44.9	99.29	
Pont occupe		1	10m	0.16	45.06	99.64	
Freinage dans ligne		2	5m	0.16	45.22	100	

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic



**Figure II.42 :** Courbe Pareto de temps des arrêts de la ligne P120

Pour la ligne P120, dans la class A les décalages des galets de formeuse, calibreuse, soudeur et galet de guide représentent 75% de temps arrêts, qui sont des arrêts de réglage et de maintenance.

- **Les postes critère**

**Tableau II.13 :** Classification Pourcentage cumulé de temps des postes de la ligne P120

Poste	Temps total (heure)	Temps total cumulé	Pourcentage cumulé %
Formeuse	19.91	19.91	44.58
Soudeuse	13.49	33.4	74.78
Calibreuse	9.5	42.9	96.05
Scie	1.75	44.66	100
table de dégagement	0	44.66	100
Bassin	0	44.66	100
Dérouleuse	0	44.66	100
Table de Soudage	0	44.66	100
L'accumulateur	0	44.66	100

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

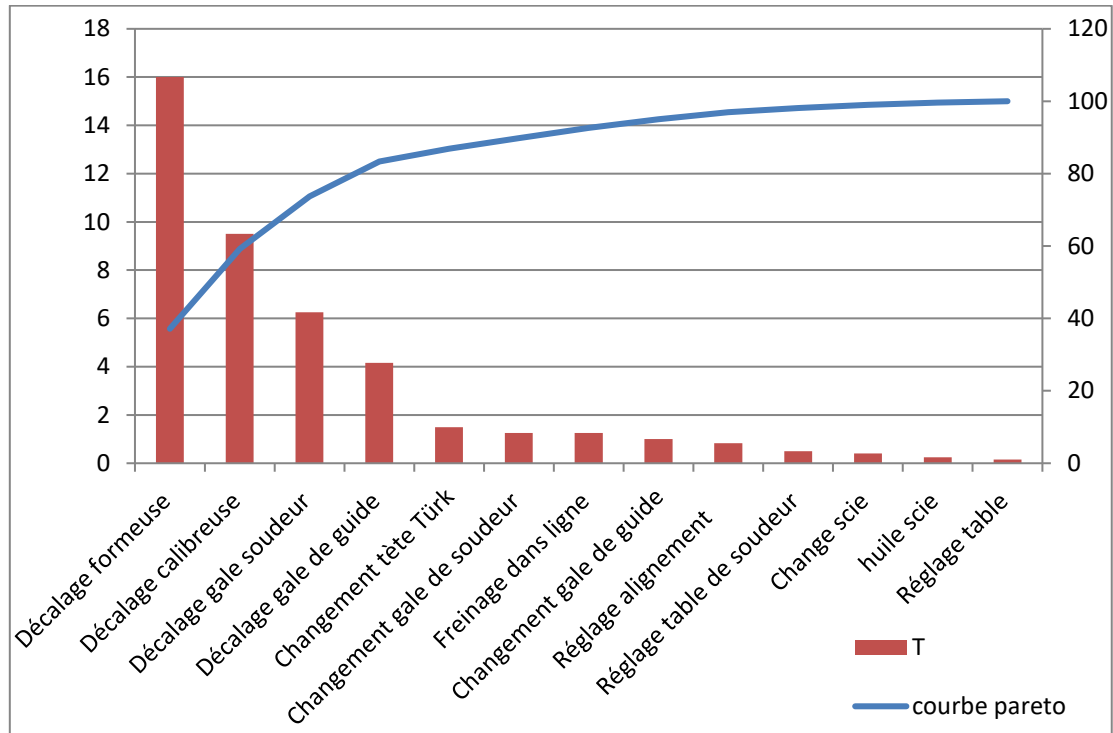
Les postes critère de la ligne P120 c'est la formeuse et la soudeuse ils représentent 75% de temps des arrêts

- **La ligne P200**

**Tableau II.14** : Classification Pourcentage cumulé de temps des arrêts de la ligne p200

Arrêts	poste	fréquence	Temps	Temps total (heure)	Temps total cumulé	Pourcentage cumulé %	La class
Décalage galet formeuse	D	32	30m	16	16	37.15	<b>A</b>
Décalage galet calibreuse	G	19	30m	9.5	25.5	59.21	
Décalage galet soudeur	E	75	5m	6.25	31.75	73.73	
Décalage galet de guide	E	50	5m	4.16	35.91	83.39	
Erosion tête torque	G	6	15	1.5	37.41	86.87	<b>B</b>
Erosion galet de soudeur	E	5	15m	1.25	38.66	89.78	
Freinage dans ligne		15	5m	1.25	39.91	92.68	
Erosion galet de guide	E	4	15m	1	40.91	95	
Réglage alignement	G	5	10m	0.83	41.74	96.93	<b>C</b>
Réglage table de soudeur	E	1	30m	0.5	42.24	98.09	
Erosion scie	H	5	5m	0.41	42.65	99.04	
huile scie	H	1	15m	0.25	42.9	99.62	
Réglage table	I	2	5m	0.16	43.06	100	

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic



**Figure II.42 :** Courbe Pareto de temps des arrêts de la ligne P200

Pour la ligne P200 dans la class A reprisent 83% de temps arrêts c'est des arrêts de réglage, les décalages des galets de formeuse, calibreuse, soudeur et galet de guide.

- **Les postes critère**

**Tableau II.15 :** Classification Pourcentage cumulé de temps des arrêts de la ligne P200

Poste	Temps total (heure)	Temps total cumulé	Pourcentage cumulé %
Formeuse	16.83	16.83	40.25
Soudeuse	12.66	29.49	70.53
Calibreuse	11	40.49	96.84
Scie	0.66	41.45	99.13
Table de Soudage	0.5	41.65	99.40
table de dégagement	0.16	41.81	100
Bassin	0	41.81	100
Dérouleur	0	41.81	100
L'accumulateur	0	41.81	100

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

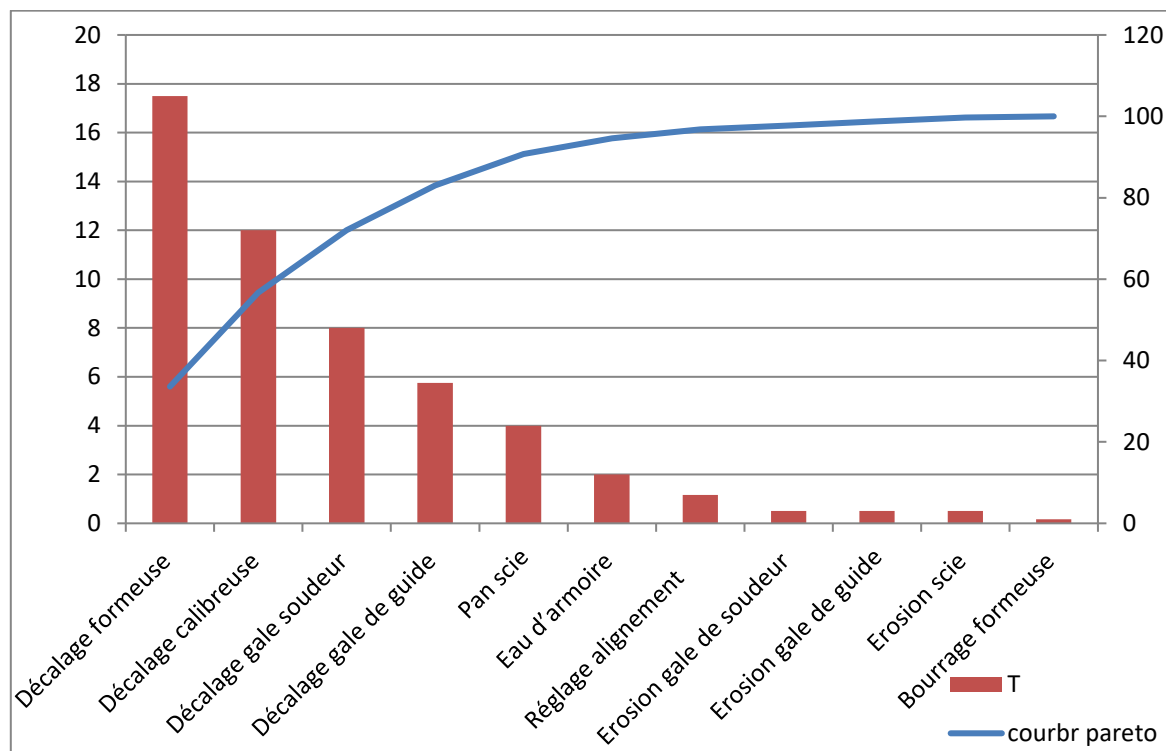
Les postes critère de la ligne P200 c'est la formeuse et la soudeuse ils représentent 70% de temps des arrêts.

- **La ligne P280**

**Tableau II.16** : Classification Pourcentage cumulé de temps des arrêts de la ligne p280

Arrêts	poste	fréquence	Temps	Temps total (heure)	Temps total cumulé	Pourcentage cumulé %	La class
Décalage galet formeuse	D	35	30m	17.5	17.5	33.60	A
Décalage galet calibreuse	G	24	30m	12	29.5	56.65	
Décalage gale soudeur	E	96	5m	8	37.5	72.01	
Décalage gale de guide	E	69	5m	5.75	43.25	83.06	
Pan scie	H	1	4h	4	47.25	90.74	B
Eau d'armoire		2	1h	2	49.25	94.58	
Réglage alignement	G	7	10m	1.16	50.41	96.81	
Erosion galet de soudeur	E	2	15m	0.5	50.91	97.77	
Erosion galet de guide	E	2	15m	0.5	51.41	98.73	C
Erosion scie	H	6	5m	0.5	51.91	99.69	
Bourrage formeuse	D	2	5m	0.16	52.07	100	

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic



**Figure II.43 :** Courbe Pareto de temps des arrêts de la ligne P280

Pour la ligne P280 dans la class A représentent 83% de temps arrêts c'est des arrêts de réglage, les décalages des galets de formeuse, calibreuse, soudeur et galet de guide.

- **Les postes critère**

**Tableau II.17 :** Classification Pourcentage cumulé de temps des postes de la ligne P280

poste	Temps total (heure)	Temps total cumulé	Pourcentage cumulé %
Formeuse	18.82	18.82	37.58
Soudeuse	14.75	33.57	67.04
Calibreuse	12	45.57	91.01
Scie	4.5	50.07	100
table de dégagement	0	50.07	100
Bassin	0	50.07	100
Dérouleur	0	50.07	100
Table de Soudage	0	50.07	100
L'accumulateur	0	50.07	100

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

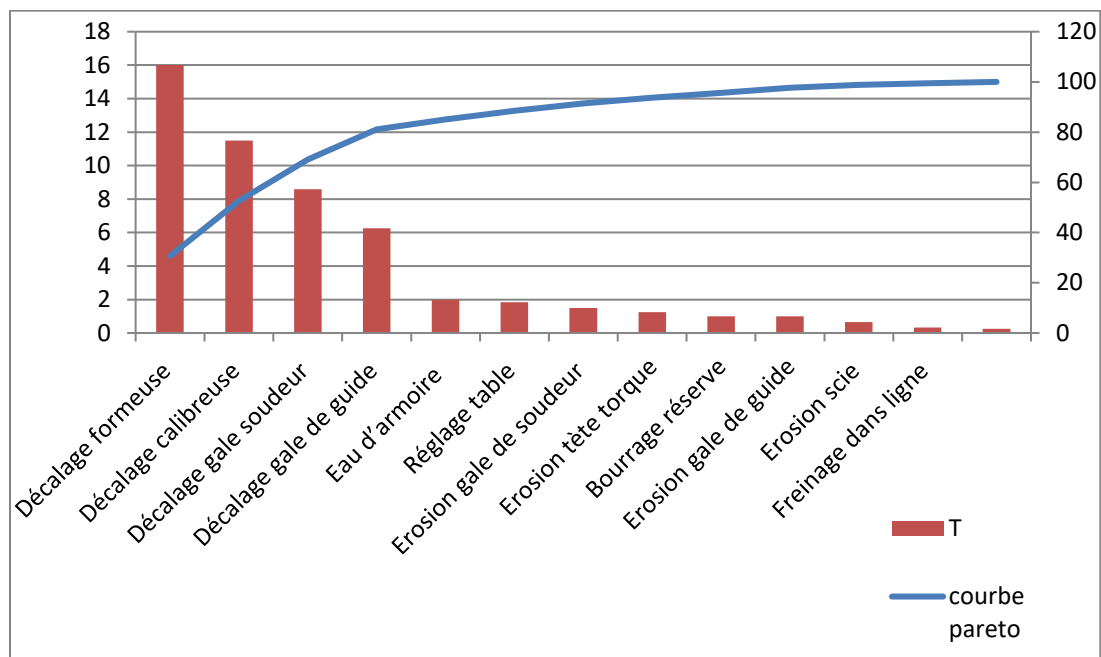
Les postes critère du linge P280 c'est la formeuse et la soudeuse ils représentent 67% de temps des arrêts

- **La ligne P360**

**Tableau II.18** : Classification Pourcentage cumulé de temps des arrêts de la ligne p360

Arrêts	poste	fréquence	Temps	Temps total (heure)	Temps total cumulé	Pourcentage cumulé %	La class
Décalage galet formeuse	D	32	30m	16	16	30.68	A
Décalage galet calibreuse	G	23	30m	11.5	27.5	52.73	
Décalage galet soudeur	E	103	5m	8.58	36.08	69.18	
Décalage galet de guide	E	75	5m	6.25	42.33	81.16	
Eau d'armoire		2	1h	2	44.33	85	B
Réglage table	I	11	10m	1.83	46.16	88.51	
Erosion galet de soudeur	E	6	15m	1.5	47.66	91.39	
Erosion tête torque	G	5	15m	1.25	48.91	93.78	
Bourrage réserve	F	1	1h	1	49.91	95.70	
Erosion galet de guide	E	4	15m	1	50.91	97.62	
Erosion scie	H	8	5m	0.66	51.57	98.88	
Freinage dans ligne		4	5m	0.33	51.9	99.52	C
Echauffement d'inducteur	E	1	15m	0.25	52.15	100	

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic



**Figure II.45 :** Classification Pourcentage cumulé de temps des arrêts de la ligne P360

Pour la ligne P360, la class A représenté 81% de temps arrêts pour le réglage, les décalages des galets de formeuse, calibreuse, soudeur et galet de guide.

- **Les postes critère**

**Tableau II.19 :** Classification Pourcentage cumulé de temps des postes de la ligne P360

poste	Temps total (heure)	Temps total cumulé	Pourcentage cumulé %
Soudeuse	17.58	17.58	35.28
Formeuse	16	33.58	67.40
Calibreuse	12.75	46.33	92.99
table de dégagement	1.83	48.16	96.66
Bassin	1	49.16	98.67
Scie	0.66	49.82	100
Dérouleur	0	49.82	100
Table de Soudage	0	49.82	100
L'accumulateur	0	49.82	100

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

---

Les postes critère de la ligne P360 c'est la formeuse et la soudeuse ils représentent 67% de temps des arrêts.

### Conclusion

Pour les cinq lignes, les problèmes communs qui affectent plus la productivité sont des problèmes de réglage représentés par le décalage galets formeuse, décalage galets calibreuse, décalage galet soudeur et décalage gale de guide.

D'après les courbe Pareto de chaque linge, on remarque que les mêmes problèmes se répètent presque, avec le même pourcentage cumulé et les mêmes postes critiques, la différence réside dans la variété des temps.

Dans le cadre de notre travail, nous avons décidé de pousser plus loin notre étude sur la ligne P1 qui enregistre le temps d'arrêt le plus long.

### II.2.6. Analyse la ligne p1

D'après les résultats trouvés, sur les postes critiques de la ligne P1, on a 80% des arrêts qui sont aux niveaux de la formeuse, de la soudeuse et de la calibreuse. Ce sont ces trois postes qui affectent la productivité de la ligne P1, et qui veut dire que ces trois postes manque de fiabilité. Pour bien valider notre constat, on a calculé le MTTR (moyen temps de réparation) et le MTBF (moyen de temps entre de panne) qui sont des indicateurs de fiabilité.

#### II.2.6.1. Calcul de MTTR

Le MTTR est un indicateur qui représente le temps moyen nécessaire pour réparer et rétablir la fonctionnalité d'un composant ou d'un système. Le MTTR renseigne sur la maintenabilité du poste. Plus le temps de réparation est long et plus que le poste n'est pas maintenable.

Le MTTR il est calcules comme suite :

$$MTTR = \frac{\sum \text{temps de reparation}}{\text{nombre de reparations}} \quad (\text{II.2})$$

**Tableau II.20 : MTTR des postes critères**

Le post	MTTR (heure)
Formeuse	0.4
Soudeuse	0.1
Calibreuse	0.44

D'après les résultats trouvés, on remarque que la soudeuse est plus maintenable par rapport aux deux autres postes qui ont des résultats presque proches.

### II.2.6.2 Calcul de MTBF

Le MTBF renseigne si le poste est rentable ou pas. Plus le temps entre deux pannes est court et plus le poste n'est pas rentable.

Le MTBF se calcule comme suit :

$$MTBF = \frac{\sum \text{temps entre deux pannes}}{\text{nombre de période entre deux pannes}} \quad (\text{II.3})$$

**Tableau II.21 : MTBF des postes critères**

Le post	MTBF (heure)
Formeuse	4.42
Soudeuse	1.67
Calibreuse	7.54

D'après les valeurs trouvées, la Calibreuse est la plus rentable, puis vient la Formeuse, la Soudeuse qui enregistre un arrêt de 6 minute chaque 1.67 heure.

II.2.6.3 Calcul la disponibilité

$$D = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (II.4)$$

Tableau II.22 : La disponibilité des postes critères

Le post	D %
Formeuse	91%
Soudeuse	93%
Calibreuse	94%

D’après les résultats, les postes sont disponibles à plus de 90%. Les chiffres sont acceptables, mais pour une ligne qui fonctionne avec un système à flux continu, si un poste n’est pas disponible, cela veut dire que toute la ligne n’est pas disponible.

Pour que la ligne soit productive, il est nécessaire d’assurer une disponibilité maximale pour les postes.

Pour assurer une disponible maximale, il faut éliminer les problèmes qui causent des arrêts.

Dans ce sens, nous avons classifié les problèmes de chaque poste dans le tableau suivant :

Tableau II.23 : Les problèmes des postes critères

Poste	Formeuse	Calibreuse	Soudeuse
<b>Problème</b>	- Décalage galets formeuse	-Décalage galets calibreuse	-Décalage galet soudeur -Décalage galet de guide
	- Erosion galet	-Erosion tête torque	- Erosion galet de soudeur - Erosion galet de guide
	-Dommage au roulement galet		-Dommage au roulement galet de guide -Dommage au roulement galet de soudeur

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

			-Dommage au l'axe gale soudeur
	-Bourrage formeuse	-Bourrage calibreuse	
	-Rupture courroie		
			-Echauffement d'inducteur

D'après le tableau, on remarque que y'a deux problèmes qui se répètent dans les trois postes. Ce sont des problèmes de décalage et d'érosion des galets. Le dommage au roulement se répète dans la formeuse et la soudeuse, et le problème de bourrage se répète dans la formeuse et la calibreuse.

Finalement, on compte 6 problèmes qui affectent la productivité de la ligne. Afin d'identifier les causes de ces problèmes, nous avons établi le Diagramme d'Ishikawa (cause effet).

### II.2.6.4 Diagramme d'Ishikawa

- **Problème de décalage galets**

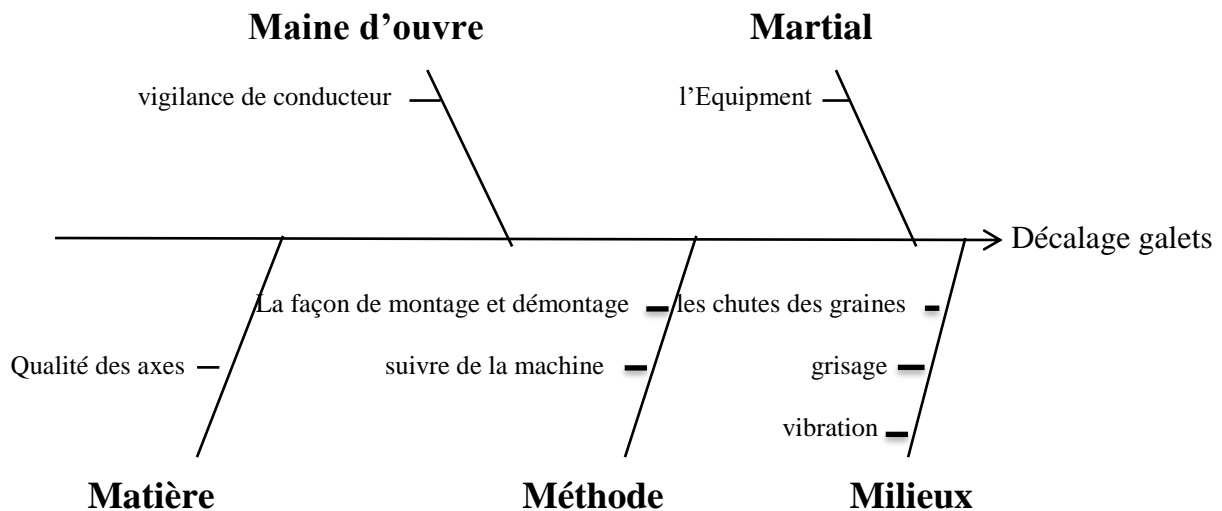


Figure II.46 : Diagramme Cause décalage galets

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

- Problème Erosion galets et tête torque

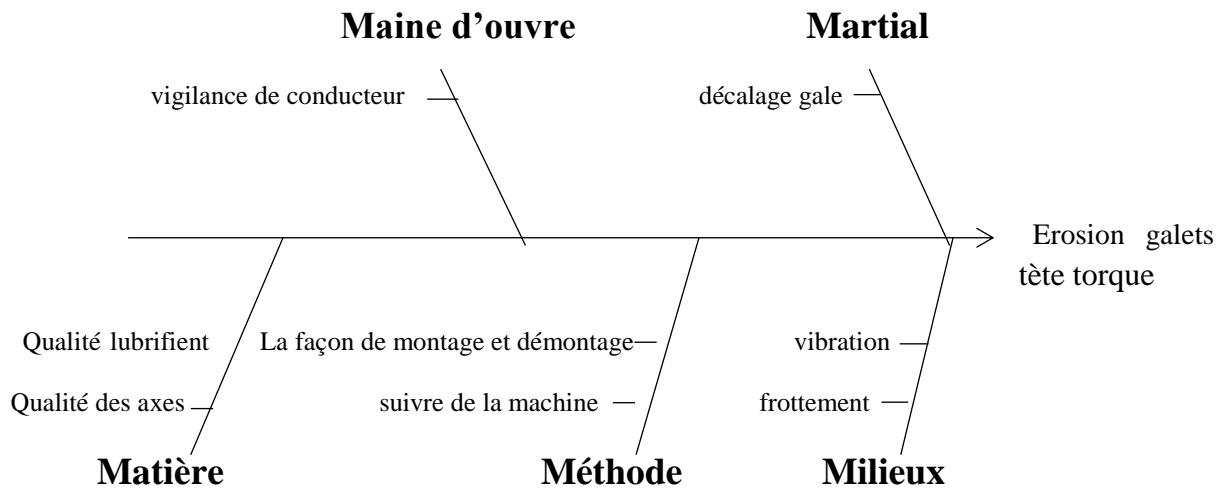


Figure II.47 : Diagramme Cause Erosion galets et tête torque

- Problème Dommage au roulement et l'axe

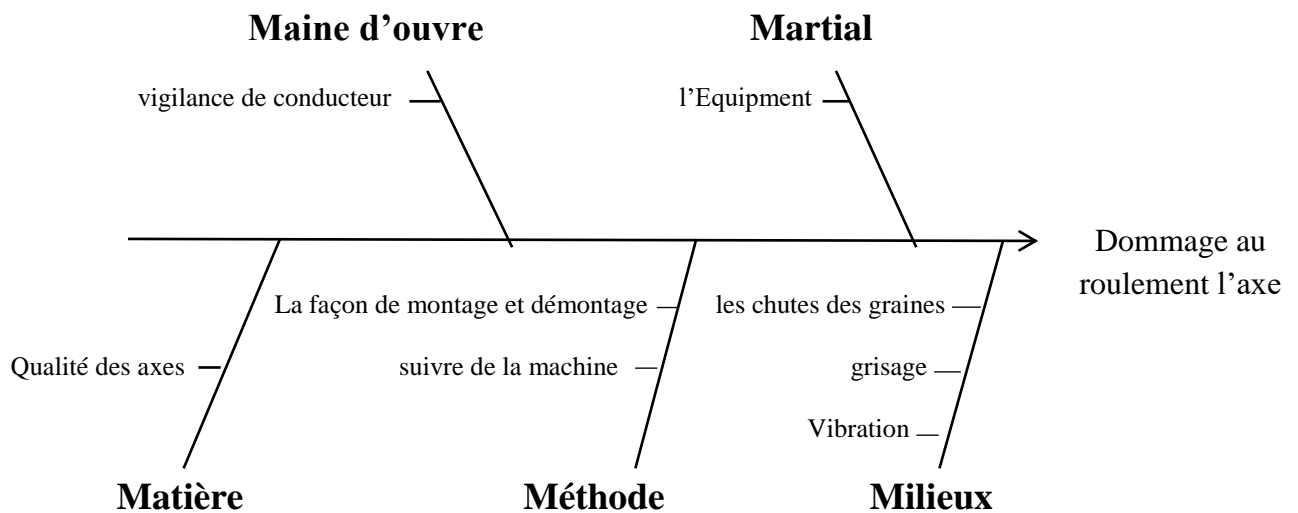


Figure II.48 : Diagramme Cause Dommage au roulement et l'axe

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

- **Problème Bourrage formeuse et calibreuse**

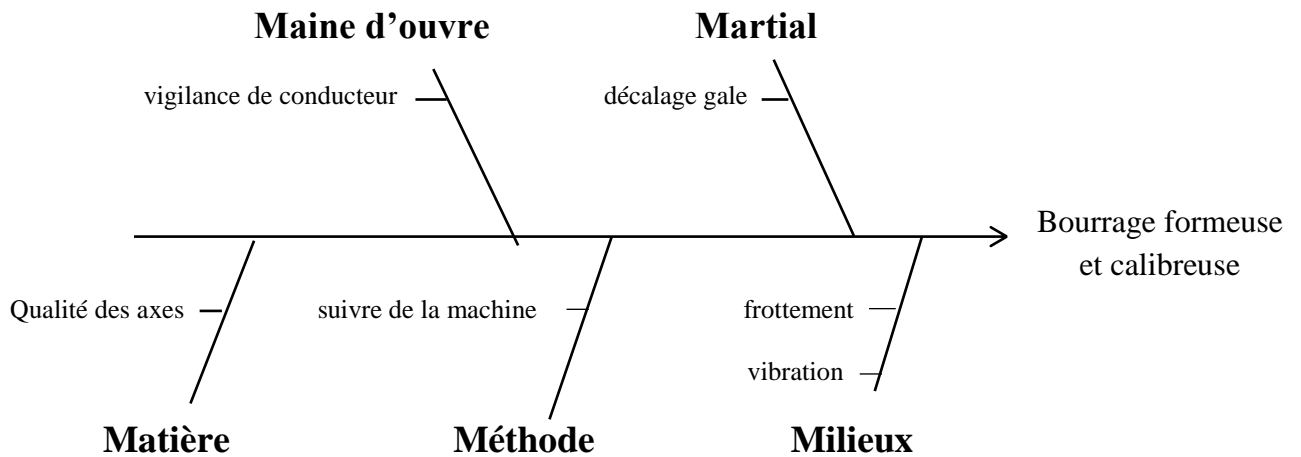


Figure II.49 : Diagramme Cause Bourrage formeuse et calibreuse

- **Problème Rupture courroie**

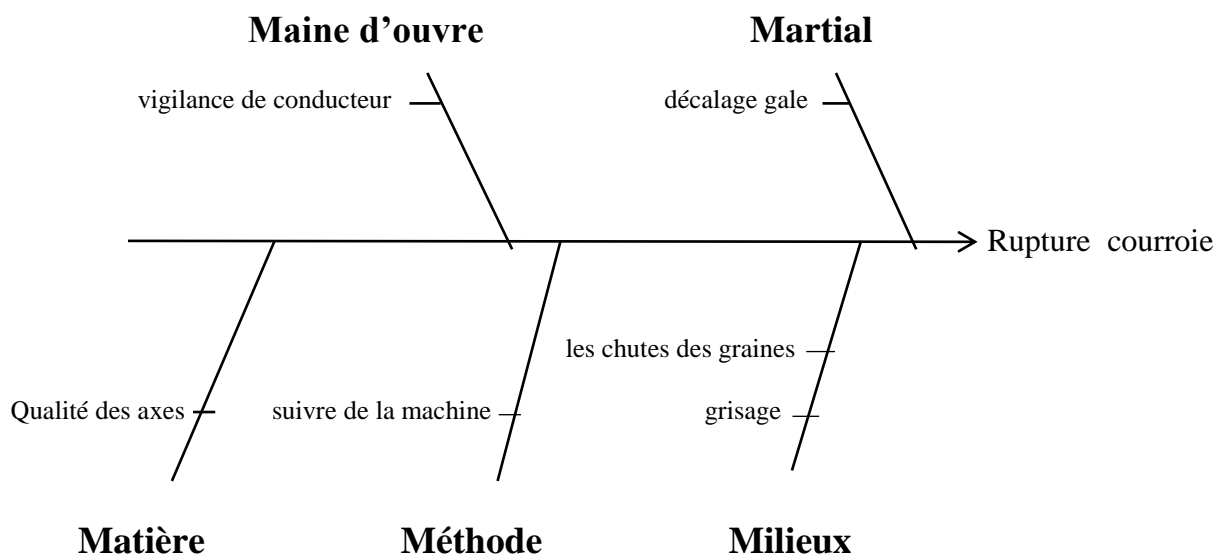
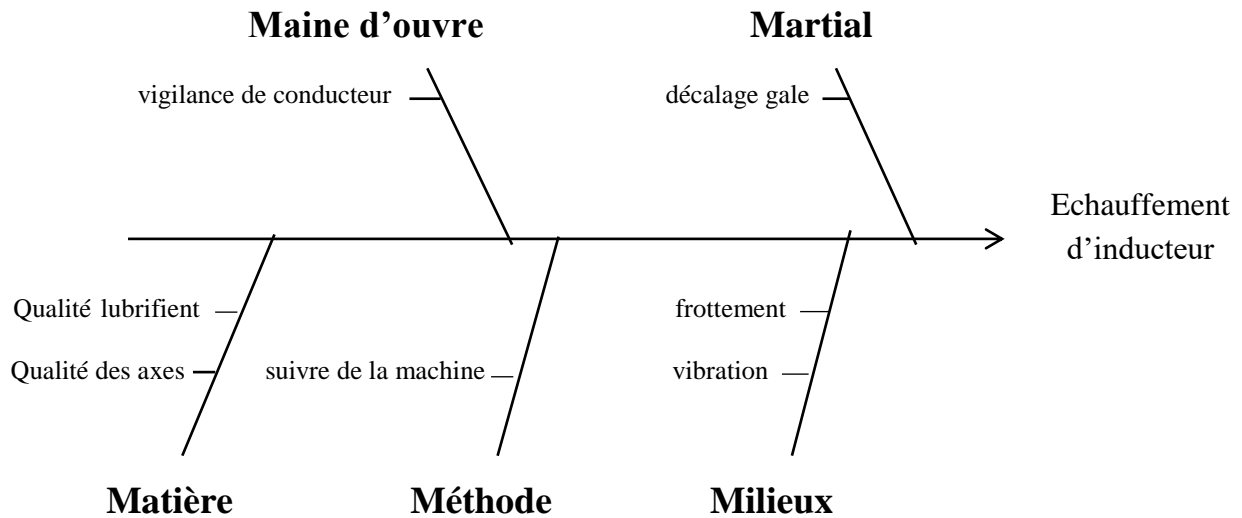


Figure II.50 : Diagramme Cause Rupture courroie

## Chapitre II : Cas pratique et diagnostic

- **Problème Echauffement d'inducteur**



**Figure II.51** : Diagramme Cause Echauffement d'inducteur

À partir des diagrammes d'Ishikawa, nous avons défini toutes les causes pour les 6 problèmes que nous avons identifiés. L'étape suivante consiste à proposer des améliorations pour diminuer ou éradiquer définitivement ces problèmes.

### Conclusion

À l'issu du diagnostic réalisé au sein de NATRA tube, avec comme objet d'améliorer la productivité, nous avons identifié les problèmes qui affectent la productivité, qui sont des problèmes liés à la maintenue des lignes production.

# **Chapitre III :**

# **Contribution à**

# **l'amélioration**

## Introduction

Suite à la problématique posée dans le chapitre précédent, nous proposons dans ce qui suit d'apporter une contribution pour amélioration de la performance de la ligne production P1. Dans le but de proposer des solutions aux problèmes qui nous avons identifiés, nous adoptons la démarche AMDEC afin d'éliminer ces problèmes.

### III.1 Démarche de l'AMDEC

Pour l'élaboration de l'AMDEC, nous avons consulté le chef de production ainsi que l'équipe technique de la maintenance afin de définir les niveaux de criticité, et travailler sur les Indices de Fréquence, Gravité et non-détection.

La décision qui s'est dégagée est de travailler sur 4 niveaux de criticité, en définissant les propriétés de chaque indice.

#### III.1.2 Évaluation de la criticité

- **Indice de Fréquence F :**

Il représente la probabilité que la cause de défaillance apparaisse et qu'elle entraîne le mode Potentiel de défaillance considéré.

**Tableau III.1 :** Niveaux de fréquence et leurs définitions

Niveau de fréquence	Indice	Définition
Fréquence très faible	1	1 défaillance maxi par trimestre
Fréquence faible	2	1 défaillance maxi par trimestre
Fréquence moyenne	3	1 défaillance maxi par semaine
Fréquence forte	4	Plus de 1 défaillance par jour

- **Indice de Gravité G :**

Il représente la durée de temps qui provoque l'arrêt de la production.

**Tableau III.2 :** Niveaux de gravité et leurs définitions

Niveau de gravité	Indice	Définition
Gravité très faible	1	Sous influence Pas d'arrêt de la production
Gravité faible	2	Peut critique Arrêt $\leq$ 1 heure
Gravité moyenne	3	Critique 1 heure $\leq$ arrêt $\leq$ 1 jour
Gravité forte	4	Très critique Arrêt $>$ 1 jour

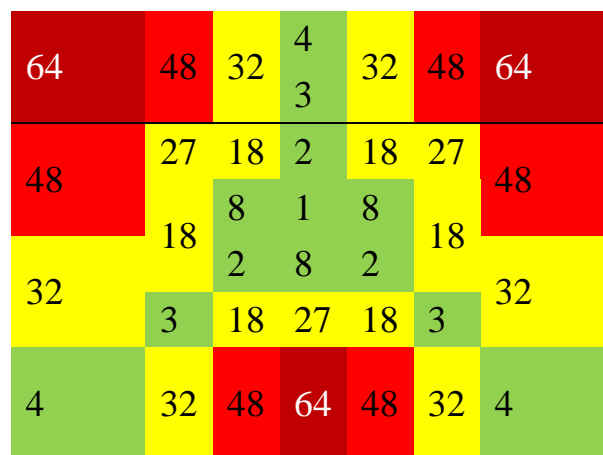
- **Indice de Non-Détection D :**

C'est la probabilité que la cause de mode de défaillance ne soit détectée au préalable.

**Tableau III.3 :** Niveaux de probabilité de non détection et leurs définitions

Niveau de gravité	Indice	Définition
Détection évidente	1	Visite par opérateur
Détection possible	2	Détection aisée par un agent de maintenance
Détection improbable	3	Détection difficile
Détection impossible	4	Indécelable

- **la matrice de criticité**



**Figure III.1 :** la matrice de criticité

- **Cotation de criticité**

**Tableau III.4 : Niveaux de criticité et leurs définitions**

<b>Niveau de criticité</b>	<b>Définition</b>
$1 \leq C < 8$ criticité négligeable	Aucune modification Maintenance corrective
$8 \leq C < 32$ criticité moyenne	Amélioration Maintenance préventive systématique
$32 \leq C < 48$ criticité élevée	Surveillance particulière Maintenance préventive conditionnelle
$48 \leq C < 64$ criticité interdite	Remise en cause complète de l'équipement

Après l'élaboration de la démarche AMDEC, une analyse d'évaluation des risques était effectuée pour toutes les défaillances précédemment identifiées. L'évaluation des risques potentiels se traduit par le calcul de la Criticité, à partir les indices de Gravité, de Fréquence et de non-Détection.

La criticité permet de noter l'importance du risque engendré par chaque cause de défaillance, l'indice de Criticité est calculé pour chaque cause de défaillance, en effectuant le produit de trois indices F, G, D

$$C = F \times G \times D \quad \text{(III.1)}$$

**Tableau III.5 : Tableau AMDEC**

<b>Mode de défaillance</b>	<b>Cause</b>	<b>Effets</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>Action</b>
<b>Décalage galet</b>	Vigilance de conducteur	- Bourrage - produit d'effectués	1	1	1	1	- forme les conducteurs
	L'Equipment	- Erosion gale	1	1	1	1	- Entretenu les équipements
	Qualité des axes	- Dommage au roulement - Erosion gale	4	2	2	16	- Obtient des axes de haute qualité
	La façon de montage et démontage	- Perdre d'alignements	2	2	2	8	- Respecter le plan de contracture
	Suivre de la machine	- Bourrage - Perdre d'alignements	2	1	2	4	- Mise un repère d'alignements des gales
	Les chutes des graines	- Erosion gale	1	1	1	1	- Garde le propre de la machine
	Grisage	- Dommage au roulement - Dommage aux axes	1	1	2	2	- Maintenir le grisage
	Vibration	- desserrage les partes extractible de la machine - Perdre d'alignements	4	2	1	8	- Ajoute des rondelles a dents
<b>Erosion galet et tête torque</b>	Vigilance de conducteur	- Bourrage - produit d'effectués	1	1	1	1	- Forme les conducteurs
	Décalage gale	- Bourrage - produit d'effectués - Rupture courroie	4	2	1	8	- Mise des cales entre les portes gales
	Qualité des axes	-Dommage au roulement -Erosion gale	4	2	2	16	- Obtient des axes de haute qualité

	Qualité lubrifiant	- Echauffement des gales	2	1	2	4	- Nettoyé les réserves
	La façon de montage et démontage	- Perdre d'alignements	2	2	2	8	- Respecter le plan de contracture
	Suivre de la machine	- Bourrage - Perdre d'alignements	2	1	2	4	- Mise un repère d'alignements des gales
	Vibration	- desserrage les partes extractible de la machine - Perdre d'alignements	4	2	1	8	- Ajoute des rondelles a dents
	Frottement	- Echauffement des gales - Produites d'effectués	3	1	2	6	- Suivre d'alignements des gales
Dommage au roulement	Vigilance de conducteur	- Bourrage - produit d'effectués	1	1	1	1	- Forme les conducteurs
	L'Equipment	- Erosion gale	1	1	1	1	- Entretenu les équipements
	Qualité des axes	- Dommage au roulement - Erosion gale	4	2	2	16	- Obtient des axes de haute qualité
	La façon de montage et démontage	- Perdre d'alignements	2	2	2	8	- Respecter le plan de contracture
	Suivre de la machine	- Bourrage - Perdre d'alignements	2	1	2	4	- Mise un repère d'alignements des gales
	Les chutes des graines	- Erosion gale	1	1	1	1	- Garde le propre de la machine
	Grisage	- Dommage au roulement - Dommage aux axes	2	2	1	4	- Maintenir le grisage
	Vibration	- desserrage les partes extractible de la machine - Perdre d'alignements	4	2	1	8	- Ajoute des rondelles a dents

Bourrage	Vigilance de conducteur	- Bourrage - produit d'effectués	1	1	1	1	- Forme les conducteurs
	Décalage gale	-Dommage au roulement -Erosion gale	4	2	1	8	- Mise des cales entre les portes gales
	Qualité des axes	-Dommage au roulement -Erosion gale	4	2	2	16	- Obtient des axes de haute qualité
	Suivre de la machine	- Bourrage - Perdre d'alignements	2	1	2	4	- Mise un repère d'alignements des gales
	Vibration	- desserrage les parties extractible de la machine - Perdre d'alignements	4	2	1	8	- Ajoute des rondelles a dents
	Frottement	- Echauffement des gales - Produites d'effectués	3	2	1	6	- Suivre d'alignements des galets
Rupture courroie	Vigilance de conducteur	- Bourrage - produit d'effectués	1	1	1	1	- Forme les conducteurs
	Décalage gales	-Dommage au roulement - Erosion gale	4	2	1	8	- Mise des cales entre les portes gales
	Qualité des axes	-Dommage au roulement - Erosion gale	4	2	2	16	- Obtient des axes de haute qualité
	Suivre de la machine	- Bourrage - Perdre d'alignements	2	1	2	4	- Mise un repère d'alignements des gales
	Les chutes des graines	- Erosion gale	1	1	1	1	- Garde le propre de la machine
	Grisage	-Dommage au roulement -Dommage aux axes	1	1	1	1	- Maintenir le grisage
	Vigilance de conducteur	- Bourrage - produit d'effectués	1	1	1	1	- Forme les conducteurs

Echauffement d'inducteur	Décalage gale guide	-Dommages au roulement - Erosion gale	4	2	1	8	- Mise des cales entre les portes gales
	Qualité des axes	-Dommages au roulement - Erosion gale	4	2	2	16	- Obtient des axes de haute qualité
	Qualité lubrifiant	-Echauffement des gales	2	1	2	4	- Nettoyé les réserves
	Suivre de la machine	- Bourrage - Perdre d'alignements	2	1	2	4	- Mise un repère d'alignements des gales
	Vibration	- desserrage les parties extractible de la machine - Perdre d'alignements	4	2	1	8	- Ajoute des rondelles a dents
	Frottement	- Echauffement des gales - Produits d'effectués	3	2	1	6	- Suivre d'alignements des galets

D'après les résultats obtenus sur le tableau AMDEC, la valeur la plus élevée de la criticité est 16. C'est une criticité moyenne, donc une amélioration s'impose en maintenance préventive systématique.

### III.2.1 Classification des actions

#### 1. Les actions de management

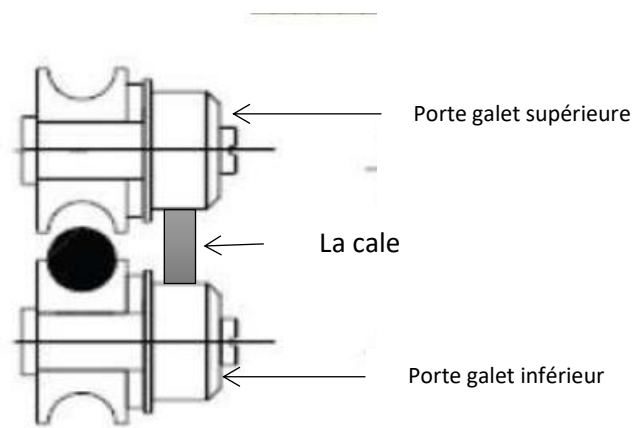
- Former les conducteurs
- Respecter le plan de montage du constructeur
- Suivre l'alignement des galets

#### 2. Les actions de maintenance

- Entretenir les équipements
- S'équiper des axes de haute qualité
- Maintenir le grisage
- Nettoyer les réserves
- Garder propre la machine

#### 3. Les actions techniques

- Mise des cales entre les portes gales



**Figure III.2 :** position de la cale

Les cales vont éliminer le décalage des galets et sont un bon repère d'alignement qui va faciliter le montage des programmes. Il faut fabriquer des cales spécifiques pour chaque montage.

- Ajoute des rondelles à dents



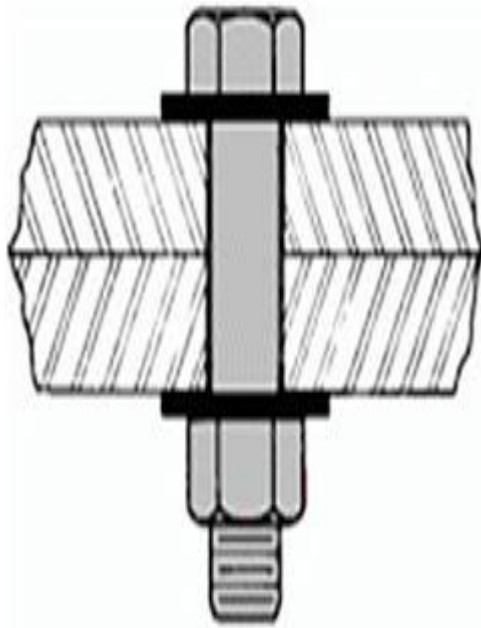
**Figure III.3 :** Rondelles à dents



**Figure III.4 :** Assemblage vissée

Les rondelles à dents permettent de sécuriser l'assemblage vissée, les rondelles à dents créent un effet de cames sous la tête de boulon pour empêcher le dévissage.

On peut aussi ajouter un boulon et une rondelle à dents sur l'axe qui est responsable de régler la hauteur de galet



**Figure III.5 :** l'emplacement de boulon et la rondelle



**Figure III.6 :** porte galet

Ce serrage il va garantir la fixation de galet

- Mise d'un repère d'alignements des galets repère l'alignement des galets avec un fil ou un laser qui permet de détecter le niveau des galets

**Tableau III.6 : AMDEC évalués**

<b>Mode de défaillance</b>	<b>Action recommandés</b>	<b>Prises</b>	<b>F'</b>	<b>G'</b>	<b>D'</b>	<b>C'</b>
<b>Décalage gale</b>	- forme les conducteurs	-Le chef d'atelier alerté les conducteurs de se concentrer au cours de la production	1	1	1	1
	- Entretenu les équipements	- Entretenu les équipements	1	1	1	1
	- Obtient des axes de haute qualité	- Obtient des axes de haute qualité	1	2	2	4
	- Respecter le plan de contracture	- Un agent de maintenance suivre les étapes de montage	1	1	2	2
	- Mise un repère d'alignements des gales pour	- Mise un repère d'alignements des gales pour	1	1	1	1
	- Garde le propre de la machine	- Garde le propre de la machine	1	1	1	1
	- Maintenir le grisage	- Maintenir le grisage	1	1	2	2
	- Ajoute des rondelles a dents	- Ajoute des rondelles a dents	1	1	1	1
<b>Erosion gale tête torque</b>	- Forme les conducteurs	-Le chef d'atelier alerté les conducteurs de se concentrer au cours de la production	1	1	1	1
	- Mise des cales entre les portes gales	- serré l'axe de port galet avec un boulon et rondelle a dents	1	1	1	1

	- Obtient des axes de haute qualité	- Obtient des axes de haute qualité	1	2	2	4
	- Nettoyé les réserves	- Nettoyé les réserves	1	1	2	2
	- Respecter le plan de contracture	- Un agent de maintenance suivre les étapes de montage	1	1	2	2
	- Mise un repère d'alignements des gales	- Mise un repère d'alignements des gales	1	1	1	1
	- Ajoute des rondelles a dents	- Ajoute des rondelles a dents	1	1	1	1
	- Suivre d'alignements des gales	- Suivre d'alignements des gales	2	1	2	4
Dommmage au roulement	-Forme les conducteurs	-Le chef d'atelier alerté les conducteurs de se concentrer au cours de la production	1	1	1	1
	- Entretenu les équipements	- Entretenu les équipements	1	1	1	1
	- Obtient des axes de haute qualité	- Obtient des axes de haute qualité	1	2	2	4
	- Respecter le plan de contracture	- Un agent de maintenance suivre les étapes de montage	1	1	2	2
	- Mise un repère d'alignements des gales	- serré l'axe de port galet avec un boulon et rondelle a dents	1	1	1	1
	- Garde le propre de la machine	- Garde le propre de la machine	1	1	1	1
	- Maintenir le grisage	- Maintenir le grisage	1	1	2	2

	- Ajoute des rondelles a dents	- Ajoute des rondelles a dents	1	1	1	1
Bourrage	-Forme les conducteurs	-Le chef d'atelier alerté les conducteurs de se concentrer au cours de la production	1	1	1	1
	- Mise des cales entre les portes gales	- serré l'axe de port galet avec un boulon et rondelle a dents	1	1	1	1
	- Obtient des axes de haute qualité	- Obtient des axes de haute qualité	1	2	2	4
	- Mise un repère d'alignements des gales	- Mise un repère d'alignements des gales	1	1	1	1
	- Ajoute des rondelles a dents	- Ajoute des rondelles a dents	1	1	1	1
	-Suivre d'alignements des gales	- Suivre d'alignements des gales	2	1	2	4
Rupture courroie	-Forme les conducteurs	-Le chef d'atelier alerté les conducteurs de se concentrer au cours de la production	1	1	1	1
	- Mise des cales entre les portes gales	- serré l'axe de port galet avec un boulon et rondelle a dents	1	1	1	1
	- Obtient des axes de haute qualité	- Obtient des axes de haute qualité	1	2	2	4
	- Mise un repère d'alignements des gales	- Mise un repère d'alignements des gales	1	1	1	1
	- Garde le propre de la machine	- Garde le propre de la machine	1	1	1	1
	- Maintenir le grisage	- Maintenir le grisage	1	1	2	2

Echauffement d'inducteur	-Forme les conducteurs	-Le chef d'atelier alerté les conducteurs de se concentrer au cours de la production	1	1	1	1
	- Mise des cales entre les portes gales	- serré l'axe de port galet avec un boulon et rondelle a dents	1	1	1	1
	- Obtient des axes de haute qualité	- Obtient des axes de haute qualité	1	2	2	4
	- Nettoyé les réserves	- Nettoyé les réserves	1	1	2	2
	- Mise un repère d'alignements des gales	- Mise un repère d'alignements des gales	1	1	1	1
	- Ajoute des rondelles a dents	- Ajoute des rondelles a dents	1	1	1	1
	-Suivre d'alignements des gales	- Suivre d'alignements des gales	2	1	2	4

### III.3.1 les décisions à prendre

- Obtenir des axes de haute qualité : La qualité des axes constitue le problème principal qui cause le décalage des galets, ce dernier est la cause des autre défaillances. Donc, si on élimine les problèmes de décalages des galets on élimine aussi les autres défaillances.
- Ajoute des rondelles à dents : Les rondelles à dents permettent de sécuriser le montage même, car si des vibrations s'opèrent aux niveaux de la machine alors les parties extractibles vont rester dans une position correcte.
- Un agent de maintenance pour suivre les étapes de montage : Le montage et le démontage des programmes de production sont faits par les opérateurs qui n'ont pas la connaissance de le faire, car le constructeur a mis un plan de montage et démontage qu'il faut le suivre. L'agent de maintenance va en effet guider et suivre les opérateurs pour garantir le bon montage et garder en état la machine.

## **Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons réalisé la partie essentielle de notre étude, ce qui veut dire, remplir le tableau AMDEC par les résultats de l'analyse que nous avons effectué sur les postes critiques de la ligne de production p1, et mentionné les recommandations possibles pour les défaillances critiques que nous avons trouvées. Les informations fournies par l'AMDEC ont permis de dégager les problèmes prioritaires qu'il faut éliminer.

# **Conclusion Générale**

## **Conclusion Générale**

Pour qu'une entreprise soit performante et compétitive, elle doit toujours assurer des produits de meilleure qualité avec le coût le plus bas et dans un délai de livraison court. Pour minimiser ce délai, on fabrique plus vite sans interruption de production afin d'atteindre la production maximale par unité de temps.

De plus, produire plus sous-entend produire sans ralentissements, ni arrêts. Pour cela, le système de production ne doit subir qu'un nombre minimum de temps de non production.

Exceptés les arrêts inévitables dus à la production elle-même (nouvelle gamme de production, etc.), les machines ne doivent jamais ou presque connaître de défaillances tout en fonctionnant à un régime permettant pour un rendement maximal.

Ainsi, le travail qu'on a réalisé dans ce mémoire s'intéresse à l'amélioration de la performance de la production de l'unité NATRA TUBE.

Pour bien mener notre projet, nous avons commencé par présenter une partie théorique où on a abordé la Supply Chain, la performance de la production et les différentes méthodes qui permettent de prendre des décisions, ainsi que le Lean management qui vise l'amélioration des performances des systèmes industriels. Tout cela, afin d'expliquer les notions de base de notre projet de fin d'études pour faciliter la compréhension du reste du travail.

Concernant la partie pratique de notre projet, nous avons présenté l'entreprise NATRA avant de nous intéresser plus particulièrement à l'unité de Boudouaou (NATRA tube), lieu de notre stage, et où la problématique nous a été posée par le responsable de la production et qui consiste à améliorer la productivité de l'unité. Afin de bien cerner la problématique, nous avons commencé par élaborer une étude d'analyse et de diagnostic. Pour apporter une représentation visuelle de tout le processus de production dans l'état actuel de l'unité NATRA TUBE, nous avons réalisé une cartographie VSM. La cartographie a permis de montrer qu'une perte de temps est enregistrée au niveau des lignes de production. Puis, nous avons utilisé la méthode SADT qui a permis d'identifier des dysfonctionnements dûs à des arrêts durant le processus de fabrication. Nous nous sommes ensuite lancés dans une étape d'analyse des causes du gaspillage de temps et on a identifié les problèmes dus aux arrêts non programmés. Pour classer les problèmes des arrêts qui affectent la productivité des lignes, on a utilisé la méthode Pareto (ABC) selon la répétitivité et la durée pour identifier les problèmes qui représentent les

80% des arrêts. Les diagrammes d'Ishikawa, nous ont permis de définir toutes les causes pour les 6 problèmes que nous avons identifiés.

Une contribution pour amélioration de la performance de la production et de la productivité a été apportée sous formes de propositions afin de diminuer ou d'éradiquer définitivement les sources de problèmes liées aux pertes de temps. L'application de l'AMDEC a permis de déterminer la criticité des causes, et des solutions ont été proposées

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

---

### Références Bibliographiques

- [1] Rémy LE MOIGNE, Supply Chain Management, Dunod, 2017, 364 p.
- [2] JORF n°111 du 14 mai 2005 page 8379 texte n° 135
- [3] Cambridge Advanced Learner's Dictionary, 2013, 1856 p.
- [4] Karim GHANES & Youcef NAFI. Contribution à l'amélioration de la performance de la chaîne logistique par la mise en place du VMI Application : Kraft Foods Algérie. Mémoire de fin d'études. Département de Génie Industriel, Ecole Nationale Polytechnique, Alger, Juin 2010.
- [5] Mohamed BOUAMAMA. Nouveaux défis du système de mesure de la performance : cas des tableaux de bord. Thèse. École Doctorale Entreprise, Économie, Société (Ed 42) Spécialité Sciences De Gestion, L'université De Bordeaux, décembre 2015.
- [6] IRATEN SABRINA. La Supply Chain Management un levier pour améliorer la performance de l'entreprise. Ecole des Hautes Etudes Commerciales d'Alger.
- [7] Sidi Mohammed & CHERIF Walid DELLALI. Elaboration d'un tableau de bord pour la mesure de la performance de la fonction logistique. Mémoire de fin d'études. Département de Génie Industriel, École Nationale Polytechnique, Alger, Juillet 2019. [Pfe10]
- [8] HAMICHE Toufik et MAROUF Aomer. Le Supply Chain Management et sa contribution à la performance de l'entreprise Étude de Cas : CEVITAL agroalimentaire. Mémoire de fin de cycle. Département des Sciences de Gestion, Université Mouloud Mammeri. Tizi Ouzou, 2018.
- [9] Detiffe Florence. Elaboration d'un tableau de bord prospectif au sein du Département des opérations du Grand Hôpital de Charleroi. Université catholique de Louvain, 2011.
- [10] AGGOUNE Djamel Eddine & OUKACHBI Walid. Contribution à l'amélioration de la performance de la chaîne logistique de CEVITAL. Mémoire de fin d'études. Département de Génie Industriel, Ecole Nationale Polytechnique, Alger, Juin 2010.
- [11] Latifa OUZIZI, << Planification de la production par CO-décision et négociation de l'entreprise virtuelle >>, thèse de doctorat , L'universite De Metz, 28 Janvier 2005
- [12] De Roy L. Harmon, Leroy D. Peterson , << Reinventing the Factory II: Managing the World Class Factory, Volume 2 >> , Simon and Schuster, New york, 407 pages.
- [13] Michael H. Hugos , << Essentials of Supply Chain Management >>, John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, États-Unis, 25 févr. 2003 - 254 pages
- [14] ZEROUK MOULOUA, Ordonnancements coopératifs pour les chaînes logistique, thèse pour l'obtention de doctorat en informatique, université lorraine, 2007, page 14,17.
- [15] **Barbarosoglu, Gülay ; Yazgac, Tülin** , << An Application of the Analytic Hierarchy Process to the Supplier Selection Problem >> , Production and inventory management journal : journal of the American Production and Inventory Control Society, Inc. - Washington, DC : Soc., ISSN 0897-8336, ZDB-ID 10542929. - Vol. 38.1997, 1, p. 14-21

## Références bibliographiques

---

- [16] Ali Mehrabikoushki, Partage d'information dans la chain logistique, thèse pour l'obtention le grade de docteur en génie informatique, institut science appliquées de Lyon, 2008, page 23
- [17] Siao-Leu PHOURATSAMAY. Coordination des décisions de planification dans une chaîne logistique. Thèse. Spécialité : Recherche opérationnelle. L'université Pierre Et MarieCurie, novembre 2017.
- [18] Christopher, M. (2005) Logistics and supply chain management, creating value-adding networks, Financial Times Prentice Hall, Harlow, 3rd ed.
- [19] Lee, H.; Ng, S. (1998) Preface to global supply chain and technology management, in: H. Lee; S. Ng (Eds.) Global supply chain and technology management, POMS series in technology and operations management, vol. 1, Production and Operations Management Society, Miami, Florida, 1–3
- [20] Julien FRANÇOIS. Planification des chaînes logistiques : modélisation du système décisionnel et performance. Thèse. Ecole Doctorale Des Sciences Physiques Et De L'ingénieur. Université- Bordeaux I. France, 2007. [Pfe26]
- [21] Sidi Mohammed & CHERIF Walid DELLALI. Elaboration d'un tableau de bord pour la mesure de la performance de la fonction logistique. Mémoire de fin d'études. Département de Génie Industriel, École Nationale Polytechnique, Alger, Juillet 2019. [Pfe10]
- [22] Iskander ZOUAGHI, Supply Chain Management, Document de polytechnique d'Alger année 2018/2019
- [23] <https://www.piloter.org/techno/SCM/principe-supply-chain-management.htm> dernière visite le « 30/05/2022
- [24] Giard V., “Gestion de la production et des flux”, Economica, 2003.
- [25] Andreu D., “Commande et supervision des procédés discontinus : une approche hybride”, Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier de Toulouse, France, 1997.
- [26] Morin, K, Savoie, A et Beaudin, G. L'efficacité de l'organisation, Montréal, G.Morin, 1994.
- [27] Lussier, R.N. «A non financial business success versus failure prediction model for young firm», Journal of Small Business Management, 1995, volume 33, Numéro 1, p. 8-20.
- [28] Brush, c.G. et Vanderverf, P.A « A comparison of methods and sources for obtaining estimated of [29] Voyer, P. Tableau de bord de gestion et indicateurs de performance, Presses de l'Université de Québec, 1999,446 pages.
- [30] Bergeron, H. «Les indicateurs de performance en contexte PME, quel modèle appliquer ?», Notes de Cours. 1999.
- [31] Parmenter, D., Measuring Performance In Difficult Times, Finance & Management, avril 2009, p. 6-11.
- [32] : AFNOR, Recueil des normes françaises X 06, X 50, X 60, AFNOR
- [33] : AYEL, A. et B. DAVIER. Le TRS indicateur de la performance : Un guide pratique à l'usage des responsables de production. Éditions CETIM, 2003.
- [34] : A. Ayel. La mesure de performance des machines de production. CETIM, TRS performance 2004
- [35] : CLEMONS, J.W. Overall Equipment Effectiveness. Proficy for Manufacturing. Editions Mountain Systems Inc. & EnteGreat Inc., Birmingham, pp. 50, 2000.

## Références bibliographiques

---

- [36] : Vorne, (2013). Calculating OEE [online]. Vorne Industries. Disponible à partir de : <http://www.oeec.com/world-class-oeec.html> (consulté 21 mai 2013, 2008).
- [37] NAKAJIMA, S. La maintenance productive totale : Mise en œuvre. AFNOR, 1989.
- [38] NAKAJIMA, S. La maintenance productive totale (TPM). Nouvelle vague de la production industrielle. AFNOR Gestion, 1987.
- [39] HARTMANN, E.H. The 12 steps of a TPM program. Sixth International Maintenance Conference, pp. 31-41, 1989.
- [40] SHIROSE, K. Le guide TPM de l'unité de travail, conduite et maintenance de l'installation industrielle. Éditions Dunod, France, 1994.
- [41] MAGGARD, B.N. Capacity Assurance through T.P.M. and Equipment Reliability. 8th Annual International Maintenance Conference Proceedings, pp. 3-20, 1991.
- [42] : <https://syram.eu/mtbf-mttr-mttf/> consulté le 11/06/2022
- [43] : S. LAMBER, G.ABDUL-NOUR, M-F. LORTIE, Cartographie de la chaîne de valeur : Cerner la valeur pour obtenir un avantage concurrentiel, Université du Québec à Trois-Rivières.
- [44] : Présentation du Consortium de recherche FOR@C, Value Stream Mapping - Formation, Université de Laval.
- [45] : M. ROTHER, J. SHOOK, Bien voir pour mieux gérer, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008.
- [46] : Présentation du Consortium de recherche FOR@C, Value Stream Mapping - Formation, Université de Laval.
- [47] : M. ROTHER, J. SHOOK, Bien voir pour mieux gérer, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008.
- [48] : M. ROTHER, J. SHOOK, Bien voir pour mieux gérer, Edition française réalisée par l'Institut Lean France, 2008.
- [49] : Présentation du Consortium de recherche FOR@C, Value Stream Mapping - Formation, Université de Laval.
- [50] Christian HOHMANN, Lean management : outils, méthodes, retours d'expériences, questions-réponses. Edition Eyrolles, 2012.
- [51] : <http://www.maintenance-preventive.com/methode-presentation-1.html> consulté le 11/06/2022
- [52] : Stevenson, W.J. et Benedetti, C. (2005) La gestion des opérations : produits et services, Chenelière/McGraw Hill
- [53] : Render, B. et Heizer, J. (2008) Operations Management, 9e édition, Pearson/Prentice Hall
- [54] : <http://www.free-logistics.com/index.php/fr/Fiches-Techniques/Concepts-Logistiques-et-Supply-Chain/Analyse-ABC-loi-de-Pareto.html>
- [55] : LES OUTILS ET METHODES DE LA GESTION DE LA QUALITE <http://www.directive.fr/articles/BPR.html> Consulté le 14/06/2022
- [56] : La méthode AMDEC. Ecole des Haute Etude Commercial. Joseph Kélada. 1998

## Références bibliographiques

---

[57] : Mémoire : AMDEC – Etude de cas : Extracteur de fumée de l'Entreprise Nationale de la Pétrochimie ENIP/ AYAD Mohammed, KEBBAB Toufik. 2008/2009.

[58] : Michel RIDOUX. AMDEC- Moyen Technique de l'ingénieur, AG4220, 07/ 1999.

[59] : <https://docplayer.fr/48559385-Sadt-classe-de-terminale-si.html> Consulté le 14/06/2022