

Année Universitaire : 2021-2022



Master Sciences et Techniques en Génie Industriel

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

Amélioration et Optimisation de la productivité de la ligne de filage

Lieu : INDUSTUBE Pôle Aluminium Tanger

Référence : 18/22-MGI

Présenté par:

BOUZEKRAOUI Ibrahim

Soutenu Le 20 Juillet 2022 devant le jury composé de:

- **Mr. BINE ELOUIDANE Hassan (encadrant)**
- **Mr. EL HILALI Said (encadrant Société)**
- **Mr. RJEB Mohammed (examineur)**
- **Mr. CHERKANI Mohammed (examineur)**

Avant-propos

Nom et Prénom du stagiaire :

- **BOUZEKRAOUI** Ibrahim.

Etudiant Master en Génie Industriel, à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès (FSTF).

Intitulé du travail :

« Amélioration et optimisation de la productivité de la ligne de filage »

Etablissement d'accueil (Coordonnées) :

Nom : *INDUSTUBE pôle aluminium Tanger.*

Adresse : *Zone Industrielle Route de Tétouan Allée n°2, Lot 77, B.P. 360 Tanger Maroc*

Télé : *+212 (05) 39 35 09 40 / 35 02 62*

Fax : *+212 (05) 39 35 15 66*

Site Web: *<https://www.industube.com/>*

Etablissement d'origine (Coordonnées) :

Nom : *Faculté des Sciences et Techniques (FST FES)*

Adresse : *Fès - B.P. 2202 – Route d'IMOUZZER – FES*

Tél : *+212 5 35 60 29 53*

Fax : *+212 5 35 60 82 14*

Site Web : *<http://www.fst-usmba.ac.ma>*

Nom et Prénom de Tuteur du Stage à INDUSTUBE :

EL HILALI Said, Directeur technique du pôle aluminium chez INDUSTUBE SA.

Nom et Prénom de l'Encadrant Pédagogique du projet à FST Fès :

Professeur **BINE EL OUIDANE** Hassan.

Période du stage :

Du 03/03/2022 à 01/07/2022 (**4 mois**)

Dédicace

« Louange à Dieu seul, le tout puissant, plein de miséricordes. Grâce à lui ce travail a pu être achevé ».

Je dédie ce travail :

A mes très chers parents

Aucun mot ne saurait exprimer mon amour, mon respect, mon affection et ma considération pour vous, pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et mon bien être.

Que Dieu, le Tout Puissant, vous garde et vous procure bonheur et santé.

A mes très chères sœurs et mes frères

Qui me redonne force, courage, et espoir. Ce n'est que grâce à vous que je réussis chaque jour un peu plus.

A tous amis

Qui n'ont jamais cessé d'accorder leur attention et leurs conseils.

A mon encadrant à la FST

Je dédie ce travail à mon encadrant M. **BINE ELOUIDANE** pour ses précieux conseils et ses vives orientations.

A nos professeurs et formateurs

Pour leurs compréhensions, leurs conseils qui nous ont dirigés vers le chemin de succès et qui nous ont aidés tout au long de notre cursus universitaire et professionnel.

A l'ensemble du personnel de la société

Mes remerciements vont à tout le personnel de la société INDUSTUBE pôle aluminium Tanger, en particulièrement M. **EL HILALI** Said pour le temps que vous m'avez accordé ainsi que pour votre gentillesse et pour votre soutien durant la période de stage.

A toute Personne ayant consacré un jour, un moment de sa vie pour m'aider, me conseiller, m'encourager ou simplement me faire sourire.

A tous ceux qui nous aiment

A tous ceux qu'on aime

Remerciements

Mes remerciements s'adressent en premier lieu au **DIEU** tout puissant qui nous a donné la foi, la volonté, le courage et persévérance.

Mes sincères remerciements sont destinés à tout le personnel de la société **INSUTUBE TANGER** pour son accueil chaleureux, sa sympathie, son soutien et son aide permanente durant toute la période de mon stage.

Je remercie également Mr. **BINE ELOUIDANE HASSAN** pour l'aide et les conseils concernant les missions évoquées dans ce rapport, qu'il m'a apporté lors des différents suivis.

Je tiens aussi à exprimer mes vifs remerciements à Mr. **EL HILALI SAID** Directeur technique du pôle aluminium **INDUSTUBE**, de m'avoir éclairci dans le domaine technique et qui n'ont pas hésité de m'enrichir avec le maximum de données sur le domaine industriel.

Je tiens à remercier les membres du jury : Mr. **CHERKANI** Mohammed et Mr. **RJEB** Mohammed, qui m'ont fait l'honneur d'examiner ce travail.

Finalement, mes précieux remerciements s'adressent à toute l'équipe pédagogique de la faculté de sciences et techniques de Fès, particulièrement de la filière Génie Industriel qui a su nous inculquer des connaissances pluridisciplinaires, piliers de nos toutes imminentes occupations professionnelles.

Avant-propos

Dédicace

Remerciements

Liste des Tableaux

Liste des Figures

Liste des abréviations, sigles, acronymes et glossaire

Sommaire

<i>Introduction générale.....</i>	<i>1</i>
<i>Chapitre 1 : Présentation de l'organisme d'accueil.....</i>	<i>1</i>
1 <i>Présentation de la société INDUSTUBE.....</i>	2
1.1 Introduction.....	2
1.2 Généralités & historique	2
1.2.1 Aperçu générale	2
1.2.2 Fiche signalétique.....	2
1.2.3 Historique	3
1.3 Certifications	3
1.4 Organigramme du Pôle Aluminium d'INDUSTUBE	4
1.4.1 Missions des différents départements.....	5
1.5 Secteurs d'activités.....	5
1.6 Les clients de INDUSTUBE	5
1.7 Les fournisseurs de INDUSTUBE	5
1.8 Les produits de INDUSTUBE.....	5
2 <i>Processus de production Filage.....</i>	6
2.1 La technologie de filage	6
2.1.1 Le principe de filage.....	6
2.1.2 Le filage d'aluminium	6
2.1.3 Types de filage en aluminium	6
2.2 Processus de production	6
2.2.1 Alimentation de la table Billettes	6
2.2.2 Préchauffage billettes.	6
2.2.3 Réchauffage et Montage filière sur coulisseau.....	7
2.2.4 Extrusion.	7
2.2.5 Accompagnement profilé par le tracteur(PULLER).	8
2.2.6 Refroidissement à l'air de presse.....	8
2.2.7 Coupe en sortie de presse et Transfert vers la table de refroidissement.	8
2.2.8 Refroidissement et Transfert vers le banc de traction.	8
2.2.9 Dressage par élongation et Constitution de nappes et Transfert vers la table d'amenée à la scie.	8
2.2.10 Débitage en longueur de livraison.	8
2.2.11 Contrôle et Mise en praticable.....	9
2.2.12 Four Revenu.	9
2.2.13 Contrôle de la dureté.	9

3	Conclusion	9
	Chapitre 2 : Présentation et Définition du Projet	10
1	Cadrage du projet	10
1.1	Introduction	10
1.2	Cahier de charge du projet :	10
1.2.1	Contexte	10
1.2.2	Approche du projet.....	10
1.2.3	Les acteurs du projet	11
1.2.3.1	Maître d'ouvrage	11
1.2.3.2	Maître d'œuvre	11
1.2.4	Contexte global du projet	11
1.2.5	Contraintes du projet	11
1.2.5.1	Contraintes pédagogiques	11
1.2.5.2	Contraintes temporelles	11
2	Présentation de la méthodologie à suivre	12
2.1	Introduction	12
2.2	Le concept Lean Manufacturing	12
2.3	La démarche du projet à suivre	13
3	Phase 1 : Application de la première étape de la démarche DMAIC « Définir »	14
3.1	Charte du projet	14
3.2	Méthode des 3QOPC	14
3.3	Planification du projet dans le temps (Gantt)	15
3.4	Identification des facteurs affectant la productivité.	15
3.4.1	Identification des caractéristiques clés (CTQ)	15
3.4.2	Identifications des facteurs relatifs à la vitesse d'extrusion	16
3.5	Le diagramme de SIPOC : Description du flux de production	16
4	Conclusion	17
	Chapitre 3 : Mesure et Analyse des données	18
1	Introduction	18
2	Collecte des données	18
2.1	Le système de traçabilité de la productivité de filage	18
2.2	Les étapes de collecte des données	19
2.2.1	Etape 1 : Rapport de presse	19
2.2.2	Etape 2 : Vitesses d'extrusion maximale et moyenne	20
2.2.3	Etape 3 : La productivité maximale et moyenne	21
3	Etude de l'Evolution de la productivité	21
3.1	Evolution de la productivité en kg de toutes les équipes	22
3.2	Evolution de la productivité en kg de la 1ère équipe	22
3.3	Evolution de la productivité en kg de la 2ème équipe	23
3.4	Evolution de la productivité en kg de la 3ème équipe	24
4	Evolution de la vitesse moyenne d'extrusion	25
5	Analyse des facteurs affectant la productivité	26

5.1	Le temps.....	26
5.2	La Filière.....	26
5.2.1	Type de conception de filière	26
5.2.2	Le temps de changement de filière	26
5.2.3	Notion de la productivité par mètre.....	27
5.2.4	Filières en fonction des vitesses d'extrusion	28
5.2.5	Notion de système de NITRURE	28
5.3	Blocs en fonction des vitesses d'extrusion.....	28
5.4	Nombre de coupes des profilés en fonction des vitesses d'extrusion	29
5.5	Les fournisseurs de la MP en fonction des vitesses d'extrusion.....	29
5.6	Le Conducteur.....	29
6	<i>Brainstorming.....</i>	30
7	<i>Conclusion</i>	30
	<i>Chapitre 4 : Plan d'action et gains du projet</i>	31
1	<i>Introduction</i>	31
2	<i>Le plan d'action.....</i>	31
2.1	Action 1 : Maximisation des vitesses d'extrusion.....	31
2.1.1	Mise en œuvre des améliorations sur les Filières	31
2.1.2	Mise en œuvre des améliorations sur Les fournisseurs de la MP	33
2.1.3	Mise en œuvre d'une application VBA de gestion des vitesses d'extrusion	35
2.2	Action 2 : Exécution des vitesses d'extrusion sur le terrain.....	36
2.2.1	Evaluation de l'efficacité des améliorations.....	39
2.2.2	Les freins rencontrés	40
2.3	Action 3 : Application de la méthode SMED pour minimiser le changement de filière... 40	
2.4	Action 4 : Etablissement une fiche d'instruction	41
2.4.1	Automatisation de la production	41
2.4.2	Gestion de fours des filières	43
2.5	Action 5 : Amélioration d'environnement de travail.....	44
2.5.1	Mise en place des outils ergonomique.....	44
2.5.2	Amélioration d'aspect	45
2.6	Action 6 : Extrusion pur :	45
3	<i>Conclusion</i>	46
	<i>Conclusion générale.....</i>	47
	<i>Perspectives.....</i>	48
	<i>Sommaire des annexes</i>	49
	<i>Bibliographie</i>	58
	<i>Webographie.....</i>	58

Liste des Tableaux

Tableau 1: Fiche signalétique d'INDUSTUBE Tanger.	3
Tableau 2: Les étapes à suivre de la démarche DMAIC.	13
Tableau 3 : Diagramme de SIPOC.	17
Tableau 4: : Un exemple d'objet du rapport de Presse comporte la production de 3 équipes.....	19
Tableau 5: Les vitesses d'extrusion produit pour chaque filière.	20
Tableau 6:Les productivités associées à chaque vitesse d'extrusion de filières.....	21
Tableau 7: Notion de la productivité en gramme par mètre.	27
Tableau 8:Exemple des types de filières et leurs poids théoriques en g/m.	27
Tableau 9: Vitesses d'extrusion maximales de références filières.	32
Tableau 10: les vitesses moyennes et maximales d'extrusion.....	32
Tableau 11: Vitesse max et moyenne par nombre d'écoulement avant et après l'amélioration.	32
Tableau 12: Productivité max et moyenne avant et après l'amélioration.....	33
Tableau 13: Gain de productivité max et moyenne par nombre d'écoulement.....	33
Tableau 14: Vitesses d'extrusion max de chaque référence en fonction du fournisseur de la MP.	34
Tableau 15: Vitesses d'extrusion moyennes par nombre d'écoulement de chaque fournisseur de la MP.	34
Tableau 16: fournisseurs de la MP en fonction des vitesses d'extrusion, productivité en kg/h.	35
Tableau 17: Productivité de 3 équipes d'un jour extrait du rapport de presse avant l'amélioration.	37
Tableau 18 : Productivité de 3 équipes d'un jour extrait de rapport de presse après l'amélioration.....	38
Tableau 19: Le gain théorique des vitesses d'extrusion.	38
Tableau 20: Le gain théorique de la productivité.	38
Tableau 21: Le gain pratique en matière des vitesses d'extrusion.	39
Tableau 22: Fiche d'instruction montre une planification de commandes d'un jour.	42

Liste des Figures

Figure 1:Image montre les normes adoptées par INDUSTUBE	4
Figure 2: Organigramme du Pôle Aluminium d'INDUSTUBE.....	4
Figure 3: Diagramme CTQ définit le niveau précis de qualité.....	16
Figure 4: Evolution de la productivité par équipe en kg.	22
Figure 5: Evolution de la productivité de 1er équipe en kg.	23
Figure 6 : Evolution de la productivité de 2ème équipe en kg.	23
Figure 7: Evolution de la productivité de 3ème équipe en kg.	24
Figure 8: Diagramme ISHIKAWA.	25
Figure 9: les vitesses d'extrusion maximales moyenne produit le mois 4.	25
Figure 10: Les formes de conception des profilés.....	26
Figure 11: Application VBA de gestion des vitesses d'extrusion.	35
Figure 12: Evaluation de l'efficacité des améliorations en terme de vitesses d'extrusion.	40
Figure 13: Application de la méthode SMED dans la partie Four à outillage.....	41
Figure 14: Fiche d'instruction de four à outillage pour le conducteur.	43
Figure 15: Avant le mise en place des dispositifs ergonomique.	44
Figure 16: Après le mise en place des dispositifs ergonomique.....	45
Figure 17: Affichage de la production pur pour chaque équipe.	46
Figure 18: objet montre le temps pur d'extrusion pour l'équipe 1.....	46

Liste des abréviations, sigles, acronymes et glossaire

MP : La matière première.

EMS : Extrusion management system.

MAP: Mise au point, l'atelier d'entretien des filières.

DMAIC : Définir, Mesurer, Analyser, Innover, Contrôler.

SMED: Single Minute Exchange of Dies.

5S : Supprimer, situer, scintiller, standardiser, suivre

SIPOC : supplier Input Output costumer.

3QOCP : Quoi Qui Ou Comment Pourquoi.

CTQ : Critical To Quality.

Ishikawa : Diagramme cause effet.

Productivité : Permet de mesurer le degré de contribution d'un ou de plusieurs facteurs de production (facteurs matériels consommés ou facteurs immatériels mis en œuvre) à la variation du résultat final dégagé par un processus de transformation.

Procédé : Méthode employée pour parvenir à un certain résultat.

Processus : Ensemble des ressources et des activités liées qui transforment des éléments entrants en éléments sortant.

Profilés en aluminium : Produits semi-finis, résultats des billettes en alliage aluminium.

Billettes : La matière première en alliage d'aluminium –**Voir Annexe 1.**

Output : Nombre de profilés d'aluminium produits.

Chaîne de filage : La ligne de production de filage, comporte l'ensemble de machines forment le processus de l'extrusion.

L'extrusion : Procédé de fabrication thermomécanique par lequel un matériau comprimé est contraint de traverser une filière ayant la section de la pièce à obtenir.

La presse 1900T : Mécanisme destiné à exercer une pression sur un solide pour le comprimer ou y laisser une impression.

Fouloir : Le Fouloir agit comme un piston, transmettant la force du cylindre principal de la billette. Il doit opérer parfois sous des charges extrêmement élevées sans déformation, casse ou refoulement –**Voir Annexe 2.**

Conteneur : Cylindre dans lequel on place le lopin de métal que l'on veut filer à la presse.

Disque presseur : Appelé aussi Grain de poussée est un élément essentiel du processus de l'Extrusion d'Aluminium. Son bon fonctionnement dépend d'un certain nombre de facteurs. Par exemple, de l'alignement de la presse (à la fois thermique et physique), de la lubrification, de l'entretien, etc. Mais le facteur déterminant est l'interaction optimisée du grain de poussée avec un conteneur rond, droit, thermiquement stable-**Voir Annexe 3.**

La vitesse d'extrusion : Représente la vitesse d'écoulement des profilées sorties de la presse.

Cisaille : Un outil en forme de ciseaux utilisé pour le découpage des matériaux durs (métaux, carton, etc.).

Trempe : Une méthode consiste à refroidir les profilées sortie de la presse à travers des ventilateurs monté au-dessous de la table de refroidissement.

PULLER : Un outil d'extraction dans le but de retirer les profilées sortie de la presse.

Filière : Instrument percé de trous de calibres variés, permettant d'obtenir, par filage ou par extrusion, des fils de métal, des fibres de verre, des fibres textiles artificielles, des tubes de matière plastique.

Un orifice d'une filière : Le nombre d'écoulement de filière.

Nitruration : La nitruration est un traitement de surface qui consiste à incorporer de l'azote dans la couche superficielle d'un acier, pour en modifier les propriétés mécaniques.

Chaine laquage : La ligne de production de laquage permet de laquer les profilé fournis par la ligne de filage. Action de laquer, de recouvrir de laque ou d'une peinture imitant la laque grâce à un effet brillant.

Le banc de traction : La machine de traction – **Voir Annexe 4.**

Les mâchoires du banc de traction : Chacun des deux éléments osseux de la machine de traction équipé de dents, tient sur les profilées pour assurer l'étirement.

Praticable : les paniers sur lesquels les barres en aluminium sont placées –**Voir Annexe 5.**

Le four de revenu : Le revenu est un processus de traitement thermique à basse température, effectué après le scie des profilées, afin de parvenir au rapport dureté / solidité souhaité.

Introduction générale

Dans un contexte de compétitivité, les exigences des clients augmentent. De ce fait, l'entreprise est obligée de définir clairement sa stratégie et fixer les orientations générales en fonction notamment des évolutions des technologies et des marchés. Elle doit aussi, analyser les processus de production et se lancer dans une démarche d'amélioration continue et de progrès.

Pour cette raison les indicateurs de performance qui rendent compte du fonctionnement des lignes de production, apparaissent comme des outils essentiels pour évaluer leur performance et améliorer leur pilotage.

Dans ce contexte, le pôle aluminium INDUSTUBE a mis l'accent sur l'amélioration de son système de production, de qualité et de maintenance pour l'atelier d'extrusion de profilés d'aluminium, le directeur technique a proposé ce projet industriel dans la mesure où nous sommes menés à mettre en place une démarche du Lean Manufacturing dont l'objectif est d'optimiser et d'améliorer la productivité de la ligne de filage, notamment en améliorant les vitesses d'extrusion des matrices correspondantes et l'élimination du gaspillage, il s'agira alors précisément de mettre en place des outils méthodologiques permettant de réduire l'écart entre le niveau idéal de performance et le niveau réel observé.

Afin de bien illustrer le travail réalisé, le présent rapport s'articule sur quatre chapitres et une conclusion générale :

- **Le chapitre 1 :** Donne une présentation générale de secteurs d'extrusion « la société INDUSTUBE pôle aluminium », et son procédé de fabrication.
- **Le chapitre 2 :** décrit le cahier de charge relatif à notre étude avec une description générale de la démarche à suivre, ainsi il définit le projet en sa globalité à l'aide des outils SIPOC, 3QOPC, Gantt, CTQ et la rédaction de charte de projet.
- **Le chapitre 3 :** Mettre en œuvre une étude de l'existant avec une mesure globale de la performance du processus, de l'analyse des diverses mesures réalisées à l'aide des outils Ishikawa et Brainstorming.
- **Le chapitre 4 :** Met en place des actions d'améliorations, des solutions proposées, l'estimation du gain, ainsi le suivi du travail par les indicateurs de performance.
- **La conclusion générale :** Donne un rappel de la problématique du sujet traité, une présentation des principaux résultats, un bref aperçu de la méthodologie adoptée, ainsi la limite de la procédure suivie pour résoudre le problème.

Chapitre 1 : Présentation de l'organisme d'accueil

1 Présentation de la société INDUSTUBE

1.1 Introduction

INDUTUBE a été créée en 1976 à l'initiative du Groupe EL ALAMI et du Groupe VALLOUREC - leader français de la transformation de l'acier. Elle est aujourd'hui le principal opérateur dans la fabrication de tubes en acier soudés au Maroc, et récemment l'entreprise a lancé une nouvelle usine de fabrication des profilés en aluminium. Ainsi, en répondant aux besoins de ses clients, INDUTUBE s'engage à améliorer ses lignes de production et ses thèmes de stages.

1.2 Généralités & historique

1.2.1 Aperçu générale

Le groupe INDUTUBE a rejoint l'industrie mécanique et métallurgique en installant pour la première fois le pôle d'acier en 1976 dans la zone industrielle de Moghohga, à Tanger, dans le but de fabriquer des tubes en acier soudés, qui peut être divisé en trois séries de produits : les tubes de conduite, les tubes de structure pour bâtiments et les tubes pour armature de serre. Renforcement, répondant aux besoins de la construction, aux besoins multiples des marchés industriels et agricoles.

Par la suite, elle est devenue le principal opérateur de fabrication de tubes en acier soudés au Maroc, avec une ligne de galvanisation automatisée.

La demande sur l'aluminium et le besoin du marché poussé l'entreprise en association avec Aluminium de Maroc (ADM) - le leader marocain spécialisé dans la conception et la fabrication de profilés en alliages d'aluminium pour le bâtiment et l'industrie - de lancer une ligne de production de l'aluminium par l'extrusion en installant une presse de 1900T et création d'un pôle d'aluminium qui contient une grande chaîne de production : une chaîne de filage et l'autre de laquage.

1.2.2 Fiche signalétique

Le tableau 1 ci-dessous représente la fiche signalétique qui présente des informations générales sur l'entreprise comme création, forme juridique, effectifs et coordonnées, etc.

Fiche signalétique de IDUSTUBE Tanger	
Création	1976
Statut juridique	S.A. Société Anonyme
Activité principale	Fabrication à la fois des tubes en acier soudé et la fabrication de profilés en alliages d'aluminium.
Dirigeants	Abdelaziz El Alami (Directeur Général) Majda Kossair (Directeur Administratif et Financier) Chafik El Bouda (Directeur Commercial) Said El Hilali (Directeur Technique)
Effectifs	Entre 100 et 200
Clients	Client INDUSTUBE, ADM, ...
Fournisseurs	DUBAL, ALBA, VEDANTA, ...
Chiffre d'affaires	De 100,000,000 à 500,000,000 DH
Capitale	30,000,000.00 DH
Produits / Services	Aciers : Tubes et tuyaux d'acier. Aluminium et alliages : Profilés et barres d'aluminium.
Coordonnées	Adresse : Zone Industrielle Route de Tétouan Allée n°2, Lot 77, B.P. 360 Tanger Maroc Téléphone : Tél. +212 (05) 39 35 09 40 / 35 02 62 Fax. +212 (05) 39 35 15 66 Email : industube@industube.com Site internet : https://www.industube.com/

Tableau 1: Fiche signalétique d'INDUSTUBE Tanger.

1.2.3 Historique

INDUSTUBE à plus de 40 ans d'expérience dans le domaine de l'industrie métallurgique, donc en cours de son développement il y a des évènements qui marque cette expérience. On peut citer certain de ses événements comme :

1.3 Certifications

INDUSTUBE a adopté une politique dans L'objectif principal est la satisfaction de ses clients et les parties prenantes par la fabrication des produits de qualités conformes aux meilleurs standards nationaux et internationaux en la matière, que ce soit pour la fabrication, la galvanisation, ou l'extrusion d'aluminium.

À ce contexte INDUSTUBE qui était déjà certifiée ISO 9002 depuis 1996, a obtenu en juillet 2003 la certification au nouveau référentiel ISO 9001 version 2000 par l'AFAQ (Association Française d'Assurance Qualité) reconduite par une version 2015. Cette nouvelle norme qui place la satisfaction du client au centre de ses exigences est la preuve du niveau élevé de nos prestations. Elle a comme objectif à moyen terme d'instaurer un système de management environnemental (SME), aujourd'hui elle a mis en place une station de traitement des rejets liquides. Ceci elle a permis de consolider sa position de leader dans leurs marchés de prédilection grâce à la qualité, la

fiabilité et la durabilité de leurs produits ainsi que le respect de leurs engagements vis-à-vis de leurs clients.

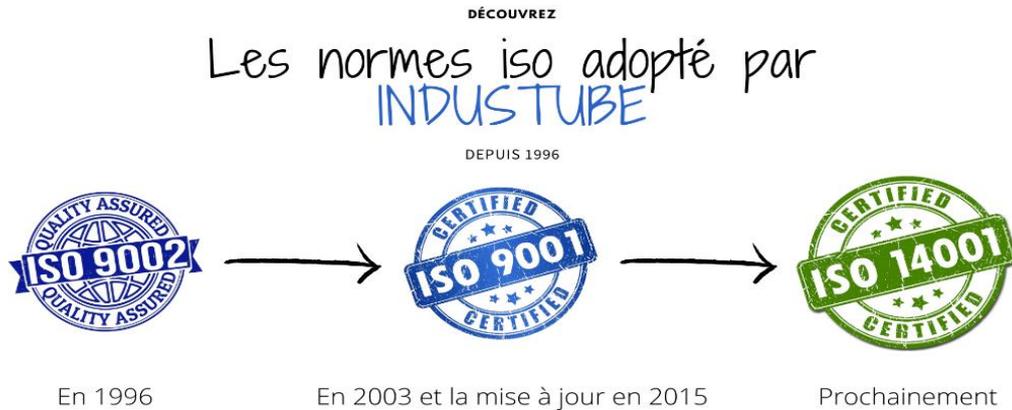


Figure 1: Image montre les normes adoptées par INDUSTUBE

Les produits fabriqués par INDUSTUBE répondent aux normes marocaines (NM), françaises (NF) et espagnoles (UNE), qui garantissent notamment le respect des exigences de la norme ISO 9001. INDUSTUBE aussi réalise de rigoureux tests de qualité à chaque étape de son processus de fabrication, pour garantir à ses clients une qualité de produit élevée et constante.

1.4 Organigramme du Pôle Aluminium d'INDUSTUBE

Pour le Pôle Aluminium de l'organisme qui adopte une hiérarchie qui donne une valeur au travail collectifs avec le respect total de la responsabilité de chacun des membres de l'équipe. On peut résumer l'organisation du pôle aluminium sous forme un organigramme sur la figure 2.

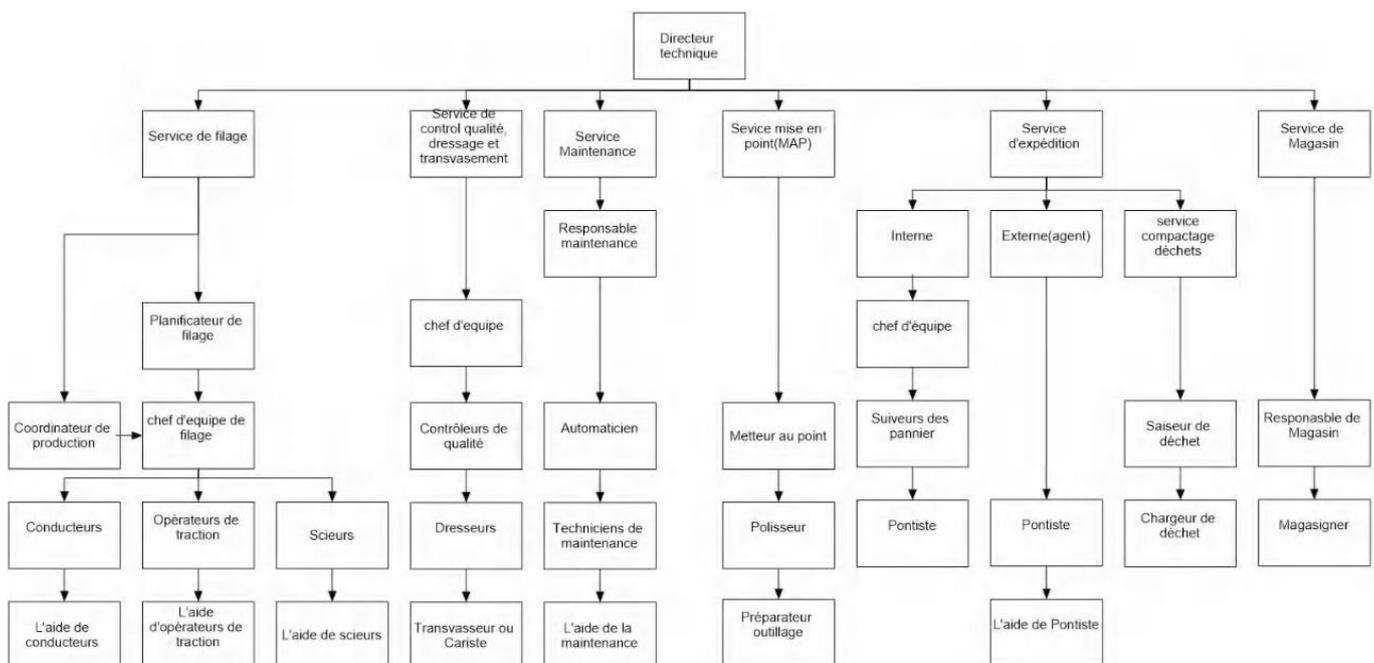


Figure 2: Organigramme du Pôle Aluminium d'INDUSTUBE.

1.4.1 Missions des différents départements

- Le département filage : Assuré l'objectif de tonnages par jour.
- Le département contrôle qualité : Assuré la conformité des produits.
- Le département maintenance : Assuré la disponibilité des machines.
- Le département mise au point MAP : Assuré la disponibilité des filières.
- Le département expédition : Assuré la livraison et la disponibilité de stock.
- Le département magasin : Assuré les pièces de rechanges.

1.5 Secteurs d'activités

Le Domaine de INDUSTUBE, a comme mission la production, la fabrication et la commercialisation de produits extrudé. Les activités principales du Domaine sont comme suite:

- **Pôle acier** : tubes en acier soudés noirs, galvanisés ou traités.
- **Pôle aluminium** : la transformation à chaud des billets en alliages d'aluminium en profilés.

1.6 Les clients de INDUSTUBE

Dans le marché de fabrication d'aluminium, INDUSTUBE figure parmi les leaders au niveau mondial. Grâce au niveau de qualité/Prix qu'elle offre, elle ne cesse de dominer le marché en présentant des produits dotés d'une excellente fiabilité et des performances qui satisfait les plus grands constructeurs de l'industrie mécanique. Elle compte, parmi ses clients, des sociétés de réputation, telles que : Aluminium du Maroc (ADM), ALUMA atlas, AISA Aluminium, Sana Aluminium, Al MADINA, GTR Aluminium et d'autres.

1.7 Les fournisseurs de INDUSTUBE

INDUSTUBE, travaille avec différentes entreprises nationales et internationales (Dubai, Brésil, France, Turquie, etc.), connues par leur marque : EGA – EMIRATES Global aluminium, ALBA – aluminium Bahreïn, CBA - Compagnie Brasillera d'aluminium, VEDANTA, ALFA, etc. Ce sont des marques renommées par leur certification de la qualité de ses produits et leur réputation.

Cette diversité de fournisseurs assure à la société d'être toujours loin d'une rupture de stock pour la matière première.

1.8 Les produits de INDUSTUBE

INDUSTUBE produit des profilés d'aluminium sous forme des barres d'aluminium dans des longueurs, poids, et conceptions spécifiques déterminés par les commandes de clients.

2 Processus de production Filage

2.1 La technologie de filage

2.1.1 Le principe de filage

Le filage en général est le procédé industriel permettant la déformation mécanique des métaux parfois à chaud, qui consiste à pousser un matériau par compression à travers une filière (matrice), pour obtenir un produit désiré. Il est possible de filer un grand nombre de métaux : alliages de magnésium, alliages d'aluminium, aciers, alliages de cuivre, etc. L'intérêt de la méthode est la relative simplicité, le coût relativement modéré des outillages. Elle permet d'obtenir avec un nombre limité d'opérations des déformations très importantes.

2.1.2 Le filage d'aluminium

Le filage d'aluminium consiste en la transformation à chaud et à partir d'un certain effort des billets en alliage d'aluminium dans un outillage appelé généralement conteneur et de la faire ressortir par un orifice d'une filière, pour avoir des formes variées comme des barres, tubes ou profilés pour l'aéronautique, le bâtiment, etc.

2.1.3 Types de filage en aluminium

Pour l'aluminium, le plus transformé par filage, il existe plusieurs technologies :

- **Le filage direct** sans lubrifiant ; Cette technologie permet d'obtenir des produits longs qui peuvent être de formes simples (barres, tubes) ou plus compliquées (profilés).
- **Le filage direct lubrifié.** Cette technologie demande des presses moins puissantes ;
- **Le filage inverse.** Avec cette technologie, c'est l'ensemble conteneur et billette qui avance vers le poinçon supprimant le frottement de la billette contre le conteneur et limitant la puissance de presse nécessaire. Le nombre de forme est cependant plus limité qu'en filage direct ;
- **Le filage sur aiguille.** Avec cette technologie partant d'une billette évidée, on pousse le métal sur une aiguille, ce qui permet de réaliser des tubes sans soudures.

2.2 Processus de production

2.2.1 Alimentation de la table Billettes

Cette opération consiste en :

- L'alimentation de la table d'alimentation du four de réchauffage en billettes.
- Brossage billettes.

2.2.2 Préchauffage billettes.

Le but du préchauffage est de porter l'aluminium à une température, telle que la plasticité du métal soit suffisante pour permettre sa déformation et son écoulement à travers la filière. Cette

température permet également d'assurer une bonne mise en solution des éléments d'addition de l'alliage en sortie de filière. L'opération est réalisée dans un four avant cisailage en blocs qui sont chargés sur la presse.

2.2.3 Réchauffage et Montage filière sur coulisseau.

Le but de cette opération est de porter la température des filières à une certaine température, de façon à :

- Préserver la filière des contraintes et chocs thermiques au contact avec le métal à filer, contraintes qui peuvent entraîner la déformation et l'enfoncement de la filière.
- Eviter le refroidissement du métal lors de son écoulement à travers la filière ; refroidissement qui peut entraîner son coincement, l'élévation de la pression et des contraintes mécaniques sur la filière.

L'opération de réchauffage des filières est réalisée dans des fours, avant leur montage sur la presse. Cisailage billette.

Les Billettes de longueur standard, dans l'alliage demandé, sont chargées dans le four de réchauffage. Ces billettes sont ensuite cisailées à la sortie du four en blocs de longueurs utilisables par la presse tel que spécifié dans le superviseur EMS, au fur et à mesure de leur consommation par la presse.

2.2.4 Extrusion.

L'opération consiste à forcer par compression le métal à s'écouler à travers l'orifice d'une "Filière" ; cet orifice ayant, au retrait près, la forme et les dimensions de la section droite du profilé à obtenir. Les blocs en sortie de cisaille à billettes sont ensuite chargés dans le conteneur de la presse. Le conteneur doit être chauffé afin de ne pas provoquer un refroidissement de la billette, mais sa température doit être inférieure d'environ de 60°C par rapport à celle de la billette pour pouvoir dissiper la plus grande partie de la chaleur libérée au cours du filage.

L'effort de compression est ensuite appliqué sur le métal par l'intermédiaire d'un disque presseur, qui est poussé par un pilon cylindrique mobile (fouloir), sur lequel il est attelé. Le diamètre du disque attelé qui est légèrement inférieur à celui du conteneur et ses lèvres qui s'ouvrent sous l'effet de l'effort de compression, font que celui-ci constitue un "bouchon" empêchant le métal de fuir à l'arrière du disque. La pression ainsi créée à l'intérieur du conteneur va forcer le métal à s'écouler à travers les orifices de la filière.

On obtient à la sortie de la filière un produit appelé "profilé" ou "profil" à grains fins régulièrement corroyés, présentant de bonnes caractéristiques mécaniques, un bel état de surface et une géométrie correcte.

2.2.5 Accompagnement profilé par le tracteur(PULLER).

Le tracteur en exerçant une légère traction sur les profilés permet de les "aider" à s'écouler le long de la table de sortie de la presse. Cet "accompagnement" évitera leur déformation, leur chevauchement et permettra leur écoulement de façon régulière et ordonnée.

Son intérêt est d'autant plus important pour les petits profils à plusieurs écoulements. Le tracteur permet donc :

- D'améliorer la mise en œuvre,
- De rattraper les petites différences de longueur en sortie de filières à multi-écoulements,
- D'augmenter le nombre d'écoulements par filière,
- De faciliter les opérations en sortie de presse.

2.2.6 Refroidissement à l'air de presse.

Un refroidissement énergique à l'air est assuré par des ventilateurs installés en sortie de presse. Ce refroidissement rapide dit "Trempe" permettra d'assurer les propriétés mécaniques requises après revenu.

2.2.7 Coupe en sortie de presse et Transfert vers la table de refroidissement.

En fin de filage d'une longueur, la longueur filée est coupée avec une scie avant d'être transférée vers la table de refroidissement.

2.2.8 Refroidissement et Transfert vers le banc de traction.

D'autres ventilateurs installés sous la table de filage permettront de continuer à refroidir les profils jusqu'à une température telle qu'ils pourront être manipulés sur le banc de traction.

2.2.9 Dressage par élongation et Constitution de nappes et Transfert vers la table d'amenée à la scie.

Le but de l'opération est de supprimer les défauts de vrillage et de rectitude du profilé. Elle consiste à étirer le produit de façon à dépasser légèrement la limite élastique du métal. La tension doit être appliquée progressivement afin que la contrainte soit répartie sur toute la longueur du profil.

Le tractionneur est également responsable du dégagement de la table de refroidissement et de l'alimentation du banc de traction.

Le tractionneur formera avec les profils tractionnés des nappes qui seront transférées vers la table d'amenée à la scie.

2.2.10 Débitage en longueur de livraison.

Cette opération permet de :

- Ebouter les extrémités de la longueur filée (bouts déformés par les mâchoires du banc de traction),
- Débiter les profilés en longueurs de livraison (longueurs commerciales commandées par le client).

2.2.11 Contrôle et Mise en praticable.

Le contrôleur scieur procédera à un contrôle de la qualité du produit avant de le disposer dans le praticable destiné à être enfourné dans le four de revenu. Le contrôle portera sur :

- La géométrie de la section droite du profilé suivant les spécifications de Clients.
- Les dimensions, les côtes et les épaisseurs du profil.
- Les défauts de rectitude et de vrillage qui doivent rester dans les tolérances.
- La longueur des profils.
- L'aspect visuel : absence de rayures de filage, d'arrachements, de cloques (bulles d'air), des griffures, de coups et déformations.

Les faces vues doivent être particulièrement inspectées. Le comptage des profils sera effectué, et en cas de manque par rapport au nombre programmé, ou autres problèmes seront signalé au conducteur de presse.

2.2.12 Four Revenu.

Les profilés trempés mais non revenus sont dits à l'état **T4**. Dans cet état, les éléments d'addition sont en solution solide à l'état métastable. Le traitement de revenu permet de décomposer partiellement cette solution par la précipitation des phases durcissant **Mg₂Si** ce qui aura pour conséquence d'améliorer les caractéristiques mécaniques de l'alliage ; Dureté notamment.

Le revenu est réalisé dans un four qui permet de porter les profils à une certaine température et d'assurer le maintien de cette température pendant un certain temps. Les profilés revenus sont dits à l'état **T5**.

2.2.13 Contrôle de la dureté.

Les caractéristiques mécaniques sont vérifiées par un contrôle de dureté superficielle à l'aide d'une pince Webster. Cette pince est graduée en indice de dureté.

3 Conclusion

Nous clôturons ce chapitre en ayant décrit le groupe INDUSTUBE dans un cadre général. Dans le chapitre suivant, on va commencer par la présentation de la démarche de réalisation du projet, ainsi nous décrirons d'une manière non-exhaustive la 1ère phase de la démarche **DMAIC**, « **Définir** » dans on va voir le cahier de charge relatif au projet et le contexte général du projet.

Chapitre 2 : Présentation et Définition du Projet

1 Cadrage du projet

1.1 Introduction

L'atelier de filage est la zone la plus importante dans la création de la valeur ajoutée, vu son importance dans le processus de l'entreprise et dans une recherche de performance maximale et durable de ce processus. Ce chapitre consiste à déterminer le sujet de travail dans le cadre de la stratégie de la société INDUSTUBE pôle aluminium, en se posant les questions suivantes :

- Quel est l'approche que l'on recherche ?
- Quel est le périmètre du projet ?
- Qui doit travailler sur ce projet ?
- Quel est le planning du projet ?

1.2 Cahier de charge du projet :

1.2.1 Contexte

INDUSTUBE a pour objectif de fabriquer le maximum de profilés en aluminium en tenant compte des exigences des clients : délai, qualité et prix, en utilisant les moyens présentés.

À cet effet l'entreprise essaye d'optimiser et de bien structurer la ligne de production par l'amélioration des facteurs qui affectent sur ce processus en particulier **la vitesse d'extrusion** et la diminution des gaspillages causés par les arrêts de filières, les opérateurs, la planification de la production, etc. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet de fin d'études intitulé comme suit : « Amélioration et Optimisation de la productivité de la ligne de filage. » dans le but d'améliorer les vitesses d'extrusion afin d'étudier et analyser les problèmes concernant les facteurs entrant sur le processus de filage.

1.2.2 Approche du projet

Un projet technique se définit à partir d'un besoin à satisfaire, d'un but à atteindre, en tenant compte de diverses conditions et contraintes. Donc le contexte général peut être résumé selon des points essentiels :

- Maximiser la vitesse d'extrusion pour chaque filière pour augmenter la cadence ;
- Minimiser le temps perdu par le conducteur lors de l'essai des vitesses d'extrusion ;
- Améliorer la vitesse d'extrusion moyenne établie chaque jour par équipe, afin d'obtenir une moyenne de 25 m/min ;
- Pour chaque filière, ajuster la vitesse d'extrusion optimale avec chaque fournisseur de la MP ;
- Réduire le nombre d'arrêts causés par la non-conformité des produits sortis de la presse en améliorant la fiabilité de chaque filière ;

- Avoir la meilleure combinaison permettant de réduire les coûts et de maximiser la productivité.

Le chemin à suivre dans notre étude de l'amélioration consiste en l'augmentation des vitesses d'extrusion associée à chaque filière, et de même nous suivrons les conséquences sur chaque facteur entrant en production, afin de mettre en place un plan d'action visant à résoudre les problèmes créés.

1.2.3 Les acteurs du projet

1.2.3.1 Maître d'ouvrage

Le maître d'ouvrage est la société INDUSTUBE pôle Aluminium situé à Tanger, qui consiste en la transformation à chaud des matières première sous forme des Billets en profilé d'aluminium.

1.2.3.2 Maître d'œuvre

Le maitre d'œuvre est la Faculté des Sciences et Techniques de Fès FSTF, représentée par l'étudiante **BOUZEKRAOUI** Ibrahim, 2ème année Master Génie Industriel.

- Tuteur pédagogique : M. **BINE ELOUIDANE** Hassan.
- Tuteur au sein de INDUSTUBE : M. **EL HILALI** Saïd.

1.2.4 Contexte global du projet

Ce projet est un prérequis d'obtention de notre diplôme de Master en Génie Industriel en liant entre ce que nous avons appris au cours de mes études à la faculté d'une part et ce que nous avons appris au domaine de travail d'autre part. L'acquisition des compétences techniques nous permettent de résoudre des problèmes réels dans le domaine professionnel.

1.2.5 Contraintes du projet

La gestion de ce projet doit tenir en compte des contraintes suivantes :

1.2.5.1 Contraintes pédagogiques

- Appliquer les techniques et méthodes de gestion de projet ;
- Apprendre à être autonome dans la réalisation d'un projet ;
- Acquérir de nouvelles connaissances techniques et cerner le processus de production au sein de l'entreprise.

1.2.5.2 Contraintes temporelles

- Le travail final doit être rendu avant la date de la présentation finale ;
- Le temps dédié à ce travail est limité principalement en quatre mois.

2 Présentation de la méthodologie à suivre

2.1 Introduction

Afin de répondre correctement à la problématique posée par le cahier des charges, nous avons adopté une méthode de travail structurée. En effet, en première étape nous procéderons par une analyse détaillée de la situation en se basant sur l'historique du rapport de presse dans il y a les informations nécessaires concernant les facteurs qui ont une incidence sur la productivité, comme **les vitesses d'extrusion**, les arrêts rencontrés, les arrêts en relation avec les filières, etc.

La synthèse de cette analyse sera la base de toute action d'amélioration. Et finalement on réalisera l'implantation de ces actions en mesurant leurs impacts. Pour cela on va décrire la démarche de l'étude :

- Définition des problèmes, les contraintes et les objectifs ;
- Collection des données ;
- Identification et analyse des causes des problèmes détectés ;
- Elaboration des plans d'actions ;
- Implémentation des actions ;
- Estimation des gains.

2.2 Le concept Lean Manufacturing

Le Lean Manufacturing est basé sur l'élimination des gaspillages au sein des processus de production. Les apports du Lean sont la réduction des stocks et les temps de production ainsi qu'une meilleure qualité, moins de dommages et d'obsolescences, et une plus grande flexibilité grâce à une organisation autour des processus.

En vue d'arriver à l'objectif principal de Lean Manufacturing certains outils sont mis en place et reposent essentiellement sur le développement de l'état d'esprit. Parmi les outils que nous avons utilisés, on peut citer :

- DMAIC ;
- SIPOC, Kaizen ;
- CTQ ;
- Gantt ;
- 3QOCP ;
- Ishikawa ;
- Brainstorming.

2.3 La démarche du projet à suivre

Pour notre étude, nous adopterons l'approche DMAIC, laquelle est décrite comme un processus structuré utilisé dans les projets Lean-Six Sigma, pour améliorer la performance opérationnelle des processus. Cette démarche se décompose en **Cinq étapes** principales qui impliquent les opérationnels impliqués dans le processus étudié.

Etapes à suivre	Le traitement du problème	Les actions à faire
Définir (le projet en utilisant SIPOC, 3QOPC, CTQ).	Comprendre le problème (Cette étape permet de définir le périmètre du processus à améliorer, les attentes des clients du processus).	Description du projet
		Définir la problématique
		Fixer l'objectif
Mesurer (mise en œuvre une étude de l'existant).	Recueillir les données nécessaires. (Estimer les pertes de temps de production). (Cette étape consiste à collecter les données permettant de mesurer objectivement la performance du processus).	Mesurer l'état actuel de l'output de la productivité.
		Mesurer les sources de gaspillages
Analyser (les principales causes qui affectent l'atelier à l'aide des outils ISHIKAWA, Brainstorming).	Générer, analyser et vérifier les données relatives aux problèmes. (Cette étape permet d'identifier les causes potentielles de dysfonctionnement du processus et les sources d'amélioration).	Analyse les causes racines
		Audit 5s
Innover (mise en place des actions d'amélioration).	Trouver des solutions au problème. (Cette étape consiste à définir les processus cibles et à identifier les plans d'amélioration de la performance)	Plan d'actions
Contrôler (KPI).	Calculer le Gain (Cette étape consiste à définir les indicateurs permettant de mesurer la performance du processus cible et donc la pertinence des plans d'amélioration mis en œuvre).	Evaluer les conséquences d'améliorations.

Tableau 2: Les étapes à suivre de la démarche DMAIC.

3 Phase 1 : Application de la première étape de la démarche DMAIC « Définir »

3.1 Charte du projet

Afin d'obtenir l'approbation formelle de la structure et des paramètres globaux du projet proposé, il est nécessaire d'établir une charte de projet (annexe 6), sous forme de résumé des principaux points du projet.

3.2 Méthode des 3QOPC

Cet outil consiste en un questionnement approfondi basé sur les mots clefs suivants : **Qui, Quoi, Quand, Où, Pourquoi, Comment**. Au regard de chacun des mots clef, on peut se poser une série de questions, la méthode est très efficace pour faire ressortir une multitude de données dans un laps de temps très court.

Qui : Services concernées par le problème.

- Département de Production ;

Qui est intéressé par le résultat et Qui est concerné par la mise en œuvre ?

- Directeur Technique, Planificateur, Chef d'équipe, Le Conducteur, l'aide du conducteur ;

Quoi : Nature et conséquence du problème.

De quoi s'agit-il ?

- Il s'agit d'un écart entre l'objectif réalisé et l'objectif demandé ;

Quelles sont les conséquences ?

- Retard de livraison ;
- Heures supplémentaires ;
- Coût de revient du produit (profilé) plus élevé ;

Où : Localisation et périmètre du problème.

Où le problème a-t-il des conséquences ?

- Au niveau de la boîte de conduit (pupitre) ;
- Au niveau de la presse ;
- Au niveau de la table de refroidissement et le PULLER 1 et 2 ;
- Au niveau de la table de traction.

Quels sont les secteurs concernés ?

- Le service Production ;
- Le service Qualité ;
- Tous les postes de travail depuis la matière première jusqu'à l'expédition ;

Quand : Caractéristique temporelle du problème, moment de l'occurrence.

- Quelle est sa fréquence d'apparition ? Aléatoire.

- Depuis combien de temps le problème existe-t-il ? Depuis le 1^{er} démarrage de la presse.
- Quand est ce qu'il faut réagir ? Le plus rapidement possible.

Comment : Mode d'occurrence du problème.

- Comment le problème se révèle-t-il? Aléatoire.
- Comment réagir? Aucune action. **(Ils doivent élaborer un plan d'actions et en le mettant en œuvre.**

Pourquoi : Objectif poursuivi par la résolution de cette situation.

- Identifier les facteurs critiques ;
- Identifier le taux d'influence pour chaque facteur ;
- Identifier les causes et les conséquences du chaque facteur;
- Réduire ce taux d'influence.

3.3 Planification du projet dans le temps (Gantt)

Les missions de projet sont liées en fonction des processus de gestion de projet, les différentes actions de ces processus sont assemblées voir annexe 7.

3.4 Identification des facteurs affectant la productivité.

3.4.1 Identification des caractéristiques clés (CTQ)

Accroître la productivité en augmentant les vitesses d'extrusion n'est pas une tâche facile. C'est pourquoi nous devons mettre en œuvre les éléments clés afin de pouvoir partir sur de bonnes bases.

Pour cela, il faut clarifier un certain nombre de points, qui sont :

- Quels sont les facteurs qui peuvent affecter les vitesses d'extrusion ?
- Quelles sont les actions qu'on peut mettre pour augmenter ces vitesses d'extrusion ?
- Quelle est la situation actuelle et la situation espérée ?

Afin de répondre à ces questions, on a besoin de clarifier que les vitesses d'extrusion ne sont pas générales à toutes les filières (Matrices), chaque référence de filière admet une vitesse maximale d'extrusion qu'il ne doit pas dépasser. Donc notre étude est de déterminer cette vitesse d'extrusion maximal.

Le diagramme CTQ (Critical To QUALITY) représente sur la figure 3 a pour objectif de décomposer le besoin des clients en exigences. Ces besoins doivent être transformés en caractéristiques évaluables et mesurables.

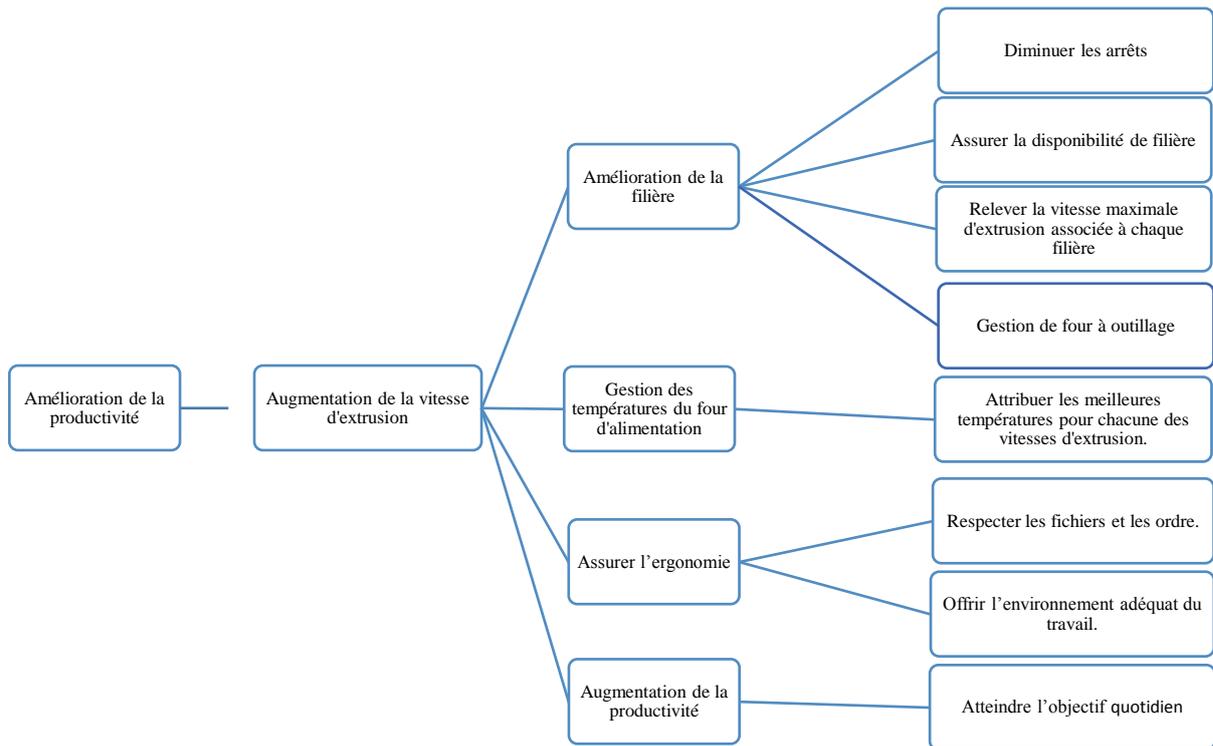


Figure 3: Diagramme CTO définit le niveau précis de qualité.

3.4.2 Identifications des facteurs relatifs à la vitesse d'extrusion

- **La presse :** la presse doit être en bon état pour l'extrusion, puisqu'elle contrôle la vitesse d'extrusion ;
- **La filière :** la vitesse d'extrusion, le nombre d'écoulement (orifice), l'âge et la conception sont des variables paramètres qui changent en fonction du changement de filière;
- **Le fournisseur de MP :** La variation de la MP influence sur les vitesses d'extrusion, car chaque fournisseur à des propres vitesses d'extrusion ;
- **La température :** la filière, le bloc, le conteneur, etc. doivent se trouver dans des niveaux de température fiables à la production ;
- **Le conducteur :** le conducteur de conduit est le cuisinier qui mixe tous ces facteurs pour assurer un bon résultat à la sortie de la presse ;
- **Autre.**

3.5 Le diagramme de SIPOC : Description du flux de production

Pour comprendre le flux de la production au sein de l'atelier de filage, le diagramme de SIPOC (SUPPLIERS - INPUTS - PROCESS - OUTPUTS - CUSTOMERS) a été proposé sur le tableau 3. C'est **une cartographie** du processus en décrivant le flux depuis les entrées des fournisseurs jusqu'aux sorties aux Clients. Au fur et à mesure du déroulement du flux, le fournisseur (SUPPLIER) qui peut être interne ou externe à l'entreprise, fournit une entrée (INPUT) sous forme d'informations, des matières premières, ou des équipes et alimente le processus (PROCESS) dans sa globalité. De ce processus, résulte un livrable

(OUTPUT) sous forme d'un produit, d'une information ou d'un service adressé aux clients (CUSTOMER) qui ne sont pas forcément des clients finaux d'un produit.

SUPPLIERS (Fournisseurs)	INPUTS (Entrées)	PROCESSUS (Processus)	OUTPUTS (Livrables)	CUSTOMERS (Clients)
Fournisseurs (EGA, ALBA, VEDANTA, etc.).	Batch Billets (Alimentation de la table Billets).	Réception, Contrôle, Brossage et transfert par convoyeur.	Billet prêt à chauffer.	FOUR rapide (4 zones).
FOUR rapide (4 zones).	Billet prêt à chauffer.	Chariotage, Chauffage à une température donnée et transfert par convoyeur.	Billet humide	Cisaille à chaud
Cisaille à chaud	Billet humide	Découpage à une longueur donnée et transfert par chariot.	Bloc (Morceau)	La Presse
La Presse	Bloc (Morceau)	Processus filière (préparation de filière, etc.) Pressage, et transfert par convoyeur et PULLER 1.	Profilé d'Aluminium	Machine de découpage intégré au PULLER 1
Machine de découpage intégré au PULLER 1	Profilé d'Aluminium.	Découpage de profilés à une longueur donnée, transfert par PULLER 2 et convoyeur.	Profilé d'Aluminium coupé	STRETCHER (table de traction).
STRETCHER (table de traction)	Profilé d'Aluminium coupé	Elargissement de longueur de profilé et transfert par convoyeur.	Profilé d'Aluminium élargie	Scie de finition (Machine de découpage 2).
Scie de finition (Machine de découpage 2).	Profilé d'Aluminium élargie	Découper les profilés au longueur demandé, transfert par convoyeur, mettre les profilés dans le PRATICA et transfert par pont roulant et convoyeur.	PRATICA (panier)	FOUR revenu
FOUR revenu	PRATICA (panier)	Chauffage, Calcule de la dureté et transfert par convoyeur + pont roulant + chariot élévateur.	Barres d'Aluminium (produit fini).	Atelier de Laquage (MARHABA) Aluminium du Maroc (ADM)

Tableau 3 : Diagramme de SIPOC.

À titre de description générale du processus de filage, nous avons construit un schéma général de l'atelier de filage (annexe 8).

4 Conclusion

Ce chapitre nous a permis de bien définir notre projet, par la présentation du cahier de charges en ciblant ses objectifs principaux dans un sens technique et celui professionnel, tout en citant ses contraintes ainsi que la démarche à suivre. D'autre part nous avons vu une description globale de flux de production, ainsi une identification des facteurs affectants la productivité dans la phase définir. Dans le chapitre suivant, nous effectuons une collection des données nécessaires et nous présentons ainsi une analyse détaillée de l'état actuel de la ligne. Cette étude se fonde essentiellement sur l'analyse des différents facteurs qui ont une incidence sur la productivité.

Chapitre 3 : Mesure et Analyse des données

1 Introduction

Les étapes du DMAIC « Mesurer-Analyser » particulièrement complexe, consiste à collecter les données, mesurer la performance du processus et variabilité, l'analyse des différentes mesures effectuées, en identifiant et en validant avec l'équipe de projet, les causes potentielles et les causes racines d'inefficacité à travers différents outils du Lean Manufacturing, comme Brainstorming, Ishikawa, etc. Ces phases contribuent à déterminer l'origine précise du problème et à obtenir des données fiables sur lesquelles basés le reste de l'étude DMAIC.

2 Collecte des données

2.1 Le système de traçabilité de la productivité de filage

Le système de traçabilité de la production se décompose en multi-registre dont a suivi la transformation de la matière première jusqu'au produit fini. Les registres couramment utilisé sont :

- Registre d'alimentation des billettes à la presse ;
- **Rapport de presse 1900T ;**
- Rapport Scie Final.

Notre étude est fondée sur le rapport de presse (annexe 9) des cinq derniers mois ; décembre, janvier, février, mars, avril 2021-2022, qui décrit le processus, afin d'analyser l'ensemble des données contenant les facteurs ayant un impact sur la productivité.

L'ensemble des données essentielles du rapport de presse concernent la production ;

- Le poste : le nom du chef d'équipe et le nom du conducteur de l'équipe ;
- Le temps de filage pour chaque référence de filière ;
- ADM (le référence de filière) ;
- Le nombre et la longueur du bloc alimenté par la presse ;
- Le poids enfourné : La productivité de chacune des filières en kg ;
- L'origine de la matière première : le fournisseur de la MP ;
- La vitesse d'extrusion réel associé à chaque référence ;
- Le nombre de coupes des profilés sorties de la presse ;
- Le nombre d'écoulements de chaque référence de la filière ;
- La longueur de barre : Produit fini demandé par le client ;
- L'état et l'observation de la filière : est-elle arrêtée durant la production ou non et si oui pourquoi ;

2.2 Les étapes de collecte des données

À partir du système de traçabilité, nous avons réalisé une série de mesures pour suivre les étapes d'étude des données du rapport de presse, afin d'analyser et de déterminer pour chaque vitesse d'extrusion, la productivité générée et la vitesse d'extrusion moyenne voir tableau 4, et de ce tableau nous avons établi la vitesse d'extrusion maximale, la productivité moyenne et la productivité maximum pour chaque référence de filière.

Les données mesurées à partir du rapport de presse sont :

- Les références de filières ;
- Les vitesses d'extrusion maximal réel ;
- Les poids enfournés (la productivité en kg) ;
- Les fournisseurs de la MP ;

2.2.1 Etape 1 : Rapport de presse

Nous avons créé un tableau Excel renfermant les données à mesurer au cours des cinq derniers mois, afin d'extraire les données suivantes :

- La productivité de chaque référence de filière en kilogramme par heure (kg/h) calculée manuellement ;
- La vitesse d'extrusion moyenne de la productivité de chacune des équipes en mètre par minute (m/min) ;
- La productivité totale de chacune des équipes en kilogramme (**kg**).

Un échantillon extrait d'un compte rendu de presse représente la productivité d'une équipe sur le tableau 4 au format Excel.

Mois	Jour	Equipe	Référence de filière	Nombre d'écoulement	La Productivité			Vitesses d'extrusion		Fournisseurs de la MP
					en kg/h	en kg	Totale en Kg	En m/min	Moyennes en m/min	
1	3	1	P3831_30	2	664	1195	7626	22	19,8	VEDANTA
			P5047_18	3	451	149		15		
			P7274_1	2	365	621		20		
			P4606_13	2	810	162		18		
			P2785_12	4	1063	670		22		
			P3068_15	2	1349	2968		25		
			P8134_1	4	ESSAI	68		15		
			P6243_14	2	1280	1793		21		

Tableau 4 : : Un exemple d'objet du rapport de Presse comporte la production de 3 équipes.

Les colonnes colorées indiquent l'état des profilées sorties de la presse en matière de conformité.

- Le couleur **blanc** indique une production normale ;
- Le couleur **rouge** indique un arrêt de production en raison d'une sortie des profilés non conformes et il faut changer la filière.

L'objectif de produire un tableau à partir du rapport de presse de filage est de voir et analyser les vitesses d'extrusion en fonction de la productivité, ainsi de voir le degré d'influence sur le pourcentage de la production et les autres facteurs qui affectent la productivité.

2.2.2 Etape 2 : Vitesses d'extrusion maximale et moyenne

Nous avons construit un 2^{ème} tableau Excel qui comporte pour chaque référence de filière les données suivantes :

- Le nombre d'écoulement ;
- Historique des vitesses d'extrusion qu'il a été utilisé par chacune d'équipes ;
- Le fournisseur de la MP associé à chaque vitesses d'extrusion ;
- Vitesse d'extrusion maximale et vitesse d'extrusion moyenne ;
- Vitesse optimale ;

Un échantillon présente une partie de tableaux provenant de nos travaux, voir le tableau 5.

Référence Filière_Indice	Nombre d'écoulement	Vitesse d'extrusion par Fournisseur de MP												Maximale	Moyenne
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
P4612_13	1	25/V	24/A	26/A										26	25
P6159_3	1	20/V	20/A	19/V	18/V	23/A								23	20
P6696_1	1	18/V	20/A	23/V	20/A									23	20
P4872_22	1	16/V	21/A	16/A	19/A	18/V	22/V	22/A	20/A	20/D				22	19
P3804_5	1	25/A	24/V											25	24
P4872_18	1	21/V	14/A	18/A	24/A	21/A	25/A	18/V	19/V	22/V	22/A	20/D		25	20
P6354_2	1	19/V	17/A	26/A										26	21
P0843_17	1	30/V	26/A	25/A	26/V	24/A	28/A							30	27
P3572_7	1	26/V	24/A	25/A	22/A	23/A	23/V	28/V	25/V	24/A				28	25

Tableau 5: Les vitesses d'extrusion produit pour chaque filière.

Les colonnes colorées indiquent les vitesses d'extrusion maximal optimales associé à chaque référence :

- La couleur **verte** indique une vitesse d'extrusion optimale, ou la filière n'est pas à l'arrêt.

Le but de ce tableau est d'obtenir une vitesse d'extrusion maximale stable pour chaque filière associée à chaque fournisseur de la MP. On peut utiliser la vitesse d'extrusion moyenne pour chaque filière dans le cas d'un nouveau fournisseur.

2.2.3 Etape 3 : La productivité maximale et moyenne

Nous avons construit un 3^{ème} tableau Excel comportant pour chaque référence les données suivantes :

- Le nombre d'écoulement ;
- La productivité associée à chaque vitesse d'extrusion extrait dans l'étape 2 ;
- La productivité maximale et moyenne ;
- La productivité maximale et moyenne par nombre d'écoulement.

Un échantillon relevé provenant de nos travaux dans le tableau 6 en format Excel.

Référence Filière	Nombre d'écoulement	La Productivité en kg/h											Maximale	Moyenne		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
P4612_13	1	906	910	1125											1125	980
P6159_3	1	1129	1020	972	988	906									1129	1003
P6696_1	1	398	1188	1301	1182										1301	1017
P4872_22	1	662	746	758	708	630	1027	874	923	757					1027	787
P3804_5	1	932	880												932	906
P4872_18	1	654	675	672	1082	1017	1036	771	975	1102	1068	1008			1102	915
P6354_2	1	767	867	1022											1022	885
P0843_17	1	1066	1020	817	920	930	982								1066	956
P3572_7	1	1067	1005	1120	1111	1088	950	1168	1177	1153					1177	1093

Tableau 6: Les productivités associées à chaque vitesse d'extrusion de filières.

L'approche de ce tableau est d'analyser la productivité produite pour chaque vitesse d'extrusion et voir les écarts de production entre les vitesses d'extrusion produite ainsi de déterminer la productivité optimale associée à la vitesse d'extrusion optimal de chaque référence de filière.

La productivité maximale et moyenne sont respectivement associé à la vitesse d'extrusion maximale et moyenne associé à chaque indice de filière.

3 Etude de l'Evolution de la productivité

L'évolution de la productivité est un indicateur de performance qui mesure l'efficacité de tout ou partie d'un processus ou d'un système, par rapport à une norme, un plan ou un objectif qui aura été déterminé et accepté, dans le cadre d'une stratégie d'ensemble.

L'évolution de la performance technique de INDUSTUBE par le temps se résume dans :

- La relation de calcul de la productivité en **Poids Enfourné** :

La productivité Moyenne par équipe = **Poids Enfourné sur Temps d'extrusion.**

Exemple : 8000kg/8h = 1000kg/h.

L'objectif de tonnage par shift : 8000 kg. → 1000kg/h

3.1 Evolution de la productivité en kg de toutes les équipes

Pour mettre en perspective l'évolution de la productivité, nous présenterons un historique de mois avril 2022 représenté sur la figure 4, afin de visualiser la productivité moyenne des 3 équipes en kilogramme.

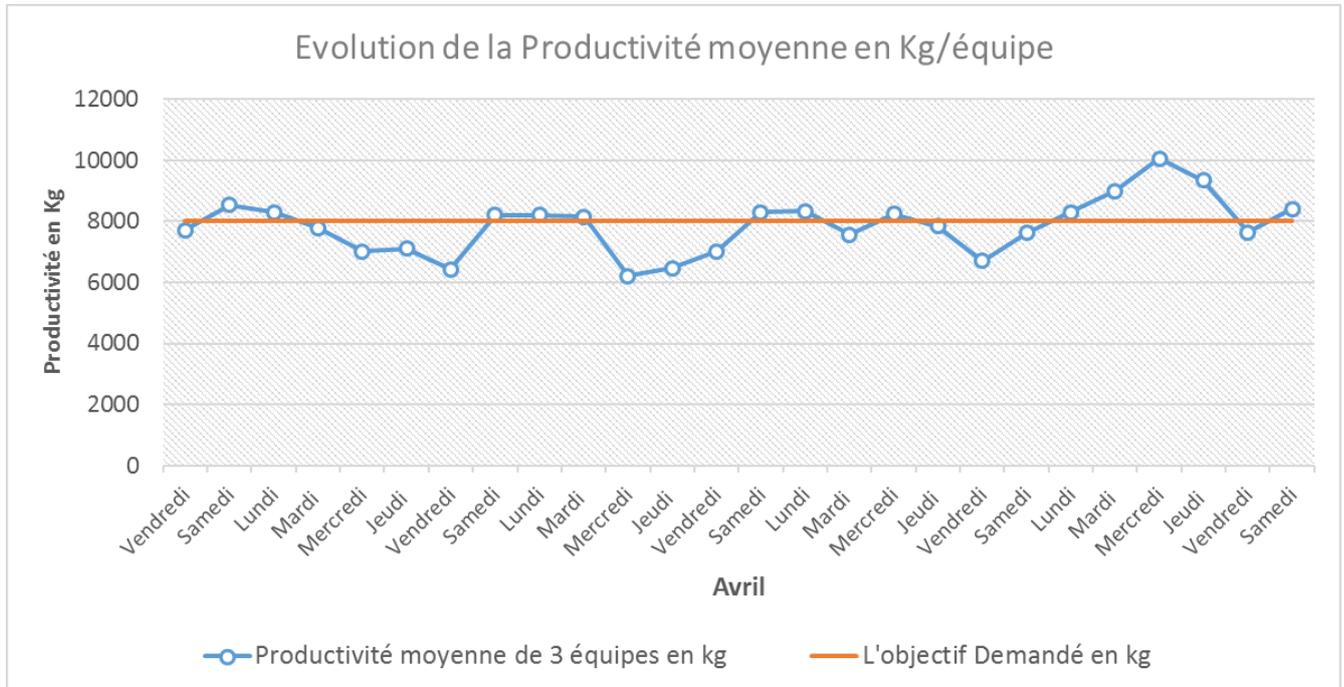


Figure 4: Evolution de la productivité par équipe en kg.

NB : la production de 24 heures se divise en 3 équipes.

La productivité par chaque équipe en kg ne répond pas aux attentes de la société, car d'après **Figure 4**, il faut augmenter la productivité pour répondre à l'objectif demandé.

D'après les résultats, nous remarquons des fluctuations de la productivité qui sont distribuées en trois types de points de production générales :

- Des points de productivité qui sont au-dessous de l'objectif ;
- Des points de productivité proches de l'objectif ;
- Des points de productivité égales l'objectif.
- Des points de productivité supérieures à l'objectif.

Nous avons mesuré l'évolution de la productivité associée à chaque équipe durant le mois avril pour voir la différence entre les 3 équipes.

3.2 Evolution de la productivité en kg de la 1ère équipe

La figure 5 représente le résultat d'une évolution de la productivité de la première équipe en kilogramme dans le mois d'avril.

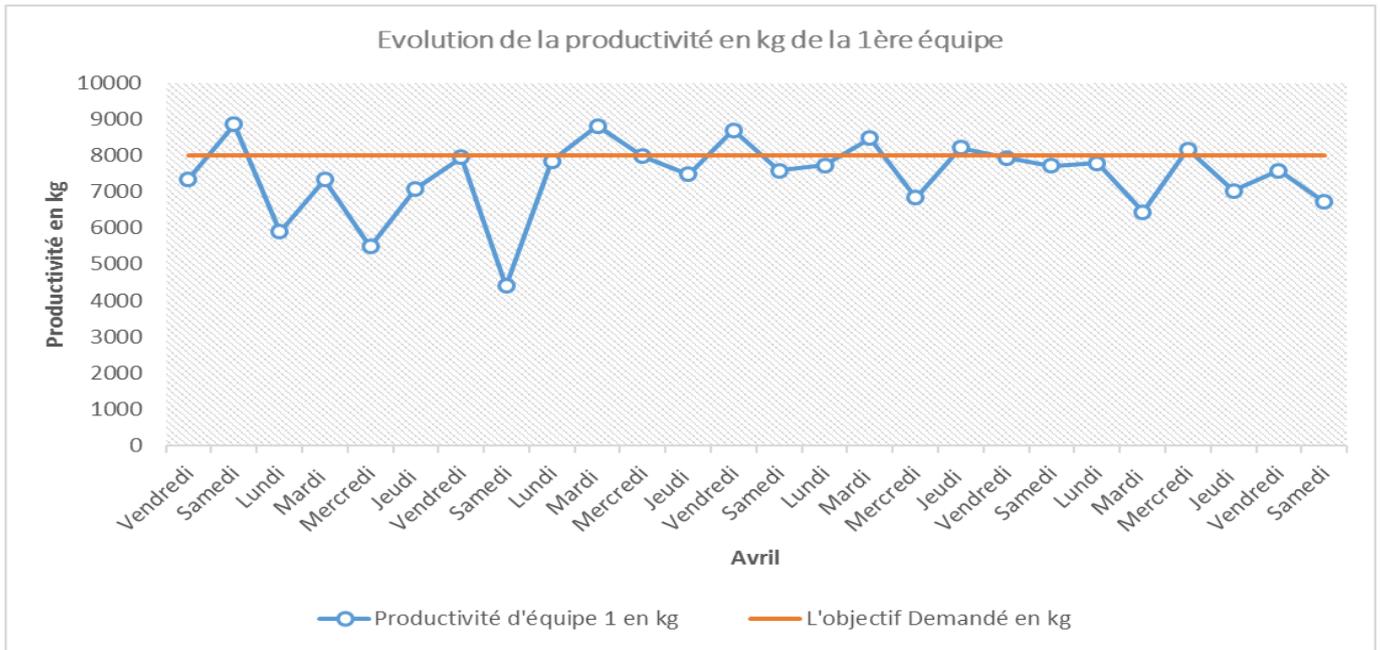


Figure 5: Evolution de la productivité de 1er équipe en kg.

Les majorités des points de la productivité ne répondent pas à l'objectif défini pour chaque équipe (figure 5).

3.3 Evolution de la productivité en kg de la 2ème équipe

La figure 6 est le résultat d'une variation de la productivité de la deuxième équipe en kilogrammes en avril.

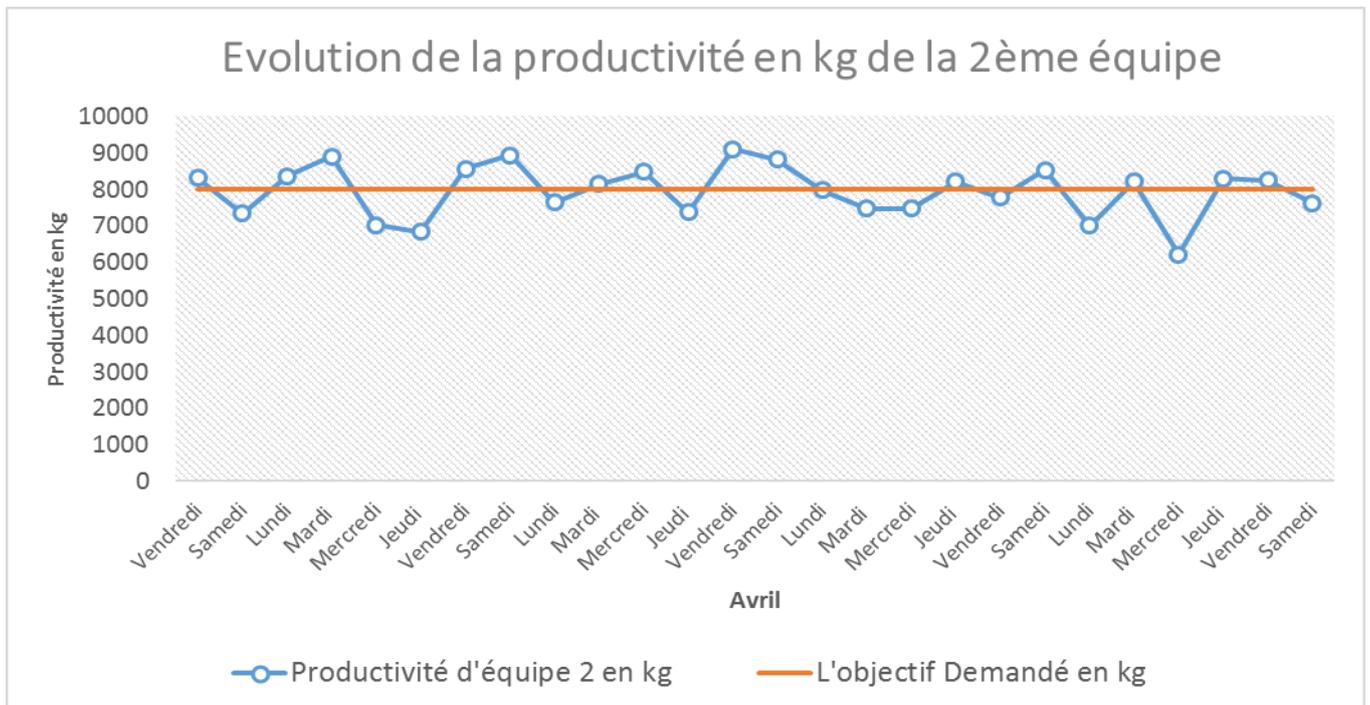


Figure 6 : Evolution de la productivité de 2ème équipe en kg.

La productivité de la deuxième équipe est clairement plus élevée que celle de la première équipe, mais certains points de productivité n'atteignent pas l'objectif.

3.4 Evolution de la productivité en kg de la 3ème équipe

La figure 7 représente le résultat d'une évolution de la productivité de la troisième équipe en kilogramme dans le mois d'avril.

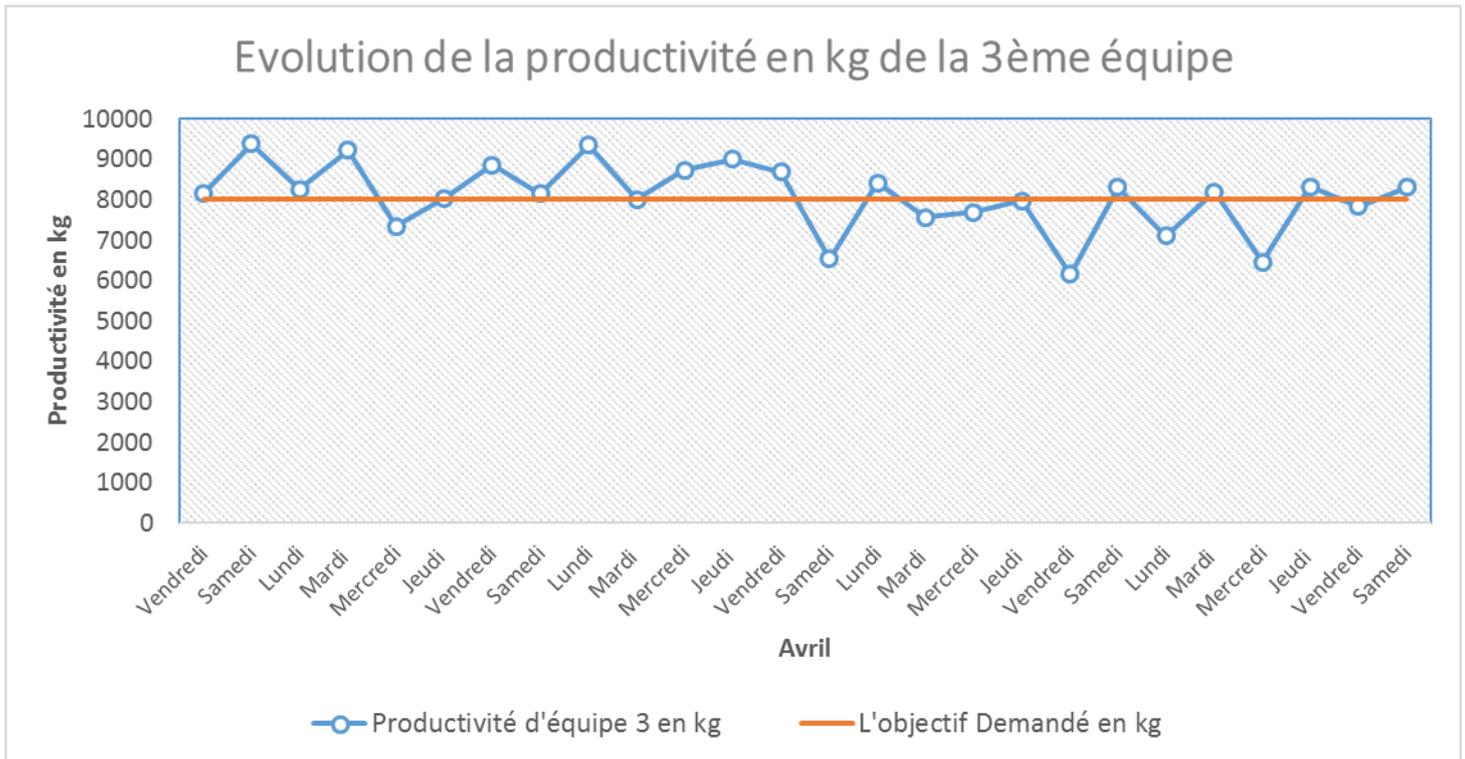


Figure 7: Evolution de la productivité de 3ème équipe en kg.

La productivité de la 3ème équipe est supérieure à la productivité de la 1^{ère} et la 2^{ème} équipe.

D'après les résultats des trois figures présenté ci-dessus, nous remarquons donc qu'il y a un écart de la productivité entre la 1ère équipe et les 2 autres équipes, il y a aussi des fluctuations des points de productivité qui ne répondent pas aux attentes de la société.

Conséquemment, il est d'une importance cruciale de déceler les causes de ces faibles valeurs tout en étudiant les paramètres influençant cette évolution de la productivité.

Nous avons fait une analyse par le diagramme 5M (figure 8) pour déceler les causes qui engendrent cette faible productivité :

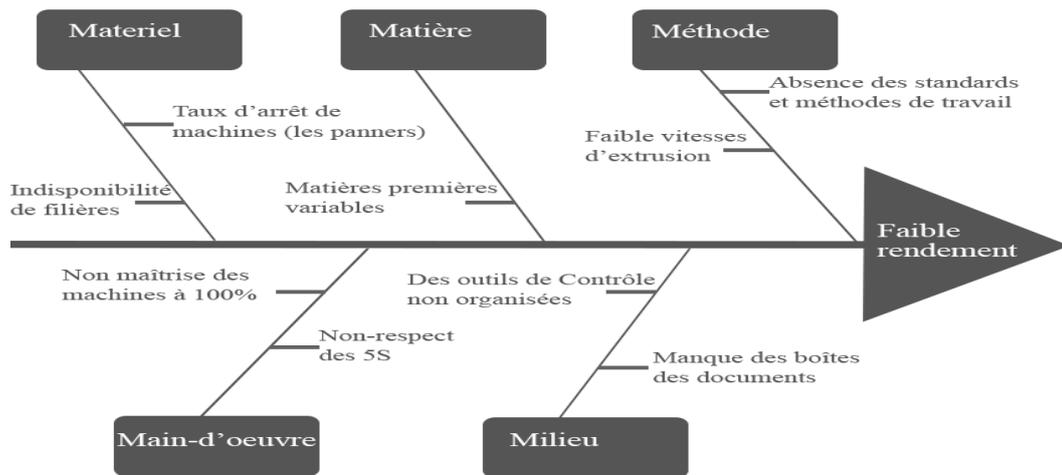


Figure 8: Diagramme 5M.

4 Evolution de la vitesse moyenne d'extrusion

La variation de la vitesse d'extrusion moyenne est en relation avec les vitesses d'extrusion de chacune des filières produites par chaque équipe. Les résultats trouvés sur la figure 9, indique que les majorités des vitesses moyenne d'extrusion de la production des équipes ne répondent pas aux attentes de l'entreprise, en effet la vitesse moyenne par équipe **25m/min**.

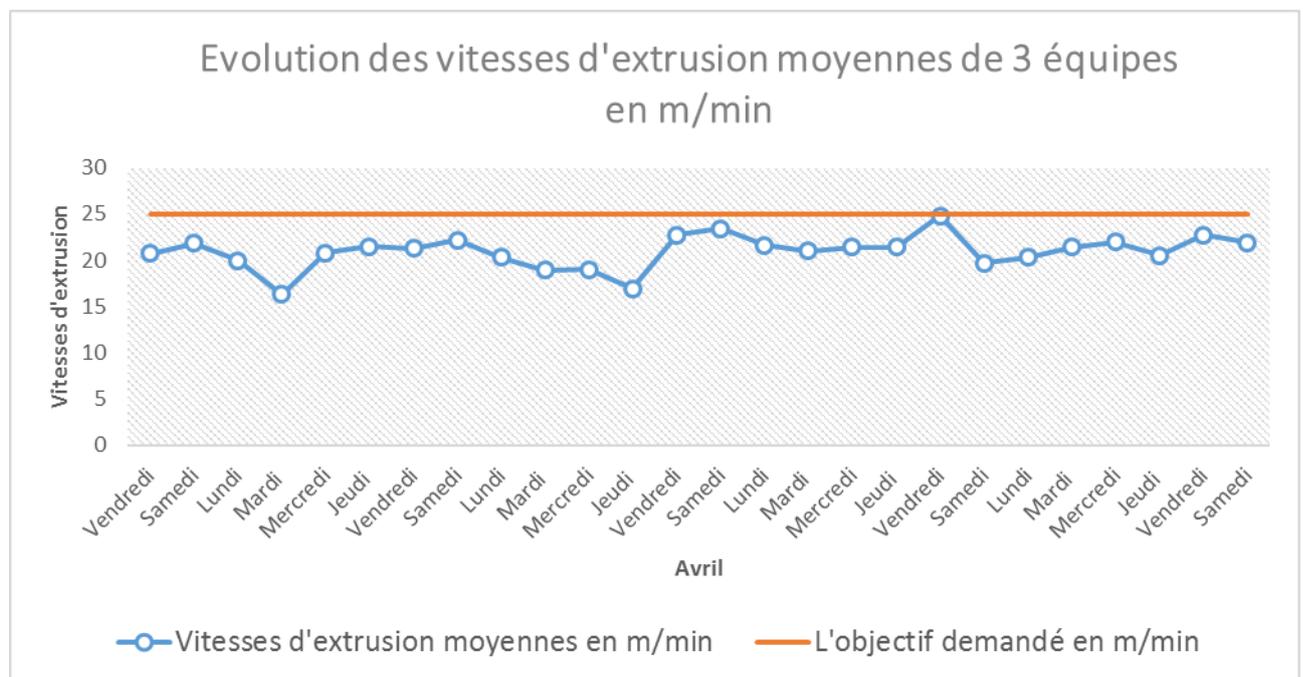


Figure 9: les vitesses d'extrusion moyenne produit le mois 4.

5 Analyse des facteurs affectant la productivité

5.1 Le temps

La prise du temps de production sert à déterminer la durée prise pour finaliser une commande. Cette durée doit tenir compte du niveau de qualité requis, des moyens utilisés, d'un nombre limité de déchets, de la main d'œuvre, du mode opératoire et des conditions de travail.

Le temps donc et le principal facteur qui affectent la productivité, et pour arriver à diminuer le temps de production nous sommes obligés d'optimiser certains facteurs pour atteindre un meilleur résultat.

Les facteurs majeurs donc qui impactent le temps de la production normal sont :

- La filière ;
- La vitesse d'extrusion.

5.2 La Filière

5.2.1 Type de conception de filière

Les filières se décomposent généralement en 3 types qui fabriquent chacune des profilés avec des conceptions différentes, chaque design demande un temps de production en fonction de la complexité des profilés souhaités. La figure 10 représente les trois formes de profilés qu'on peut obtenir à partir de chacune des filières.

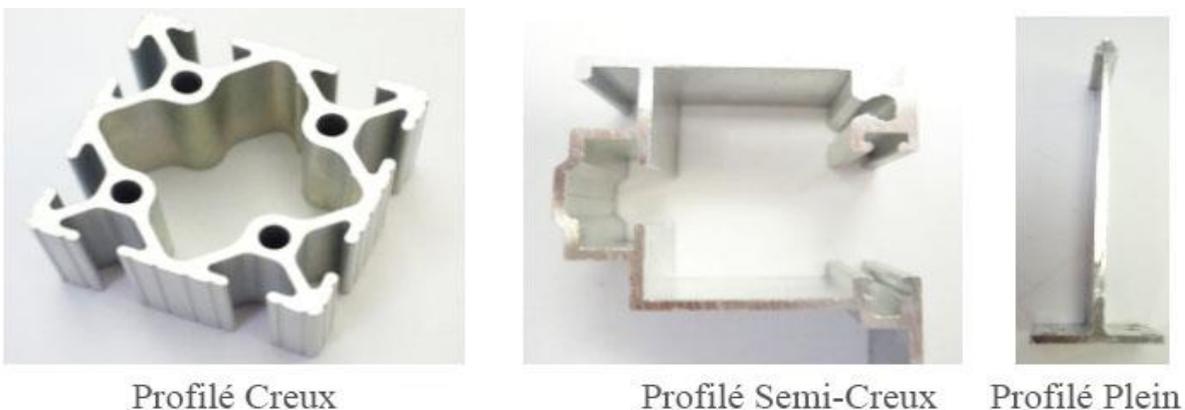


Figure 10: Les formes de conception des profilés.

5.2.2 Le temps de changement de filière

Le temps nécessaire pour changer une filière par une autre filière repose sur deux étapes essentielles ;

- Un temps de trajet estimé par une minute à partir du four à outillage et la mise en place dans la cassette avant le changement, dans cette partie la presse est en train de produire ;
- Un temps de changement de filière par une autre, dans cette partie la production est arrêté environ 2-3 min.

En cas de sortie des profilés non conformes ou d'arrêt imprévu de la matrice, nous visualisons une vitesse d'extrusion réduite - **Rapport de presse**.

Dans la partie où l'arrêt est parvenu, le conducteur devait compléter le bloc présent dans la presse, à cette fin, le conducteur travaille avec une faible vitesse d'extrusion de sorte que la filière passe le chemin entre le four d'outillage et la cassette (Annexe 10).

5.2.3 Notion de la productivité par mètre

Une filière est une matrice formée en acier avec une conception, dessin et nombre d'écoulement spécifique, dans l'objectif d'entrer dans une presse pour reproduit des profils en aluminium extrudé (barres, tubes, etc.) voir annexe 11. Les produits semi-finis (profilés d'aluminium) libérés de la presse permettent de mesurer à des nombres de tonnage variable selon **La productivité par mètre associé à chaque filière** alimentée par la presse, qui se divise en **3 types générales**. Les différents types de filières sont représentées sur le tableau 7 en fonction de leurs poids supportés.

Catégories	Types de filières	Poids en gramme par mètre (g/m)
A	Filière Faible	Inférieur à 300g
B	Filière Moyenne	Entre 300g et 1200g
C	Filière Massives	Supérieur à 1200g

Tableau 7: Notion de la productivité en gramme par mètre.

Les commandes des clients d'INDUSTUBE ont une incidence directe sur la productivité quotidienne, et donc sur le type de filière qu'ils doivent alimenter la presse. Le tableau 8 indique un exemple des différents types de filières représenté chacune par leur référence, leur nombre d'écoulement et leur poids théorique.

Catégories	Référence filières	Nombres d'écoulements	poids théorique (g/m)
A	P8320	12	36
	P8256	6	70
	P8257	6	95
	P8258	4	143
B	P7262	2	549
	P7261	2	552
	P8322	2	666
	P7879	1	728
C	P0031	1	1253
	P0032	1	1577
	P4754	1	1954
	P7967	1	3673

Tableau 8: Exemple des types de filières et leurs poids théoriques en g/m.

5.2.4 Filières en fonction des vitesses d'extrusion

D'après les mesures traitées dans la partie méthode de travail nous constatons que pour chaque type de filière, il existe une vitesse d'extrusion limite qu'on ne doit pas dépasser, et donc on ne peut pas généraliser une vitesse d'extrusion pour toutes les références de filières.

- **Les filières fournies des profilées à poids lourdes :** nécessite une forte pression pour pousser les profilés vers la sortie de la presse, par conséquent, même si nous augmentons la vitesse de la presse, nous n'atteignons pas une vitesse d'extrusion élevée. En fait, il y a une limite de pression qui ne doit pas être dépassée afin de ne pas briser la filière.
- **Les filières fournies des profilées à poids moyenne et faible :** on peut accélérer à des grandes vitesses d'extrusion, mais toujours en prenant comme considération les facteurs extérieurs comme les vitesses de déplacement de PULLER 1 et 2 et leurs communications avec la presse. L'opérateur doit être capable de gérer cette vitesse d'extrusion afin de contrôler la conformité des produits sortis de la presse.
- **Les filières Fournies des profilés Creux et semi-creux :** Contient des formes complexes qui nécessitent des vitesses d'extrusion limitées pour qu'il produise des profilés conformes.
- **Les filières Fournies des profilés Plein :** Ne contient pas nécessairement des formes complexes, nous pouvons augmenter les vitesses d'extrusion de manière importante.

5.2.5 Notion de système de NITRURE

Les systèmes et technologies de nitruration offrent une qualité et des performances supérieures, améliorant la résistance à l'usure et à la corrosion d'un certain nombre de types de filières, à chaque nitruration de filière nous augmentons les caractéristiques physiques et chimiques de la filière, elle devient plus durable et capable de travailler avec un nombre de tonnages et vitesses d'extrusion supérieures, c'est pour cela les filières ont besoin de passer à la nitruration à chaque production, mais ce système consomme de l'argent à chaque cycle de nitruration, et par conséquent nous avons besoin de minimiser cette consommation.

En général les filières nouvelles ont besoin de passer au moins cinq fois au service de nitruration pour être capables de travailler avec des grandes vitesses d'extrusion (Annexe 12).

5.3 Blocs en fonction des vitesses d'extrusion

Le bloc est une pièce découpée de la matière première sous forme de billets en alliage d'aluminium à une longueur définie à partir d'une relation comprenant différents facteurs (annexe 13). La variation du nombre de blocs et de la longueur est considérée parmi les facteurs ayant une incidence sur la productivité par :

- La passation des blocs à la presse qui consomme du temps ;

- Cette passation des blocs influence sur la vitesse d'extrusion ;
- Les trois premiers blocs passent à une basse vitesse d'extrusion.

5.4 Nombre de coupes des profilés en fonction des vitesses d'extrusion

Pour réduire le temps de production, le conducteur choisit une longueur de bloc maximum qui entrera dans la presse en fonction des critères qui sont.:

- La longueur de barre finale exigée par le client ;
- Le nombre de coupe
- Le nombre d'écoulement selon la filière monté dans la presse ;
- Le poids théorique de la barre calculé par le système ;
- Diamètre de bloc.

Le calcul de bloc se fait par la relation suivante :

La longueur de barre en (m) * nombre de coupe (maximale 45m, la longueur de la table de refroidissement) + 1,8m déchets * nombre d'écoulement (selon filière) * poids théorique (calculée par le système EMS).

L'extrusion de ce bloc permet d'obtenir un profilé d'une longueur calculée par la relation ci-dessus.

Selon le type de filière, parfois le conducteur doit nécessairement doubler le nombre de coupes pour accroître la longueur du bloc de charge. Ceci a une influence explicite sur la vitesse des PULLERS 1 et 2 et par conséquent la vitesse d'extrusion.

5.5 Les fournisseurs de la MP en fonction des vitesses d'extrusion

INDUSTUBE fournit des billettes en alliage d'aluminium de la famille 6060, dont chacune présente une vitesse d'extrusion variable, en général, les fournisseurs d'aluminium ont une influence implicite sur la qualité des profilés fabriqués, puisque chacun possède sa propre caractéristique chimique de l'alliage, propriétés physiques, tolérances de la billette, propriétés mécaniques d'alliage, etc.

En effet, le type de fournisseur nous a forcés à ne pas dépasser une vitesse d'extrusion trop élevée.

Soit les fournisseurs de **INDUSTUBE** selon l'ordre de qualité : EGA (DUBAL), ALBA, AUTRE.

5.6 Le Conducteur

Tous les facteurs cités précédemment ont nécessiter une bonne gestion par un conducteur qualifiant et expert capable de conduite à de grandes vitesses d'extrusion et ainsi pour permette d'établir une bonne combinaison entre les différents facteurs de production.

6 Brainstorming

Le Brainstorming est une technique de créativité qui a pour but de produire une grande quantité d'idées nouvelles sur un sujet de discussion.

Après un brainstorming avec le directeur technique, le planificateur, le chef d'équipe, le conducteur et le mise au point de l'atelier, on a abouti à générer ces idées :

- Manque d'une fiche d'instruction pour chaque équipe qui définit les différentes étapes de production ainsi la planification de commandes (Service méthode) ;
- Arrêts décidés maintenance ;
- La table de traction n'encourage pas à augmenter les vitesses d'extrusion ;
- Nécessite une gestion des paniers (Praticable) nous pouvons d'abord commencer par la gestion des praticables de série MARHABA, manque de paniers ça va impacter sur la vitesse d'extrusion ;
- Espace de travail mal organisé ;
- Risque de blessure lors du contrôle de conformité des profilées sorties de la presse ;
- Le temps de contrôle au niveau des produits semi-finis est élevé ;
- Manque d'espace pour déposer des outils de contrôle qualité ;
- Manque de motivation pour les opérateurs ;
- Nécessité d'une formation sur les 5s, les paramètres de conduit, les arrêts ;
- Nécessité d'une gestion de fours à outillage des filières ;
- Des micros arrêts non justifié (non-marqués sur le rapport de presse) ;
- Manque d'un département de Lean Manufacturing ;
- Manque d'un département de la *Supply-chain* management ;
- Production sur charge (augmentation de stock).

7 Conclusion

Cette phase nous a permis d'identifier les principales causes des effets cités à travers l'outil du diagramme Ishikawa en particulier des vitesses d'extrusion faibles, des problèmes au niveau de filières, absence totale des standards et méthode de travail, ainsi un changement des fournisseurs de la MP qui en des incidences sur les vitesses d'extrusion. Le chapitre suivant est consacré à la mise en place des actions correctives et amélioratives pour optimiser les vitesses d'extrusion associé à chacune des filières, établir une fiche d'instruction pour l'opérateur de conduit, afin de proposer une application VBA pour la gestion des vitesses d'extrusion.

Chapitre 4 : Plan d'action et gains du projet

1 Introduction

L'objectif de cette phase consiste à établir un plan d'action ainsi une description des améliorations proposées dont le but s'articule sur l'augmentation du pourcentage de la productivité. Nous contrôlons aussi la situation actuelle et en estimons le gain de notre projet.

Les actions d'amélioration qui seront proposées doivent être efficaces et ne nécessitent pas beaucoup d'investissements afin de minimiser les dépenses.

Cette étape permet :

- La mise en œuvre d'un plan d'action pour les problèmes décelés;
- Le passage au terrain pour faire une application réelle et voir les conséquences du changement ;
- Estimation de gain.

2 Le plan d'action

Les diverses solutions ou options possibles pour résoudre notre problème ont été analysées, comparées et isolées. Les solutions que nous avons envisagées vont nécessairement entraîner des changements dans l'organisation.

Bien que la réussite de cette dernière étape puisse dépendre de plusieurs facteurs, qui peuvent être mentionnés ;

- La nature des changements impliqués ;
- Le nombre de personnes impliquées, et leur provenance ;
- La complexité des changements envisagées ;
- Les freins rencontrés ;

2.1 Action 1 : Maximisation des vitesses d'extrusion

2.1.1 Mise en œuvre des améliorations sur les Filières

A partir de l'historique des vitesses d'extrusion notées dans le rapport de presse des cinq derniers mois, nous améliorons le rendement des filières afin d'établir :

- La vitesse d'extrusion maximale de chaque filière ;
- Nous avons essayé d'augmenter ces vitesses d'extrusion à travers des applications réelles ;
- L'objectif est de stabiliser la vitesse d'extrusion pour chaque référence de filière.

Dans un tableau Excel nous avons mis en place les vitesses d'extrusion maximal déjà appliqué sur le terrain basé sur les anciens historiques de système de traçabilité, et nous avons essayé d'augmenter ces vitesses d'extrusion et déterminé par l'entreprise dans un but d'arriver à des vitesses d'extrusion maximales à chacune des références de filière.

Le résultat d'augmentation a été établi sur une base de données, un échantillon représenté sur le tableau 9.

Référence Filière	Nombre d'écoulement	Vitesses maximales d'extrusion en (m/min)
P0031	1	27
P0032	1	23
P0244	4	23
P0557	5	26
P0750	1	27
P3348	6	30
P3426	2	26
P3456	1	26
P7274	2	29
P7275	4	28
P8256	6	31
P8257	6	30
P8258	4	30

Tableau 9: Vitesses d'extrusion maximales de références filières.

Pour voir le degré d'augmentation, le Tableau 10 indique la vitesse d'extrusion moyenne et la vitesse d'extrusion maximale de toutes les références des filières.

Vitesse maximale de l'ensemble des vitesses maximales en (m/min)	32
Vitesse moyenne de l'ensembles des vitesses maximales en (m/min)	25,23

Tableau 10: les vitesses moyennes et maximales d'extrusion.

Le degré d'amélioration par nombre d'écoulement associé à chaque écoulement avant et après l'augmentation des vitesses d'extrusion maximales moyenne (Tableau 11).

Nombre d'écoulement	Vitesses maximales moyennes par écoulement en (m/min)		
	Avant	Après	
1	24,5	25,5	
2	24,09	26,09	
3	22,46	24,46	
4	22,49	24,49	
5	28	28,53	
6	24,67	25	
7	28	28	
8	20,2	22	
12	24,4	24,94	
Vitesse d'extrusion en (m/min)	Maximal	24,28	28,53
	Moyenne	21,27	25,38

Tableau 11: Vitesse max et moyenne par nombre d'écoulement avant et après l'amélioration.

Le tableau 11 indique clairement l'amélioration des vitesses d'extrusion selon les nombres d'écoulement et donc la vitesse d'extrusion de chaque filière.

Nous avons projeté ces améliorations de productivité et nous avons vu clairement en termes de tonnage par heure l'influence de la vitesse d'extrusion sur la productivité d'une façon importante.

Cette amélioration de ces vitesses d'extrusion apparaît sur le degré d'augmentation de la productivité en kilogramme par heure, le tableau 12 indique la productivité moyenne et la productivité maximale associée à chaque vitesse de toutes les références de filières avant et après l'amélioration.

Productivité en (kg/h)	Avant	Après
Maximale	1169	1286
Moyenne	1016	1138

Tableau 12: Productivité max et moyenne avant et après l'amélioration.

En terme de nombre d'écoulement en visualise le gain en kilogramme par heure sur le tableau 13.

Nombre d'écoulement	Productivité en (kg/h)
1	1199
2	1211
3	1290
4	1210
5	1290
6	1222
8	1007
12	989
Productivité maximale	1290
Productivité moyenne	1177,3

Tableau 13: Gain de productivité max et moyenne par nombre d'écoulement.

2.1.2 Mise en œuvre des améliorations sur Les fournisseurs de la MP

L'amélioration des vitesses d'extrusion doit prendre en considération le type de fournisseur de la MP, car en raison de l'échange des caractéristiques physiques et chimiques de chaque fournisseur d'alliage, il n'est pas possible de généraliser une vitesse d'extrusion constante sur l'ensemble des fournisseurs de la MP. En effet, il faut établir pour chaque filière et fournisseur de la MP une vitesse d'extrusion particulière. Le tableau 10 présente une adaptation des vitesses d'extrusion des références de filières de différents types de fournisseurs de MP.

Référence Filière	Nombre d'écoulement	Nombre d'échantillon	Vitesses d'extrusion maximales en (m/min)				
			VEDANTA	ALBA	DUBAL	CBA	ALFA
P0031	1	1	24	20	27	22	23
P0032	1	1	23	22	23	20	21
P0244	4	1	23	22	23	22	21
P0557	5	1	26	24	23	24	23
P0750	1	1	26	27	27	24	25
P3348	6	2	29	30	28	28	28
P3425	2	1	23	22	24	24	24
P3426	2	1	25	26	27	24	24
P3456	1	1	22	20	26	23	22
P3536	2	1	22	22	22	20	21
P7273	2	1	25	26	26	24	22
P7274	2	1	20	29	26	25	26
P7275	4	2	28	27	28	27	26
P8256	6	1	28	31	30	29	28
P8257	6	1	29	28	30	28	27
P8258	4	1	30	30	26	25	25

Tableau 14: Vitesses d'extrusion max de chaque référence en fonction du fournisseur de la MP.

Les vitesses moyennes d'extrusion associé à chaque fournisseur de la MP après l'amélioration représenté sur le tableau 15.

Nombre d'écoulement	Vitesses d'extrusion moyennes en (m/min)				
	VEDANTA	ALBA	DUBAL	CBA	ALFA
1	24,5	25,4	25,2	22,6	22,7
2	24,7	25,8	25,2	21,4	22,2
3	25,8	26,5	26,3	21,6	22
4	23	24,1	24,4	21,9	24,3
5	28,5	26	28,5	27	22
6	25,3	26,1	26,5	24	22,4
7	23	23,5	25,5	26	24
8	22	24	25	24	24
12	24,0	24	24	24	22

Tableau 15: Vitesses d'extrusion moyennes par nombre d'écoulement de chaque fournisseur de la MP.

Le tableau 16 montre les vitesses moyenne et maximale en fonction de la productivité moyenne en kilogramme par heure des cinq mois dernière associé à chaque fournisseur.

Les vitesses maximales d'extrusion associé à chaque fournisseur de la MP après l'amélioration.

	VEDANTA	ALBA	DUBAL	CBA	ALFA
Vitesse d'extrusion moyenne de l'ensembles des vitesses maximales en (m/min)	23,24	24,44	24,41	21,79	22,73
Vitesse d'extrusion maximale de l'ensembles des vitesses maximales en (m/min)	32	32	32	32	29
Productivité d'extrusion moyenne associé aux vitesses moyenne en (kg/h)	1245	1303	1134	1100	989

Tableau 16: fournisseurs de la MP en fonction des vitesses d'extrusion, productivité en kg/h.

2.1.3 Mise en œuvre d'une application VBA de gestion des vitesses d'extrusion

Pour standardiser les vitesses d'extrusion maximales relevées à chaque référence de filière et pour minimiser le temps perdu par le conducteur lors de l'essai des vitesses d'extrusion. Nous avons mis en place une application VBA (figure 11), afin que le pilote sélectionne la bonne vitesse d'extrusion associée à chaque référence et ne perd pas de temps à tester chaque référence.

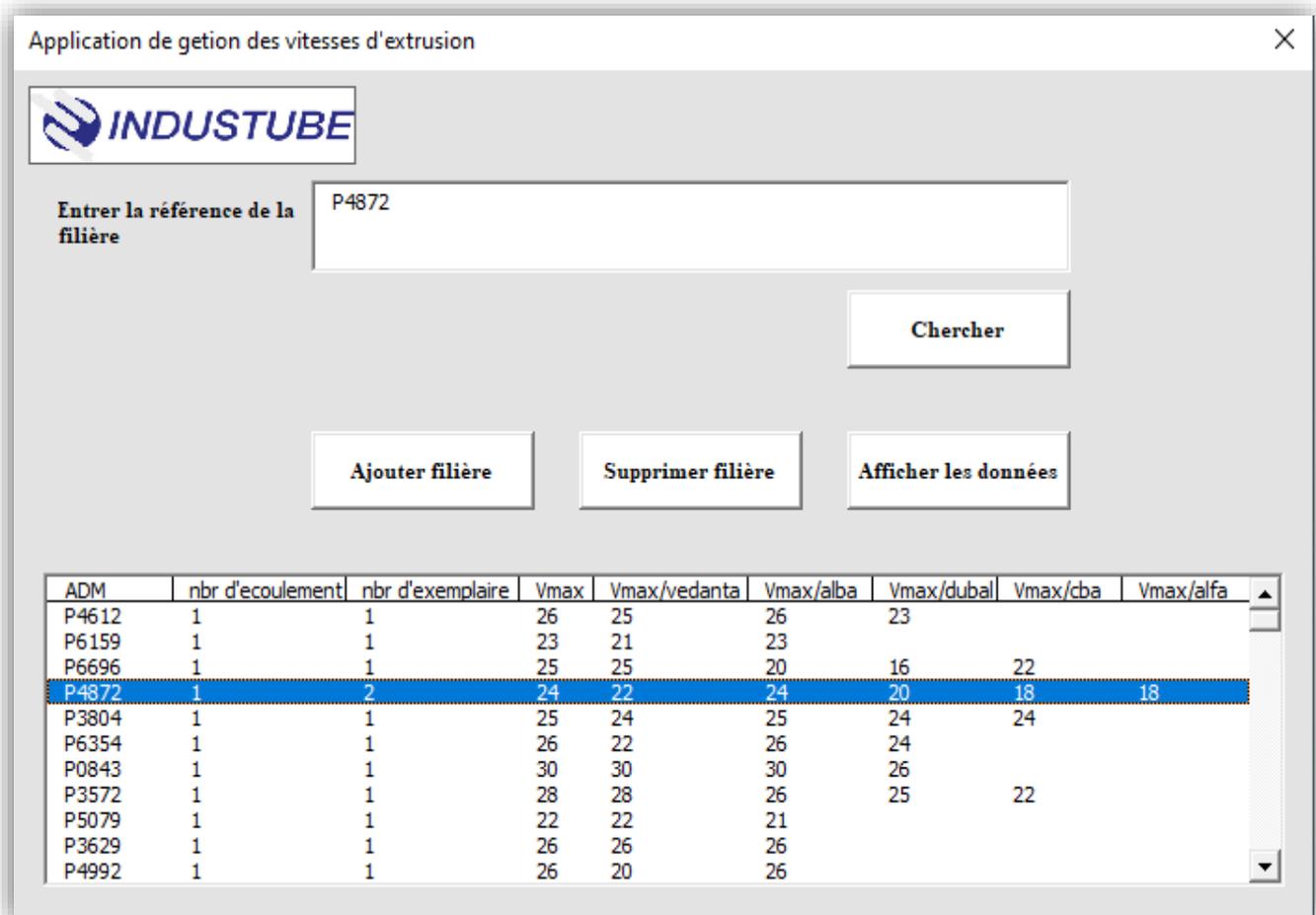


Figure 11: Application VBA de gestion des vitesses d'extrusion.

Bouton **Chercher** : Permet de rechercher la référence saisie dans la barre de recherche, et doit donner comme résultat la filière souhaitée avec les vitesses d'extrusion associées à chaque fournisseur d'alliage.

Bouton **Ajouter filière** : Permet d'ajouter à la base des données des vitesses d'extrusion associées à une nouvelle filière en entrée.

Bouton **Supprimer filière** : Permet de supprimer les vitesses d'extrusion associée aux filières non utilisés.

Bouton **Afficher les données** : Permet d'afficher la base de données des vitesses d'extrusion pour toutes les références, celles-ci peuvent être modifiées sur ces données.

2.2 Action 2 : Exécution des vitesses d'extrusion sur le terrain

Les vitesses d'extrusion que nous avons extraites dans l'action 1 sont généralisées sur tous les indices d'une conception de filière, mais dans le cas pratique on trouve que chaque indice de filière travaille avec une vitesse d'extrusion limitée dépend de plusieurs conditions comme les fournisseurs de filière, la qualité de matériel de fabrication de filière, le prix de filière, etc.

Nous avons déjà effectué le travail d'extraction des vitesses d'extrusion associé à chaque indice de filière (Tableau 5) et nous avons associé les vitesses maximales des filières avec chaque fournisseur de la MP.

Avant de mettre en place ces vitesses d'extrusion dans le terrain, nous avons pris un échantillon déjà produit à partir de rapport de presse (tableau 17) et nous avons essayé de remplacer les nouvelles vitesses d'extrusion pour voir de façon théorique le degré d'amélioration en matière de vitesse d'extrusion, en matière de pourcentage, en matière de kilogramme/h et le gain en dirhams. En prendre en considération :

- Les arrêts de production ;
- Les vitesses d'extrusion associés à chacune des filières en Exclut les filières arrêtées durant la production et les ESSAI ;
- Nous avons travaillé sur le fournisseur de la MP : ALBA ;
- Exclut les cas des freins rencontrés ;
- Un échantillon des filières divers en terme des nombres des écoulements, conception (Creux, semi-creux, plein), etc. D'une manière à généraliser l'étude sur de nombreuses genres de filières.

Le tableau 17 représente la productivité de trois équipes avec les divers facteurs de production avant l'amélioration contenant pour chaque indice d'une filière ;

- Le nombre d'écoulement ;
- L'état de filière durant la production ;
- La vitesse d'extrusion ;
- La productivité ;
- Le temps de filage.

Pour chaque équipe :

- Le temps total d'extrusion en minute.

équipe	Référence filière_Indice	Nombre d'écoulement	L'état de filière	Vitesse d'extrusion en (m/min)	Productivité en kg	Temps de filage en min	Temps total d'extrusion en min
1	P7263_5	2		22	1552	96	428
	P7267_9	2		24	3326	220	
	P8182_11	1	ESSAI	14	60	10	
	P7268_9	4		22	462	46	
	P3578_8	2		17	1103	56	
2	P3578_8	2		17	506	25	435
	P7272_4	4		27	2270	131	
	P3161_28	2	ESSAI	16	66	7	
	P6360_2	1	Arrêt	18	240	17	
	P4609_12	1		20	2021	116	
	P3628_6	12	Arrêt	18	75	16	
	P7257_6	3	Arrêt	18	1034	66	
	P7851_1	8	Arrêt	16	136	11	
P7272_4	4		27	823	46		
3	P7272_4	4	Arrêt	27	331	21	455
	P7270_1	2		26	1490	82	
	P7272_5	4	Arrêt	15	28	8	
	P7269_1	2		28	1420	89	
	P7882_2	1		24	2291	141	
	P7258_6	3		18	2117	114	

Tableau 17: Productivité de 3 équipes d'un jour extrait du rapport de presse avant l'amélioration.

Nous avons remplacé les vitesses d'extrusion colorée en jeune du tableau 17 par des nouvelles vitesses d'extrusion que nous avons construite sur l'action 1.

Le résultat de remplacement est présenté dans le tableau 18 qui montre le degré d'amélioration en matière des vitesses d'extrusion et donc le gain de temps estimé en minutes.

équipe	Référence filière Indice	Nombre d'écoulement	Vitesse d'extrusion en (m/min)	Productivité en kg	Temps de filage en min	Temps total d'extrusion en min
1	P7263_5	2	25	1552	85	391
	P7267_9	2	27	3326	194	
	P8182_11	1	14	60	10	
	P7268_9	4	22	462	46	
	P3578_8	2	17	1103	56	
2	P3578_8	2	17	506	25	418
	P7272_4	4	28	2270	127	
	P3161_28	2	16	66	7	
	P6360_2	1	18	240	17	
	P4609_12	1	22	2021	104	
	P3628_6	12	18	75	16	
	P7257_6	3	18	1034	66	
	P7851_1	8	16	136	11	
P7272_4	4	28	823	45		
3	P7272_4	4	27	331	21	406
	P7270_1	2	26	1490	76	
	P7272_5	4	15	28	8	
	P7269_1	2	29	1420	86	
	P7882_2	1	28	2291	122	
	P7258_6	3	22	2117	93	

Tableau 18 : Productivité de 3 équipes d'un jour extrait de rapport de presse après l'amélioration.

En se fondant sur les résultats du tableau 18, le gain quotidien a été estimé sur le tableau 19 et le gain mensuel sur le tableau 20.

équipe	Temps d'extrusion en min		Temps gagné en min	Gain d'un jour		
	AVANT	APRES		en %	en KG	en DH, (30 dh)
1	428	391	37	8,6	616	18.480,00
2	435	418	17	4	283	8490,00
3	455	406	49	10,7	816	24.480,00
Total					1715	51.450,00

Tableau 19: Le gain théorique des vitesses d'extrusion.

Le nombre de kilogramme produit par jour peut varier selon la variation des vitesses d'extrusion, mais on suppose que le nombre de kilogramme produit par jour est général, et nous estimons le gain de cette amélioration sur 30 jours dans le tableau 20.

Gain de 30 jour	Equipe	en KG	en DH
	1	18480	554.400,00
	2	8490	254.700,00
	3	24480	734.400,00
Total		51450	1.543.500,00

Tableau 20: Le gain théorique de la productivité.

2.2.1 Evaluation de l'efficacité des améliorations

Cette phase sert à évaluer l'efficacité des actions proposées, avec l'utilisation d'un nombre de tests permettant de déterminer leurs utilités et leurs rentabilités.

Nous avons passé au terrain pour essayer un ensemble de vitesses d'extrusion selon des filières spécifiques et selon les commandes du client quotidien, en prenant en considération les critères déjà prises précédemment, et par la suite nous avons essayé de dépasser les vitesses d'extrusion maximale établie théoriquement afin d'établir les vitesses d'extrusion maximale pratique, le résultat est représenté sur le tableau 21.

Mesure de succès : Respect du cahier de charge ;

Avec qui : Service de production : Directeur technique, chef d'équipe, le conducteur ;

Comment : Par le suivi des filières qui vont alimenter le four à outillage et de donner au conducteur la vitesse d'extrusion associé aux filières qui vont alimenter la presse par la suite.

Référence de filière	Nombre d'écoulement	Fournisseur de la MP	Seuil de vitesses d'extrusion cherché ; doit être supérieur ou égale	Le Gain		Effet de dépassement
				En Vitesses	en %	
P6354_2	1	DUBAL	28	28	-	On peut l'augmenter plus, le problème rencontrés est externe ; table traction plein.
P7271_6	6	ALBA	27	27	-	-le profilé sortie avec Creux. -filière cassé.
P3567_29	3	ALBA	17	18	5,88	-
P4042_24	4	ALBA	29	30	3,33	Possibilité d'arrivé à 32m/min sans problème.
P8322_1	1	ALBA	20	25	20	-
P0032_18	1	ALBA	22	22	-	-
P3735_14	4	ALBA	30	32	6,67	Possibilité d'arrachement et problème de communication entre les 2 PULLER.
P3348_9	6	DUBAL	30	32	6,67	
P3735_14	4	DUBAL	32	32	-	
P1987_16	6	DUBAL	27	27	-	-
P2952_6	1	DUBAL	25	27	7,4	Profilé sortir avec soit Creux ou Bombé.
P3161_28	2	DUBAL	21	24	12,5	Rayures.
P4085_5	3	DUBAL	29	30	3,3	-
P8260_1	2	DUBAL	26	26	-	-
P8320_1	12	DUBAL	25	25	-	-

Tableau 21: Le gain pratique en matière des vitesses d'extrusion.

Et en train de l'essai nous avons noté les conséquences de chaque test pour chaque filière au niveau des profilés sortis de la presse, la presse, des PULLER, etc.

Exemple d'un résultat pratique de la première équipe sur terrain dans le rapport de presse (figure 12) :

Figure 12: Evaluation de l'efficacité des améliorations en terme de vitesses d'extrusion.

2.2.2 Les freins rencontrés

Dans la partie de l'essai on a rencontré plusieurs freins qui nous ont obligés de ne pas augmenter la vitesse d'extrusion même s'il est possible, citons :

- La table de traction est plein ;
- Manque des paniers ;
- Arrêts de maintenance ;
- Les commandes n'encourage pas à augmenter la vitesse d'extrusion, pour ne pas risquer d'arrêter la production ;
- L'expérience de l'équipe de conduit ;
- Plus de travail pour les opérateurs (conducteur et l'aide de conducteur) ;

2.3 Action 3 : Application de la méthode SMED pour minimiser le changement de filière

Dans cette partie nous avons essayé de minimiser le temps de trajet des filières entre le four d'outillage et la cassette de changement dans le cas d'arrêt non planifié, par une augmentation de vitesses d'extrusion de dernier bloc déjà entré dans la presse. L'idée générale c'est que le conducteur doit connaître la filière suivante qui va alimenter la presse, dans ce cas, le conducteur doit positionner le levier dans la position de four ou il contient la filière suivante.

La figure 13 indique les états avant et après l'application de cette méthode.



Figure 13: Application de la méthode SMED dans la partie Four à outillage.

La vitesse d'extrusion dans le cas d'arrêt était entre 16-18 m/min avec une vitesse de déplacement du pont fixe, et après cette application nous avons observé que la vitesse d'extrusion devient entre 20-22 m/min dans un gain du temps de presque 30 secondes par changement.

2.4 Action 4 : Etablissement une fiche d'instruction

2.4.1 Automatisation de la production

La standardisation représente un outil qui permet l'utilisation plus efficace des ressources humaines et matérielles, tout en gardant le rythme de production nécessaire.

Il s'agit, dans une démarche de Lean Manufacturing, de lister et décrire les opérations devant être effectuées par chaque collaborateur à chacun des postes, en identifiant les moyens et ressources à mettre en œuvre pour atteindre les résultats prédéfinis.

La standardisation vise à éliminer les variations dans les processus, car elles sont sources d'erreurs. Or, celles-ci ont un coût, car leur correction consomme de la matière, du temps et des ressources. De cette manière, la standardisation rend les opérations plus efficaces.

Nous avons élaboré une fiche d'instruction (tableau 22) de production pour le conducteur de chaque équipe qui contient les commandes qu'ils doivent traiter :

- Les commande contient les filières spécifiques qu'ils doivent traiter ;
- Elaborer un bilan de vitesse maximale d'extrusion respecté pour chaque type filière ;
- Faire un suivie pour vérifier la bonne estimation du temps alloué à chaque phase ;

Mesure de succès : La fiche doit être facile à utiliser.

Avec qui : Service de production ;

Comment : En réalisant une fiche d'instruction à partir du planning de commandes journalier (annexe 14).

Fiche d'instruction												
SHIFT	1				2				3			
	Filières Alimente le four	Poids Théorique en KG	Fournisseur de MP	Vitesse d'extrusion	Filières Alimente le four	Poids Théorique en KG	Fournisseur de MP	Vitesse d'extrusion	Filières Alimente le four	Poids Théorique en KG	Fournisse de MP	Vitesse d'extrusion
Commandes	P0842_20	4340	DUBAL	29	P7258_9	2515	DUBAL	22	P8320_1	1085	DUBAL	25
	P5013_4	101	DUBAL	28	P3348_10	466	DUBAL	28	P3332_10	757	DUBAL	24
	P7851_1	347	DUBAL	27	P2531_7	160	DUBAL	20	P8260_1	1296	DUBAL	28
	P3628_6	1591	DUBAL	29	P3578_8	95	DUBAL	18	P3303_4	502	DUBAL	18
	P3628_7	497	DUBAL	29	P8258_1	1672	DUBAL	30	P6029_4	1535	DUBAL	25
	P7261_12	666	DUBAL	24	P5172_8	1018	DUBAL	26	P3571_10	425	DUBAL	18
	P4083_3	476	DUBAL	27	P4457_15	1022	DUBAL	26	P7258_13	2178	DUBAL	24
	P8321_2	62	DUBAL	14	P7257_9	1137	DUBAL	28	P8320_1	314	DUBAL	25
					P3426_8	28	DUBAL	14				
Vitesses d'extrusion Moyenne	25,9				23,6				23,4			
Productivité en kg	8080				8113				8092			
Productivité total en kg	24285											
Les urgents									P8320_1			
Les Filières d'ESSAI (nouvelles filières)	P8321_2				P3426_8							

Tableau 22: Fiche d'instruction montre une planification de commandes d'un jour.

2.4.2 Gestion de fours des filières

Les filières ont obligé de passé par la mise au point pour qu'elles soient traité dans l'atelier MAP. Afin de passer par la nitruration, et monter dans un four à outillages pour réchauffer à une température de 480°C avant alimentation par la presse.

Le four à outillage assure le chauffage des filières dans un intervalle de temps mis en place par le service MAP ;

- Le temps min de chauffage est 2 heures pour les filières d'un type de conception plein;
- Le temps min de chauffage est 2 h 30 min pour les filières d'un type de conception Creux et Semi creux;
- Le temps max de chauffage est 12 heures pour toute les filières.

Si nous ne respectons pas ses limites, nous endommagerons la filière, et elle nécessite un transfert pour nitruration, et par conséquent, nous gaspillerons également de l'énergie.

Dans le cas présent, nous avons établi un plan de gestion du four des filières :

- Mise en œuvre une fiche qui explique le fonctionnement du four (figure 14) ;
- Faire une fiche qui contient des instructions sur le temps à respecter pour le chauffage d'une filière ;
- Construire une application par la suite pour la gestion de four.

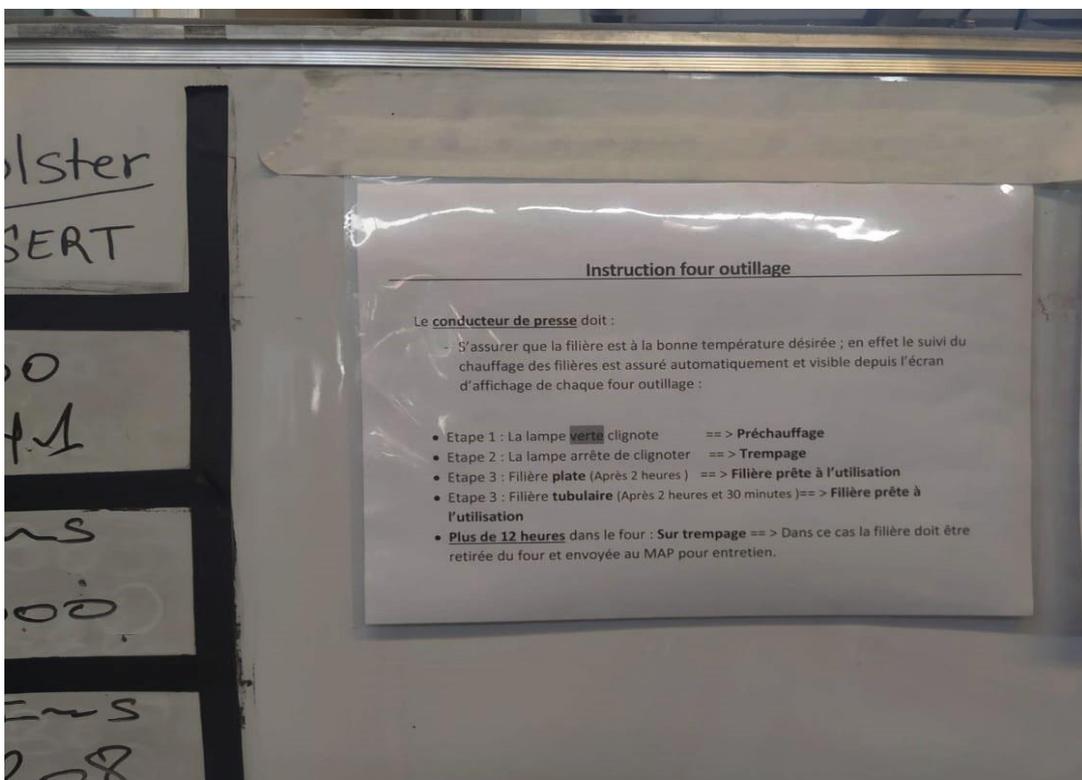


Figure 14: Fiche d'instruction de four à outillage pour le conducteur.

2.5 Action 5 : Amélioration d'environnement de travail

2.5.1 Mise en place des outils ergonomique

Conception des dispositifs ergonomique d'arrangement (pour le matériels, les papiers laissés dans la table de commande et pour les outils de mesure de conformité des profilés sorties de la presse).

Dans le plan d'action que nous avons programmé, nous avons mis en œuvre deux améliorations :

- Conception des dispositifs ergonomique permettant l'arrangement des outils de travail pour le conducteur et l'opérateur d'ajustage (l'aide du conducteur).
- Elaboration d'une fiche de sensibilisation sur les principes des 5S.

Mesure de succès : Facilité d'utilisation et le non encombrement ;

Avec qui : Service de production, Service Lean Manufacturing (maintenance) ;

Comment : En identifiant les outils nécessaires et respectant les contraintes ergonomiques.

La figure 15 visualise l'état avant la mise en œuvre les outils d'ergonomie.

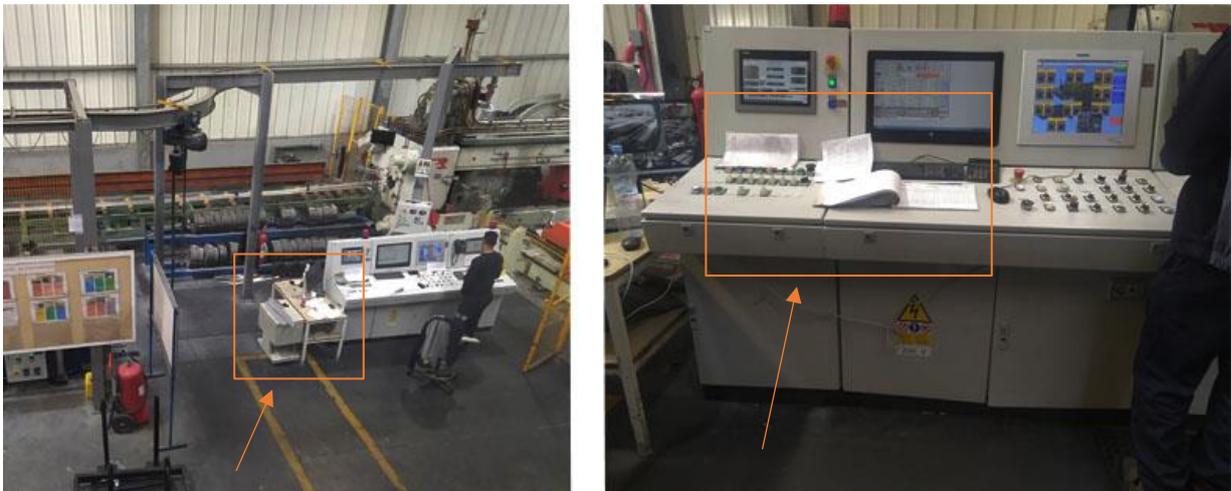


Figure 15: Avant le mise en place des dispositifs ergonomique.

Après le mise en place des dispositifs ergonomique le lieu devient plus organisé voir figure 16.



Figure 16: Après le mise en place des dispositifs ergonomique.

Le développement d'outils ergonomiques vise à réduire les erreurs imprévues et à garantir l'environnement du conducteur.

2.5.2 Amélioration d'aspect

Organiser une formation aux opérateurs sur :

- Les 5 pourquoi ;
- Comment utiliser chaque filière avec sa propre vitesse d'extrusion;
- Les types d'arrêts rencontrés ;
- Comment éviter l'arrêt ;
- Les 5S ;

Mesure de succès : La qualité de la formation et la participation du personnel ;

Avec qui : Service de production ;

Comment : Elle permet d'adapter la production aux variations des demandes des clients en renforçant le moral et la motivation au sein des équipes, qui voient aussi leurs compétences consolidées.

2.6 Action 6 : Extrusion pur :

Dans cette partie nous avons élaboré un programme intégré dans le système de production dans le but d'extraire le temps pur d'extrusions exclues toutes les type d'arrêt, le temps d'extrusion doit être en marche lorsque les profilées sont sorties de la presse figure 17.

*Production Data
Extrusion Time*

Today				Previous Day			
	HH	MIN	SEC	HH	MIN	SEC	
Shift 1	3	6	17	6	24	52	
Shift 2	0	0	0	6	29	1	
Shift 3	0	0	0	7	10	59	

Figure 17: Affichage de la production pur pour chaque équipe.

Un objet du rapport de presse figure 18 indique le temps pur d'extrusion de la productivité de la première équipe.

Objet
Rapport de presse N° 000301

Enregistrement Qualité
Document : PQ-020-002
Date : 05/20 Edition : 03

Date: Nov. 6. 2022 Poste: I 1500 Chef d'équipe: LAMALLAM
Conducteur: ELMALKI

Temps de Filage		N-Code extrusion	ADM	NB Bloc	LG, Bloc	Poids Enfourné	Alliage		V Reel	NB Coupe	NB Encou	Longueur	Etat filière	Observation
Début	Fin						Origine	Coulée						
07h00	07h07	226	273	3	125	201	ALBA	FD4073A	20	7	1	6.00	B	
07h07	07h12	226	271	4	126	393	"	"	23	7	1	6.030	B	
07h12	07h16	226	269	4	609	160	"	"	20	7	2	6.030	A	NE USE
07h16	07h20	225	273	5	659	2547	"	TPH0757A	24	7	2	6.030	S	
07h20	07h27	226	260	2	620	91	"	"	24	7	1	6.000	A	creux
07h27	07h34	FSSAI	H1324	2	510	67	"	"	15	7	1	6.030	B	
07h34	07h39	226	277	3	130	1273	"	"	25	7	2	6.000	B	
07h39	07h44	226	269	5	1039	3403	"	TPH0753A	20	7	3	6.020	OK	Fin de poste

Temps pur de production

385 min 21.6

ARRÊT PRESSE			
Début	Fin	Durée	Cause
07h34	07h39	33 min	ARRÊT décidé maintenance
07h39	07h44	04 min	Rouleau

Visa chef d'équipe :

Figure 18: objet montre le temps pur d'extrusion pour l'équipe 1.

Le but de cette amélioration consiste à détecter toutes les types d'arrêt contenant les arrêts non justifiés c'est-à-dire non marqués dans le rapport de presse, ainsi de connaître le temps mort d'extrusion pour cibler les problèmes non visibles et essayer de les minimiser après.

3 Conclusion

Cette phase nous a permis de mettre en œuvre des action d'amélioration, les gains des plans d'action pour montrer que la productivité a été bien améliorée dans l'atelier de filage.

Conclusion générale

L'entreprise INDUSTUBE pôle aluminium propose plusieurs sujets qui présentent une nécessité incontournable d'intervention, dans l'objectif d'améliorer son system de production, nous avons choisi le sujet qui consiste en l'amélioration et l'optimisation de la productivité de la ligne de filage.

Ce projet a pour but d'augmenter la productivité par l'optimisation des vitesses d'extrusion correspondant à chacune des matrices mises en production, et l'élimination de toutes les sources de gaspillage.

Nous avons entamé ce sujet par une planification assez approfondis pour bien organiser les tâches et le temps de travail de tel façon à avoir des parties qui présentent le travail effectué, ainsi la démarche DMAIC nous a permet de cerner le projet et gagner le temps pour l'organisation et la planification de travail.

Nous avons mesuré tous les indicateurs de la productivité, et nous avons trouvé comme résultat :

- Un taux de rendement ne répond pas à l'objectif ;
- Vitesses d'extrusion moyennes faibles ;
- Ecart de 1000 kg à 2000kg de productivité entre les trois équipes de production ;
- Temps de changement de moule important.

Nous avons analysé toutes ces mesures en utilisant le diagramme **5M**, et nous avons proposé des améliorations sous forme d'un plan d'action qui consistent en l'amélioration de la performance de la ligne de production par :

- Augmentation des vitesses d'extrusion entre 3% et 20% d'augmentation qui influence la productivité avec un gain théorique de 51.450,00 MAD ;
- Implantation d'une Application VBA pour la gestion des vitesses d'extrusion et ainsi minimiser le temps perdu par le conducteur lors de l'essai des vitesses d'extrusion ;
- Mise en place d'une méthode SMED pour diminuer le temps de changements des matrices estimé à 30 secondes par changement, et donc le moyenne de six changement par jour donne un gain de 9.000,00 MAD ;
- Une fiche d'instruction permet la répartition des commandes de clients ;
- Amélioration de l'environnement de travail.

Perspectives

En perspectives de ce projet de fin d'études concernant l'amélioration du rendement nous avons proposé :

- L'implantation d'une application pour la gestion des fours à outillage en remplaçant le tableau manuel par un système numérique automatisé dont l'objectif d'automatiser la gestion de fours, minimiser l'énergie et augmenter la durée de vie des filières.
- L'installation d'un bureau d'ingénierie apporte des améliorations continue grâce à l'utilisation de techniques et d'outils de Lean Manufacturing.

Sommaire des annexes

Annexe 1: Les Billettes (MP).....	50
Annexe 2: Fouloir.....	50
Annexe 3: Disque presseur.....	50
Annexe 4: Banc de traction.	51
Annexe 5: Praticable.	51
Annexe 6: Charte de projet.....	52
Annexe 7: Planification du temps de projet.	53
Annexe 8 ; Procédure de filage.	54
Annexe 9: Le rapport de presse 1900T	54
Annexe 10: Le changement de filière.	55
Annexe 11: Les Filières.....	55
Annexe 12: Service de nitruration.....	56
Annexe 13: l e Bloc	57
Annexe 14: Le planning de commandes de 23-06-2022.....	57

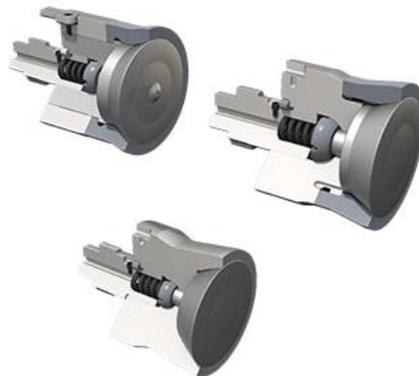
Annexe 1: Les Billettes (MP).



Annexe 2: Fouloir.



Annexe 3: Disque presseur.



Annexe 4: Banc de traction.



Annexe 5: Praticable.

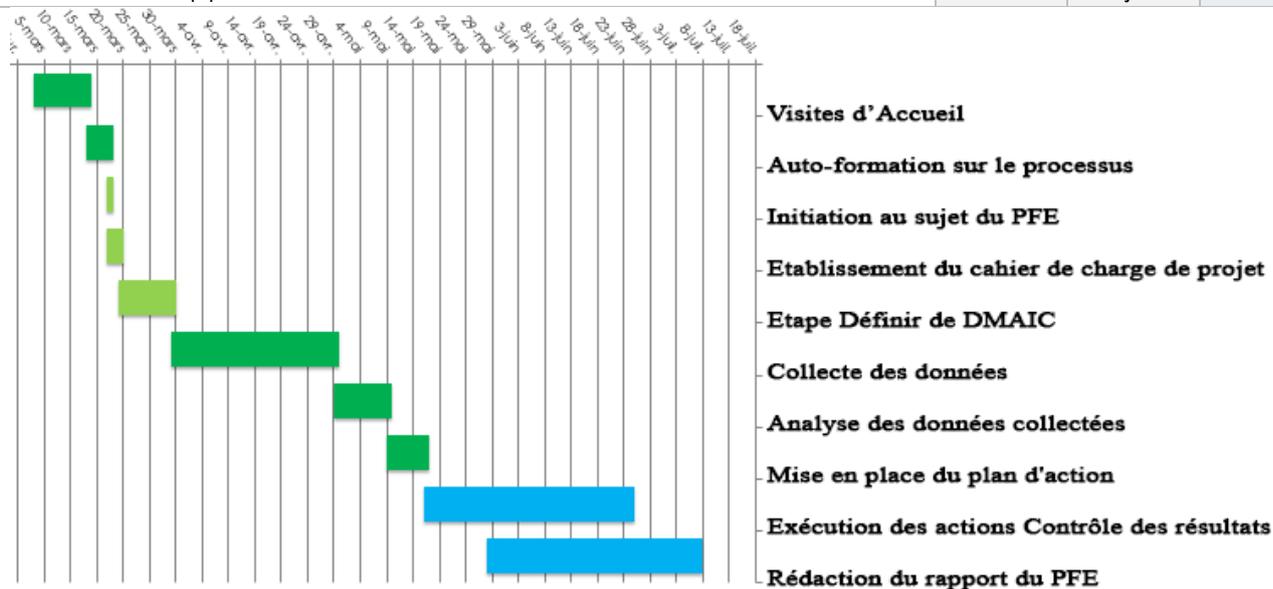


Annexe 6: Charte de projet.

Nom du projet		Dates début & fin
Amélioration et optimisation de la productivité de la ligne de filage.		03/03/2022 à 03/07/2022
Leader du Projet	EL HILALI Saïd	
Membres du projet	Cout du projet	
Directeur technique Planificateur de production Chef d'équipe Le conducteur	Investissement : capital \$\$\$	Dépenses : expense \$\$\$
Mission/ Présentation du Projet		
Objectifs		Economies/Bénéfices Nets
Augmenter la cadence de production des profilés, améliorer la productivité par l'augmentation des vitesses d'extrusion, réduction des gaspillages.		
Envergure / Portée	Outils à utiliser	
Atelier de filage	Outil DMAIC	
Hypothèses	Risques et contraintes	
	non maitrise des opérations de production	
Etapes du projet :		
1- DEFINIR : définir l'objectif du projet, le SIPOC. 2- MESURER et ANALYSER la performance du processus. 3- AMELIORER et CONTROLER : trouver les solutions et établir un plan d'action de mise en œuvre puis présenter les résultats de notre projet ainsi que l'efficacité du plan d'action appliqué.		
Autres acteurs clés & départements affectés :		
Département mise en point : MAP		
Département de maintenance		

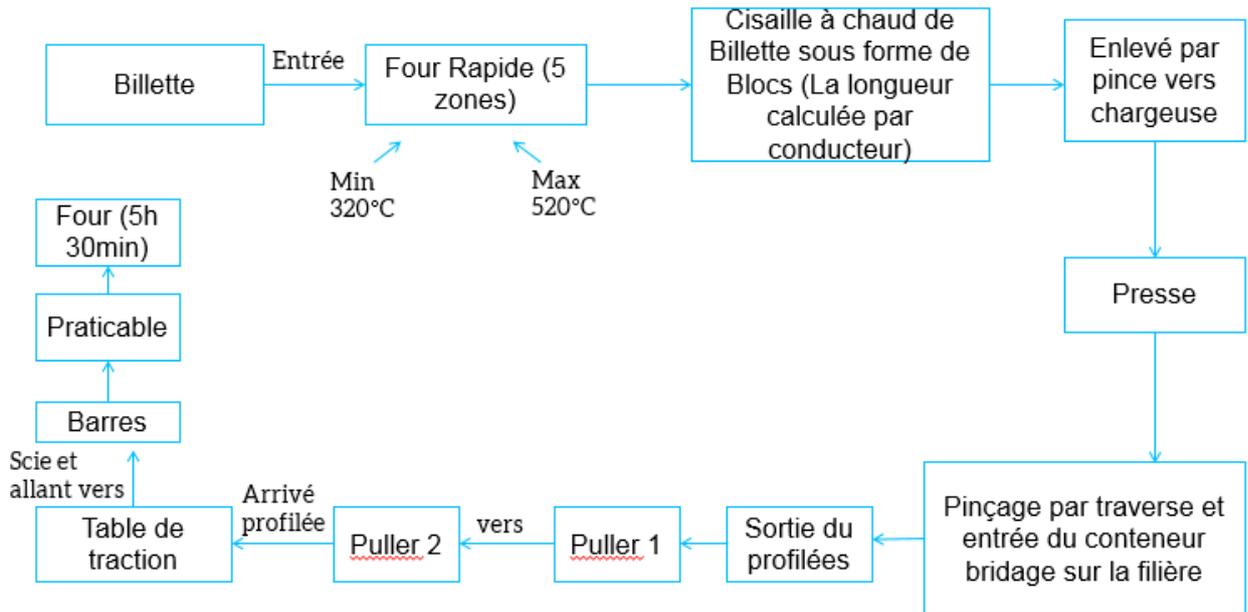
Annexe 7: Planification du temps de projet.

NOM DE LA TÂCHE	DATE DE DÉBUT	DATE DE FIN	DURÉE en jours
Visites d'Accueil	3-mars	13-mars	11
Auto-formation sur le processus de production	13-mars	17-mars	5
Initiation au sujet du PFE	17-mars	17-mars	1
Etablissement du cahier de charge de projet	17-mars	19-mars	3
Etape Définir de DMAIC	19-mars	29-mars	11
Collecte des données : Etape Mesurer de DMAIC	29-mars	29-avr.	32
Analyse des données collectées : Etape Analyser de DMAIC	29-avr.	9-mai	11
Mise en place du plan d'action : Etape Innover de DMAIC	9-mai	16-mai	8
Exécution des actions Contrôle des résultats ; Etape contrôler de DMAIC	16-mai	24-juin	40
Rédaction du rapport du PFE	28-mai	7-juil.	41



Annexe 8 ; Procédure de filage.

Procédure de fabrication (Filage):



Annexe 9: Le rapport de presse 1900T

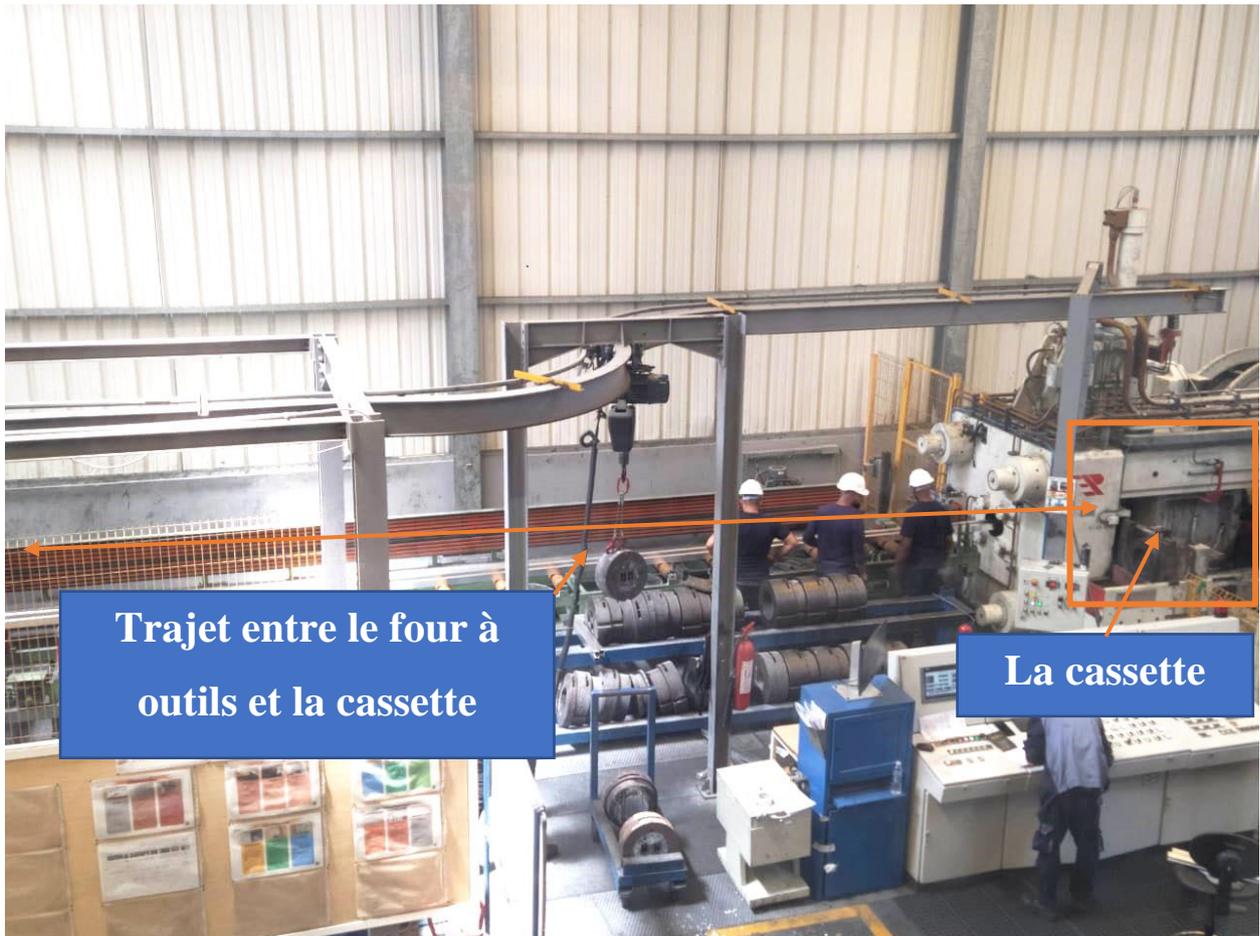
	Objet		Enregistrement Qualité	
	Rapport de presse		Document : PQ-020-002 Date : 05/20 Edition : 03	
Date : 21.02.22	Poste : II 1300	Chef d'équipe : Toumi Conducteur : El Alasoui		

Temps de Filage		N-Code extrusion	ADM	NB Bloc	LG, Bloc	Poids Enfourné	Alliage		V Reel	NB Coupe	NB Encou	Longueur	Etat filière	Observation
Debut	Fin						Origine	Coulée						
15h00	16h29	216 026	6532-1	25	583	1610	ALBA	F2B4F	30	Fx2	1	600	S	
16h30	17h26	216 327	4812-18	19	765	302	"	"	22	F	1	600	Rst	
17h30	18h55	216 383	24220	24	301	1416	"	"	22	F	3	600	S	
18h55	19h50	216 320	3628-6	11	724	522	"	"	25	Fx2	11	600	Rst	
20h50		216 335	759-18	58	859	3263	"	F2B4F	18	F	3	600	A	Ne Rend
Total					7713									

ARRÊT PRESSE			
Debut	Fin	Durée	Cause
17h30	17h55	25 min	Problème d'air (Four Rapide)
18h55	19h50	08 min	Raccour
22h50	23h00	05 min	Problème Puller II

Visa chef d'équipe :

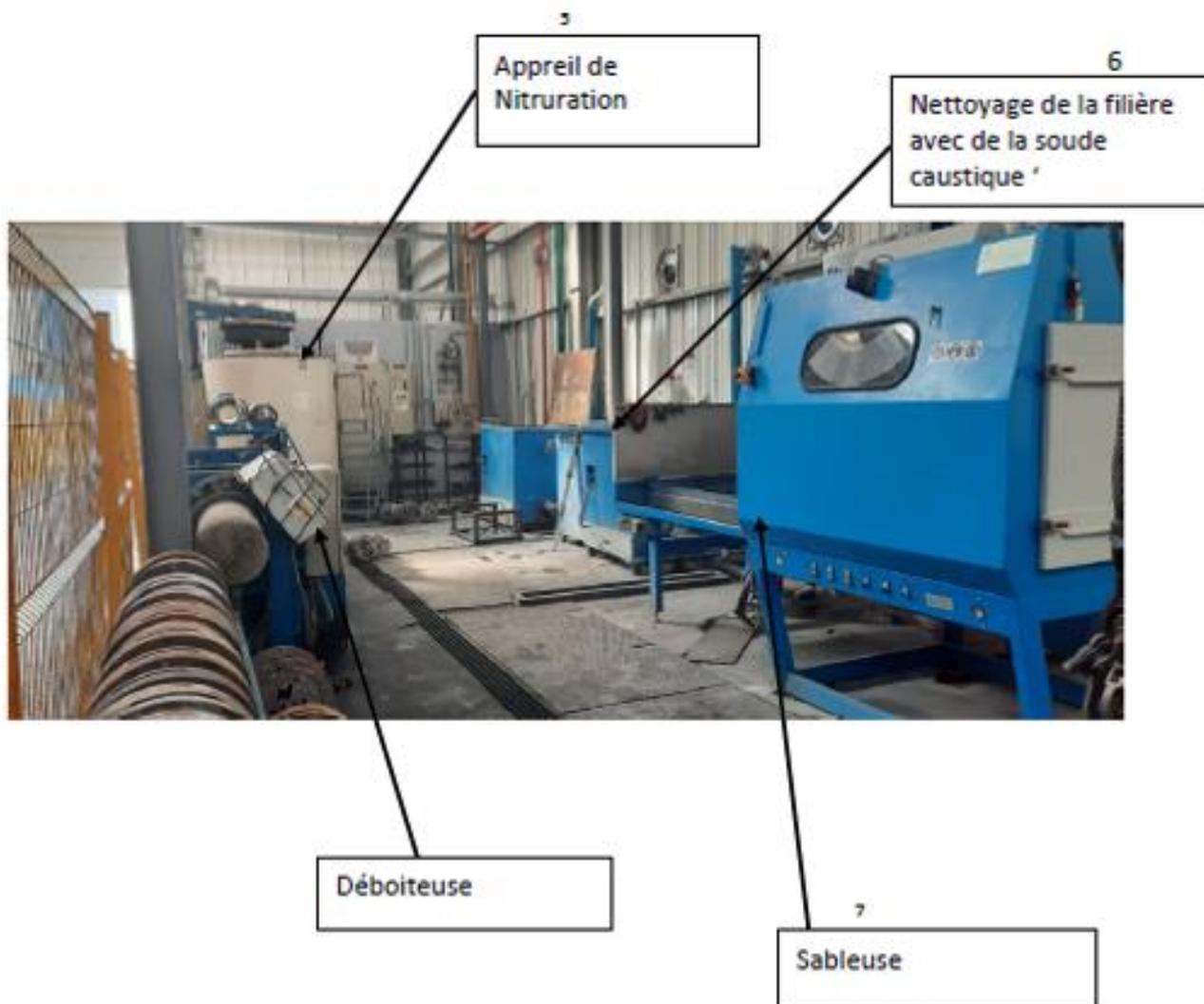
Annexe 10: Le changement de filière.



Annexe 11: Les Filières.



Annexe 12: Service de nitruration.

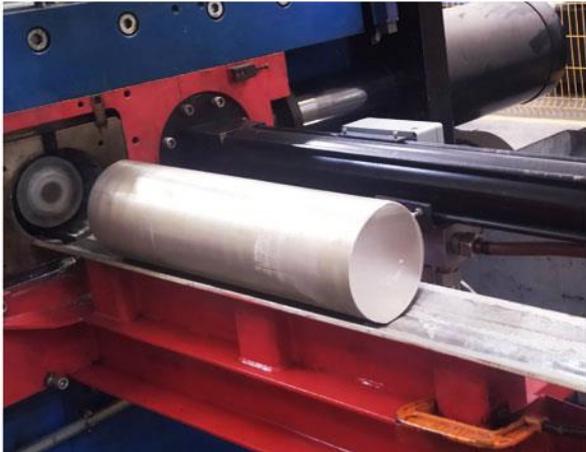


⁵ Un traitement de surface qui consiste à tromper ou incorporer de l'azote dans la couche superficielle de la filière .

⁶ Pour enlever de l'Aluminium resté dans la filière .

⁷ Nettoyage.

Annexe 13: Le Bloc



Annexe 14: Le planning de commandes de 23-06-2022.

INDUSTUBE		Objet Planning journalier de production										Enregistrement qualité Document PQ-021-001 Date: 09/21 Edition: 04		
La date le 23-06-2022														
CodEstrusion e	Ref clients	adm / indice	Nbr eco	Qte prog	Poids	Longueur	Sejour	LottiRAGGR::CodLotto	LottiRAGGR::DescrCliente	LottiRAGGR::CodFinition	LottiRAGGR::QtBarre	L'état filieres	tonnage brut	Urgents
1900226449	L 20X20X1	P3348 10	6	8	5	6000	27	641050	AGENCE PS	L987123S	8	DISPONIBLE	5656	#N/A
1900226447	P0156A00	P7851 1	8	340	347	6500	29	641063	Gardengate	L987144G	340	DISPONIBLE	10596	#N/A
1900226481	4304A	P5013 4	1	13	101	6500	26	641097	SEPALUMIC MAROC	B	13	DISPONIBLE	4946	#N/A
1900226490	019058	P2531 7	12	240	160	6600	25	641032	PROFILS SYSTEMES GUA	IS20	240	DISPONIBLE	5816	#N/A
1900226539	172242/BA	P3332 10	2	231	757	6400	29	641217	KAWNEER FRANCE	B	231	DISPONIBLE	3040	#N/A
			0	0	0	0	0	640355	CLIENT STOCK INDUSTUBE	L997760S	450			#N/A
1900226545	RAIL01-0.9	P8320 1	12	5000	1085	6030	23	632728	INDUSTUBE	IS15	5000	DISPONIBLE	2327	urgents
1900226551	KF 12	P3578 8	2	19	95	6030	26	640838	PLATEFORME CENTRALE BS	L987123S	19	DISPONIBLE	56148	#N/A
1900226762	RAIL01-0.9	P8320 1	12	1448	314	6030	19	641393	INDUSTUBE	IS15	1448	DISPONIBLE	2327	urgents
1900226845	L 20X20X1	P3348 10	6	740	466	6000	27	641459	AGENCE NAFIDA	L9010B	60	DISPONIBLE	5656	#N/A
			0	0	0	0	0	641465	AGENCE NAFIDA	L987123S	30			#N/A
			0	0	0	0	0	641469	AGENCE NAFIDA	L9010B	30			#N/A
			0	0	0	0	0	641599	AGENCE NAFIDA	L987123S	150			#N/A
			0	0	0	0	0	641602	AGENCE NAFIDA	L981103S	150			#N/A
			0	0	0	0	0	641746	PLATEFORME CENTRALE BS	IS15	320			#N/A
1900226848	TBC 40*40*	P0842 20	3	1507	4340	6000	26	641775	PLATEFORME CENTRALE BS	L981103S	7	DISPONIBLE	45899	#N/A
			0	0	0	0	0	641826	AGENCE NAFIDA	L997123S	300			#N/A
			0	0	0	0	0	641827	AGENCE NAFIDA	L997123S	300			#N/A
			0	0	0	0	0	641828	AGENCE NAFIDA	L997123S	65			#N/A
			0	0	0	0	0	641829	AGENCE NAFIDA	L997123S	835			#N/A
1900226849	5016	P3303 4	6	270	502	6500	27	641549	SEPALUMIC MAROC	B	270	DISPONIBLE	0	#N/A
1900226850	KF05	P3571 10	2	90	425	6030	27	641485	AGENCE NAFIDA	IS15	40	DISPONIBLE	68239	#N/A
1900226851	C300m	P4083 3	6	296	476	6000	26	641137	PLATEFORME CENTRALE BS	L981103S	1	DISPONIBLE	50246	#N/A
			0	0	0	0	0	641457	AGENCE NAFIDA	L999108S	95			#N/A
			0	0	0	0	0	641597	AGENCE NAFIDA	L981103S	100			#N/A
1900226852	KF19	P4457 15	1	170	1022	6030	27	641474	AGENCE NAFIDA	L987123S	100			#N/A
			0	0	0	0	0	641492	AGENCE NAFIDA	L987123S	50	DISPONIBLE	15361	#N/A
			0	0	0	0	0	641802	AGENCE NAFIDA	L987123S	32			#N/A
1900226853	L30X30X0.9	P8258 1	4	1939	1672	6030	15	630914	CLIENT STOCK INDUSTUBE	L997760S	1486	DISPONIBLE	6522	#N/A
1900226887	4254	P5172 8	1	120	1018	6600	27	641558	SEPALUMIC MAROC	B	120	DISPONIBLE	27429	#N/A
1900226901	LIN362	P6029 4	1	221	1535	6030	26	641798	AGENCE NAFIDA	L987123S	19	DISPONIBLE	22443	#N/A
			0	0	0	0	0	641844	AGENCE NAFIDA	L987123S	201			#N/A
1900226922	TBC 40X40X	P8260 1	2	564	1296	6030	14	625095	CLIENT STOCK INDUSTUBE	L9016B	550	DISPONIBLE	14891	#N/A
			0	0	0	0	0	640877	CLIENT STOCK INDUSTUBE	L9016B	14			#N/A
1900226921	504M-0.85	P7261 12	2	200	656	6030	19	630729	CLIENT STOCK INDUSTUBE	L9016B	200	DISPONIBLE	170	#N/A
1900226923	KCL309	P3628 6	12	4796	1591	6030	14	641213	PLATEFORME CENTRALE BS	IS15	296	DISPONIBLE	15207	#N/A
			0	0	0	0	0	641214	PLATEFORME CENTRALE BS	IS15	3000			#N/A
1900226925	500M-0.85	P7257 9	3	491	1137	6030	19	642088	PLATEFORME CENTRALE BS	IS15	1500			#N/A
1900226926	501M-0.85	P7258 13	3	866	2178	6030	19	639737	CLIENT STOCK INDUSTUBE	L9016B	491	DISPONIBLE	900	#N/A
1900226927	501M-0.85	P7258 9	3	1000	2515	6030	19	630798	CLIENT STOCK INDUSTUBE	L9016B	866	DISPONIBLE	1997	retards
1900226924	KCL309	P3628 7	12	1500	497	6030	22	641215	PLATEFORME CENTRALE BS	IS15	1500	DISPONIBLE	21127	#N/A
			0	0	0	0	0	641215	PLATEFORME CENTRALE BS	IS15	24			#N/A

24200

Bibliographie

1. Documentation de la société : Procédure Qualité, Rapport de presse, etc..
2. Procédé d'extrusion : OURIAGLI Soumia, rapport de stage 2021.
3. Extrusion Of Aluminium ALLOYS : Professor **T.SHEPPARD**.
4. Gestion de Production : Maurice **PILLET**, Chantal **MARTIN-BONNEFOUS**, Pascal **BONNEFOUS**, Alain **COURTOIS**.

Webographie

1. <https://www.industube.com/>
2. <https://www.kerix.net/fr/annuaire-entreprise/industube>
3. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Filage_\(m%C3%A9tallurgie\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Filage_(m%C3%A9tallurgie))

Stage effectué à : INDUSTUBE pôle aluminium Tanger



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

Nom et prénom: BOUZEKRAOUI Ibrahim

Année Universitaire : 2021/2022

Titre: Amélioration et Optimisation de la productivité de la ligne de filage.

Résumé

Dans les secteurs d'extrusion, l'augmentation de la productivité, la réduction maximale des défauts de qualité et des déchets, le respect des délais de livraison et le coût réduit représentent un objectif constant pour tous les acteurs. Dans ce cadre et afin de répondre aux besoins et objectif de la société, ce projet de fin d'études s'inscrit dans une démarche d'amélioration et d'optimisation de la productivité de la ligne de filage, en adoptant la démarche DMAIC toute en gardant une philosophie qui rend l'entreprise plus agile et les résultats d'atteint plus fiable et plus durable.

Ce projet a été réalisé dans l'atelier de filage qui comprend le traitement à chaud de billettes en alliage d'aluminium. Nous avons d'abord étudié l'état actuel de lieu de l'atelier, de manière à identifier les facteurs qui affectent la productivité et les dysfonctionnements qui constituent les sources de gaspillages à éliminer ou à optimiser. Afin d'enquêter sur les causes profondes des problèmes et d'élaborer un plan d'action à mettre en place par la suite.

À la lumière de cette étude divers améliorations sont réalisées englobant l'amélioration de 8% à 18% de la productivité par l'action sur les vitesses d'extrusion, création d'une application VBA pour la gestion des vitesses d'extrusion et l'utilisation de la méthode SMED pour minimiser le changement des matrices.

Mots clés: extrusion, filage, billets, alliage, aluminium, profilé, gaspillage, productivité, DMAIC, VBA, SMED.

Abstract

In the extrusion industry, improving productivity, reducing quality defects and waste, delivering on time and cutting costs are a constant goal for all stakeholders.

In this context, and in order to meet the objectives of the company, this project is part of an approach to improve and optimize the productivity of the spinning line. Adopting DMAIC approach, while maintaining a philosophy that makes the company more agile and the results more reliable and sustainable.

This project that we done in the spinning workshop that transforms aluminum alloy billets into profiles at a high temperature. We studied the current state of the workshop in order to identify the factors that affect productivity and the malfunctions that constitute the sources of waste to eliminated or optimized. In order to investigate the main causes of the problems and develop an action plan to put in place afterwards.

In the light of this study, various improvement axes detected encompassing the improvement including the improvement of 8% to 18% of productivity by action on extrusion speeds, creation of a VBA application for the management of extrusion speeds and the use of SMED method to minimize matrix change.

Keywords: extrusion, productivity, spinning, aluminum, alloy, billets, profiles, waste, DMAIC, VBA, SMED.