

# Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'Obtention du

Diplôme d'Ingénieur d'état

Filière : Conception Mécanique et Innovation

## Lancement et amélioration de performance de la nouvelle ligne d'extrusion/Ouverture d'un chantier Kaizen

Effectué à : SEWS CABIND MAROC

Encadré par : Mme. MOUTAOUAKKIL : Professeure département Génie Mécanique, FST Fès

M. Aziz CHADLI : Encadrant de la société, Responsable maintenance

Présenté par : Mlle. SBAI Rachida, Devant le jury composé de :

Pr. MOUTAOUAKKIL Imane

Encadrante FST

Pr. BIYAALI Ahmed

Examineur

Pr. ABOUCHITA Jalil

Examineur

M. Aziz CHADLI

Encadrant industriel

Année Universitaire : 2022/2023

## Avant-propos

Etablissement d'accueil : SEWS CABIND MAROC SAS

Rue Aïn Harrouda, ex. Jeanne d'Arc, Casablanca 20250

Site: <http://www.sews-cabind.com>

Site officiel : <https://www.sews-e.com/en/>

Coordonnées de l'école : Faculté des Sciences et Techniques de Fès

B.P. 2202 – Route d'Imouzzer, Fès, Maroc.

Site : [www.fst-usmba.ac.ma](http://www.fst-usmba.ac.ma)

L'encadrant du projet dans l'établissement d'accueil : M. Aziz CHADLI

Directeur du projet à l'FST : Mme. MOUTAOUAKKIL Imane

Date de début et de fin de stage : Du 01 Février au 30 juin 2022.

Soutien financier : Stage non rémunéré.

Soutenu le : 20 Juillet 2022

## Résumé

Le travail présenté dans ce projet de fin d'études intitulés «Lancement et amélioration d'une nouvelle ligne d'extrusion / Ouverture d'un chantier Kaizen» a été effectué au sein de la société SEWS CABIND MAROC pour établir un retour d'expérience sur l'état existante et de détecter les déchéances effectuées pendant la phase de développement du produit et proposer des solutions pour éviter tous ces problèmes pendant le développement de nouvelles lignes de production et aussi pour comprendre le processus de démarrage lors du lancement d'une nouvelle machine.

Dans le cadre d'augmenter la productivité de l'usine, j'ai travaillé sur un projet de lancement d'un nouveau produit DIVUS pour les clients SUZUKI, la fabrication de ce dernier nécessite l'installation d'une nouvelle ligne d'extrusion qui comporte d'une part une mise en place des équipements, et d'autre part, une mise en marche de la ligne avec des tests de fonctionnement normal et des améliorations au niveau des paramètres optimaux de fonctionnement, identifier les problèmes, puis trouver des solutions innovantes qui augmentent la productivité et réduisent les défauts de qualité, et enfin mener des études de capacité pour valider l'installation en terme de qualité. J'ai également ouvert un chantier Kaizen dans lequel j'ai proposé des améliorations des performances industrielles de l'usine

Pour assurer les améliorations continues au niveau de la nouvelle ligne d'extrusion LE07, on a opté pour une étude du taux de rendement synthétique et élaboration des plans d'action adéquats pour diminuer les temps d'arrêts.

Alors le sujet de mon stage s'inscrit dans le cadre d'amélioration continue de processus de fabrication des câbles électriques automobiles et la maîtrise des problèmes d'ordonnancement et de planification des tâches de production en déterminant un calendrier d'exécution de toutes les tâches du projet, régler tous les problèmes d'une façon rigoureuse de manière à terminer les travaux dans les meilleurs délais

## Abstrat

The work presented in this final year project entitled "Launching and improvement of a new extrusion line / Opening of a Kaizen site" was carried out within the company SEWS CABIND MOROCCO to establish a return of experience on the existing state and to detect the lapses carried out during the phase of development of the product and to propose solutions to avoid all these problems during the development of new production lines and also to understand the start-up process for a new machine; how to put a new machine into production.

In order to increase the productivity of the factory, I worked on a project of launching a new product DIVUS for the customers SUZUKI, the manufacture of this last one requires the installation of a new line of extrusion which comprises on the one hand a setting-up of the equipment, and on the other hand, a start-up of the line with tests of normal functioning and improvements in functioning optimal parameters, identify problems, then find innovative solutions which increase the productivity and reduce the defects of quality, and finally carry out studies of capability to validate the installation in term of quality. I also opened a Kaizen project in which I proposed improvements in the industrial performance of the plant

To ensure continuous improvements in the new LE07 extrusion line, we opted for a study of the synthetic yield rate and elaboration of adequate action plans to reduce downtime.

So the subject of my internship falls within the framework of continuous improvement of the manufacturing process of automotive electric cables and the control of the problems of scheduling and planning of the production tasks by determining a schedule of execution of all the tasks of the project, to regulate all the problems in a rigorous way in order to finish the work in the best deadlines

## Remerciements

Je remercie vivement Madame MOUTAOUAKKIL Imane, d'avoir contribué à ce travail en tant qu'encadrante académique. Il m'a régulièrement suivi, je la suis très reconnaissante pour ses précieuses conseils, le temps qu'elle m'a consacrée et la confiance qu'elle m'a témoignée.

Aux membres de jury qui ont assisté à la présentation et l'examinations de mon projet et à toute l'équipe pédagogique de la faculté de sciences et techniques de Fès et les intervenants professionnels responsables de la filière d'ingénieur conception mécanique et innovation pour l'intérêt qu'ils ont voulu porter à ce travail. Leur lecture approfondie, leurs remarques et interrogations judicieuses m'ont été très précieuses ainsi pour leurs efforts afin de nous assurer une meilleure formation.

Ce projet est sous la direction du chef de maintenance Aziz CHADLI je tiens à lui témoigner ma profonde gratitude pour le suivi de ce travail. Par son expérience et sa compétence, ainsi que pour ses qualités humaines et morales que j'ai toujours appréciées, il a su me montrer l'importance de comprendre le fond des choses et d'avoir toujours un but clair à l'esprit

Je remercie également tout le personnel de la société SEWS CABIND MAROC qui par leur gentillesse et leurs compétence m'ont permis de réaliser cette étude dans d'excellentes conditions

Je n'oublie pas bien entendu ma famille et mes amis, qui m'ont soutenu et m'aidé à continuer dans les moments difficiles et pour m'avoir encouragé au cours de ces cinq années.

## Sommaire

|                                                                                                 |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Introduction générale.....                                                                      | 1         |
| <b>Chapitre 1 : présentation d'établissement d'accueil et le processus de fabrication .....</b> | <b>1</b>  |
| I. Présentation du groupe SUMITOMO .....                                                        | 2         |
| 1. Historique de groupe Sumitomo .....                                                          | 2         |
| 2. Présentation du groupe SEWS CABIND .....                                                     | 2         |
| 3. SEWS Europe .....                                                                            | 3         |
| 4. SEWS CABIND MAROC.....                                                                       | 3         |
| 5. Chiffre d'affaires et investissements.....                                                   | 4         |
| 6. Sews-Cabind Ain Harrouda :.....                                                              | 5         |
| 7. Les clients majeurs de SEWS-CABIND Ain Harrouda .....                                        | 6         |
| II. Processus de Production dans la division câble .....                                        | 7         |
| 1. Les caractéristiques d'un fil électrique automobile .....                                    | 7         |
| 2. Procédé de tréfilage .....                                                                   | 8         |
| 3. Procédé de toronnage.....                                                                    | 18        |
| 4. Procédé d'isolation.....                                                                     | 21        |
| 5. Conditionnement .....                                                                        | 30        |
| 6. Le contrôle qualité.....                                                                     | 30        |
| III. Périmètre du projet.....                                                                   | 31        |
| 1. Problématique.....                                                                           | 31        |
| 2. Cahier des charges.....                                                                      | 31        |
| 3. Planning du projet .....                                                                     | 32        |
| <b>Chapitre 2 : lancement de la nouvelle ligne d'extrusion LE 07 .....</b>                      | <b>34</b> |
| I. Validation des tests de fonctionnement normal.....                                           | 33        |
| 1. Analyse fonctionnelle .....                                                                  | 33        |
| 2. Formulation de la problématique .....                                                        | 36        |
| 3. Etats des machines .....                                                                     | 37        |
| 4. Les tests de démarrage de la ligne .....                                                     | 41        |
| 5. POKA YOKE .....                                                                              | 48        |
| 6. Diagramme CTQ .....                                                                          | 52        |
| <b>Chapitre 3 : Amélioration des paramètres optimaux de fonctionnement .....</b>                | <b>54</b> |
| I. Amélioration des paramètres optimaux de fonctionnement .....                                 | 54        |
| 1. Test de chauffage de l'extrudeuse .....                                                      | 54        |
| 2. Etude du débit de la matière.....                                                            | 57        |
| 3. Calcul des dimensions de la vis d'extrusion à état normal .....                              | 59        |

|                                                                                                          |                                                                      |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------|
| II.                                                                                                      | Etude et analyse du TRS .....                                        | 64         |
| 1.                                                                                                       | Diagnostic .....                                                     | 64         |
| 2.                                                                                                       | Mesure du TRS.....                                                   | 64         |
| 3.                                                                                                       | Les formules de calculs.....                                         | 65         |
| III.                                                                                                     | Analyse des causes .....                                             | 71         |
| 1.                                                                                                       | Arrêts non planifié (Down Time) .....                                | 72         |
| 2.                                                                                                       | Etude AMDEC .....                                                    | 75         |
| IV.                                                                                                      | Amélioration et innovation .....                                     | 81         |
| 1.                                                                                                       | Plan d'actions suite à l'analyse AMDEC.....                          | 81         |
| <b>Chapitre 4 : optimisation de la vis d'extrusion/ calcul de capabilité et validation processus ...</b> |                                                                      | <b>87</b>  |
| I.                                                                                                       | Etude de la vis d'extrusion .....                                    | 88         |
| 1.                                                                                                       | Besoins de l'entreprise .....                                        | 88         |
| 2.                                                                                                       | Objectifs.....                                                       | 88         |
| 3.                                                                                                       | La problématique .....                                               | 88         |
| 4.                                                                                                       | Les paramètres de la vis d'extrusion et la conception proposés ..... | 93         |
| II.                                                                                                      | Calcul de capabilité et validation processus.....                    | 94         |
| 1.                                                                                                       | Epaisseur d'isolation.....                                           | 94         |
| 2.                                                                                                       | Diamètre extérieur .....                                             | 96         |
| 3.                                                                                                       | Résistance ohmique .....                                             | 97         |
| <b>Chapitre 5 : Modélisation et dimensionnement d'une Construction Métallique isolée</b>                 |                                                                      |            |
| <b>/Conception des gardes corps .....</b>                                                                |                                                                      | <b>89</b>  |
| I.                                                                                                       | Isolation de la construction métallique.....                         | 102        |
| 1.                                                                                                       | Doublage d'un mur .....                                              | 102        |
| 2.                                                                                                       | Les meilleurs isolants phoniques.....                                | 103        |
| 3.                                                                                                       | La solution adopté et son avantages.....                             | 104        |
| II.                                                                                                      | La modélisation de la construction .....                             | 105        |
| 1.                                                                                                       | Caractéristiques géométriques .....                                  | 105        |
| 2.                                                                                                       | Matériaux utilisé.....                                               | 106        |
| 3.                                                                                                       | Eléments de l'ouvrage .....                                          | 107        |
| 4.                                                                                                       | Calcul du cout de la structure isolée .....                          | 109        |
| III.                                                                                                     | La modélisation du garde-corps .....                                 | 111        |
| 1.                                                                                                       | Le niveau de résistance exigé pour un garde-corps .....              | 111        |
| 2.                                                                                                       | La conception proposée .....                                         | 111        |
| 3.                                                                                                       | L'installation .....                                                 | 111        |
| <b>Chapitre 6 : Suivi des actions et etude technico économique du projet .....</b>                       |                                                                      | <b>112</b> |
| I.                                                                                                       | Suivi de la réalisation des actions : .....                          | 113        |

|                                                       |     |
|-------------------------------------------------------|-----|
| II. Etude technico économique.....                    | 114 |
| 1. Impact de la mise en place de LE07 .....           | 114 |
| 2. Impact des solutions d'améliorations d'AMDEC ..... | 115 |
| 3. Impact des solutions sur le TRS .....              | 116 |
| 4. Gains escomptés :.....                             | 117 |
| Conclusion & Perspectives .....                       | 118 |

## Liste des figures

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1: SEWS CABIND Ain Harrouda .....                                  | 3  |
| Figure 2: Organigramme de la division câble .....                         | 6  |
| Figure 3 : Les clients majeurs de SEWS CABIND Ain Harrouda .....          | 6  |
| Figure 4: Câble multi-fil .....                                           | 7  |
| Figure 5: Cale uni-fil .....                                              | 7  |
| Figure 6: Tréfileuse d'ébauche .....                                      | 8  |
| Figure 7: Réduction de section + Allongement du fil dans Tréfileuse ..... | 8  |
| Figure 8: Futs de conditionnement .....                                   | 9  |
| Figure 9 : Bot de cuivre .....                                            | 9  |
| Figure 10: nombre de tour du fil autour de chaque cabestan .....          | 9  |
| Figure 11: la machine tréfileuse d'ébauche (TU) .....                     | 10 |
| Figure 12: Tréfileuse multi fil (16 brins) .....                          | 10 |
| Figure 13: cabestan et filière .....                                      | 11 |
| Figure 14: Recuiseur .....                                                | 11 |
| Figure 15: Le deuxième poste ; la machine TM .....                        | 11 |
| Figure 16: Resy .....                                                     | 12 |
| Figure 17: passage du câble dans la filière .....                         | 12 |
| Figure 18: les problèmes dans les filières .....                          | 13 |
| Figure 19: les caractéristiques d'une filière .....                       | 14 |
| Figure 20: stockage des filières .....                                    | 14 |
| Figure 21: Traction + Compression du câble dans la filière .....          | 14 |
| Figure 22: facteur de glissement .....                                    | 15 |
| Figure 23: lubrifiant de la machine .....                                 | 15 |
| Figure 24: l'écrouissage des fils .....                                   | 16 |
| Figure 25: le recuiseur .....                                             | 17 |
| Figure 26: le pantin .....                                                | 17 |
| Figure 27: la fiche technique du tréfilage multi fil .....                | 18 |
| Figure 28: le pas de toronnage .....                                      | 19 |
| Figure 29: conducteur multi-brin .....                                    | 19 |
| Figure 30: les pay-off du toronnage .....                                 | 20 |
| Figure 31: les différentes versions du dévidoir utilisé .....             | 20 |
| Figure 32: l'entrée de la machine toronneuse .....                        | 21 |
| Figure 33: toronneuse .....                                               | 21 |
| Figure 34: les composants de la ligne d'extrusion .....                   | 22 |
| Figure 35: Extrudeuse .....                                               | 22 |
| Figure 36: Dessin technique de la tête d'extrusion .....                  | 23 |
| Figure 37: la tête d'extrusion .....                                      | 23 |
| Figure 38: collier de serrage .....                                       | 24 |
| Figure 39: Adaptateur ou bride .....                                      | 24 |
| Figure 40: Vis d'extrudeuse à trois zones .....                           | 25 |
| Figure 41: cylindre de plastification .....                               | 25 |
| Figure 42: Trémie de l'extrudeuse mono-vis .....                          | 26 |
| Figure 43: Culasse d'eau de refroidissement .....                         | 26 |
| Figure 44: cabestan de freinage du fil .....                              | 26 |
| Figure 45: préchauffeur du fil .....                                      | 26 |
| Figure 46: bac de refroidissement .....                                   | 27 |
| Figure 47: guide câble .....                                              | 27 |

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 48: détecteur du diamètre .....                                                    | 28 |
| Figure 49: sécheur .....                                                                  | 28 |
| Figure 50: Accumulateur.....                                                              | 28 |
| Figure 51: Détecteur de Spark.....                                                        | 28 |
| Figure 52: Détecteur d'olives .....                                                       | 28 |
| Figure 53: Plateau de bobine .....                                                        | 29 |
| Figure 54: grappin de bobine.....                                                         | 29 |
| Figure 55: convoyeur de bobine.....                                                       | 29 |
| Figure 56: zone de stockage de chaque ligne .....                                         | 30 |
| Figure 57: Vidage des bobines .....                                                       | 30 |
| Figure 58: Diagramme GANTT du projet.....                                                 | 32 |
| Figure 59: Diagramme beta-corne pour exprimer le besoin.....                              | 33 |
| Figure 60: Chemin du câble DIVUS .....                                                    | 37 |
| Figure 61: recuiseur + préchauffeur de LE07.....                                          | 38 |
| Figure 62: la forme comprimé en circulaire du DIVUS .....                                 | 38 |
| Figure 63 : échantillon d'une rondelle de DIVUS 05.....                                   | 38 |
| Figure 64: nettoyage des distributeurs.....                                               | 39 |
| Figure 65: nettoyage de la tête d'extrusion .....                                         | 39 |
| Figure 66: les types des distributeurs .....                                              | 40 |
| Figure 67: nettoyage poinçon et filière.....                                              | 40 |
| Figure 68: nettoyage de l'extrudeuse .....                                                | 41 |
| Figure 69: afficheur de l'extrudeuse.....                                                 | 42 |
| Figure 70: Afficheur du bobinoir .....                                                    | 43 |
| Figure 71: le réglage du trancanage.....                                                  | 43 |
| Figure 72: dimensions à régler dans le bobinoir .....                                     | 43 |
| Figure 73: affiche CCS pour calcul de prévision de changement de couleur.....             | 46 |
| Figure 74: instruction du changement de filtre.....                                       | 48 |
| Figure 75: Matrice des couleurs .....                                                     | 48 |
| Figure 76: la soudure de deux torons .....                                                | 49 |
| Figure 77: les poulies du préchauffeur .....                                              | 49 |
| Figure 78: la coronelle.....                                                              | 49 |
| Figure 79: les trous du sécheur.....                                                      | 50 |
| Figure 80: pince du bobinoir .....                                                        | 50 |
| Figure 81: thermocouple .....                                                             | 50 |
| Figure 82: poinçon usé .....                                                              | 51 |
| Figure 83: poinçon et filière de LE07.....                                                | 51 |
| Figure 84: Diagramme CTQ du lancement de LE07.....                                        | 53 |
| Figure 85: Variation du temps de chauffage dans le 1er test.....                          | 55 |
| Figure 86: régulateur de température PID .....                                            | 56 |
| Figure 87: test de chauffage après réglage PID .....                                      | 57 |
| Figure 88: La forme géométrique de la vis .....                                           | 57 |
| Figure 89: courbe de débit de la vis actuelle en fonction de la vitesse de rotation.....  | 59 |
| Figure 90: système vis-fourreau .....                                                     | 59 |
| Figure 91: canal de la vis.....                                                           | 60 |
| Figure 92: différentes sections de la vis.....                                            | 60 |
| Figure 93: Géométrie de la vis dans le fourreau.....                                      | 61 |
| Figure 94: dimensions de la vis .....                                                     | 61 |
| Figure 95: courbe de débit de la nouvelle vis en fonction de la vitesse de rotation ..... | 63 |

|                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure 96: Taux de disponibilité de la ligne LE07 pour le mois de mai2022 .....                    | 67  |
| Figure 97: Taux de performance de la ligne LE07pour le mois de mai 2022 .....                      | 69  |
| Figure 98: Taux de qualité de la ligne LE07pour le mois de mai2022.....                            | 70  |
| Figure 99 : TRS pour la ligne 07 pendant le mois mai de l'année 2022 .....                         | 71  |
| Figure 100: Diagramme PARETO des pannes de LE07 .....                                              | 72  |
| Figure 101: Diagramme ISHIKAWA chute de vitesse .....                                              | 73  |
| Figure 102: Diagramme ISHIKAWA arrêt machine.....                                                  | 74  |
| Figure 103: Diagramme ISHIKAWA rupture fil .....                                                   | 74  |
| Figure 104: brin sortant d'un toron .....                                                          | 83  |
| Figure 105: Diagramme ISHIKAWA brin sortant .....                                                  | 84  |
| Figure 106: Exemple d'un mélangeur.....                                                            | 92  |
| Figure 107: la nouvelle conception proposée de la vis d'extrusion multi-sections sur CATIA V5..... | 93  |
| Figure 108: loi normale des mesure d'épaisseur d'isolation.....                                    | 96  |
| Figure 109: loi normale des mesures du diamètre extérieure .....                                   | 97  |
| Figure 110: loi normal des mesures de la résistance ohmique .....                                  | 99  |
| Figure 111: espace déclaration .....                                                               | 101 |
| Figure 112: structure métallique isolée en panneau sandwich .....                                  | 102 |
| Figure 113: principe d'affaiblissement acoustique : système masse-ressort-masse .....              | 103 |
| Figure 114: quelque isolant .....                                                                  | 103 |
| Figure 115: Les panneaux sandwich .....                                                            | 104 |
| Figure 116: La laine de verre.....                                                                 | 104 |
| Figure 117: La laine de roche.....                                                                 | 105 |
| Figure 118: Panneau sandwich.....                                                                  | 107 |
| Figure 119: modélisation et dimensionnement de la structure sur Robot Structural Analysis.....     | 108 |
| Figure 120: situation avant .....                                                                  | 110 |
| Figure 121: situation après .....                                                                  | 110 |
| Figure 122: la conception du garde-corps sur REVIT.....                                            | 111 |
| Figure 123: bobines de stockage de fil intermédiaire.....                                          | 113 |
| Figure 124: Nouveau pince de découpe des bouts de torons en cuivre .....                           | 113 |
| Figure 125: changement du type de manchon de soudure.....                                          | 114 |
| Figure 126: Évolution du TRS après les améliorations .....                                         | 116 |

## Liste des tableaux

|                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tableau 1: L'historique interne de SEWS CABIND Maroc.....                                               | 4   |
| Tableau 2 : Fiche signalétique de Sews-cabind Ain harrouda.....                                         | 5   |
| Tableau 3 : Réglage satellite et redresseur .....                                                       | 9   |
| Tableau 4 : charge en heure hebdomadaire de production par client .....                                 | 34  |
| Tableau 5 : charge en heure hebdomadaire de production par ligne .....                                  | 34  |
| Tableau 6 : Les objectifs de la démarche DMAIC et outils utilisés .....                                 | 35  |
| Tableau 7 : Le SIPOC .....                                                                              | 36  |
| Tableau 8: Fréquence et durée de changement de couleur mensuel pour chaque ligne pour l'année 2018..... | 44  |
| Tableau 9: Fréquence et durée de changement de couleur mensuel pour le moi 04 de l'année 2022 ...       | 45  |
| Tableau 10: Configuration du parc machine de LE 07.....                                                 | 45  |
| Tableau 11 : 1er test de chauffage de l'extrudeuse .....                                                | 54  |
| Tableau 12: temps de chauffage des zones de l'extrudeuse après réglage PID.....                         | 56  |
| Tableau 13: 1er test du débit de la matière dans la vis d'extrusion.....                                | 58  |
| Tableau 14: 2ème test après changement de vis d'extrusion.....                                          | 63  |
| Tableau 15: La méthode QQQQCP pour diagnostiquer le TRS .....                                           | 64  |
| Tableau 16: taux de disponibilité actuel (mois mai) de LE07 .....                                       | 66  |
| Tableau 17: taux de performance actuel (mai) de LE07 .....                                              | 68  |
| Tableau 18: taux de qualité actuel (mois mai) de LE07 .....                                             | 70  |
| Tableau 19 : TRS global de LE07 pour mois 05 .....                                                      | 70  |
| Tableau 20 : les heures d'arrêts des différentes tâches pendant les mois 03, 04,05 de l'année 2022 ...  | 72  |
| Tableau 21: Grille de criticité.....                                                                    | 76  |
| Tableau 22: les modes de défaillance dans LE 07.....                                                    | 80  |
| Tableau 23: Plan d'action du bobinoir .....                                                             | 83  |
| Tableau 24: Plan d'action du brin sortant.....                                                          | 85  |
| Tableau 25: Plan d'action de mauvaise soudure .....                                                     | 86  |
| Tableau 26 : Comparaison des différents mélangeurs.....                                                 | 92  |
| Tableau 27: Les paramètres de la vis d'extrusion .....                                                  | 93  |
| Tableau 28: mesures de l'épaisseur isolant pour 30 échantillons.....                                    | 94  |
| Tableau 29: mesure du diamètre extérieur pour 30 échantillons.....                                      | 96  |
| Tableau 30: mesure de la résistance ohmique pour 30 échantillons.....                                   | 98  |
| Tableau 31: cronométrage des temps des réunion à l'intérieur de l' usine.....                           | 101 |
| Tableau 32: Valeurs nominales de fy et fu.....                                                          | 106 |
| Tableau 33: les prix en dollar des profilés par m .....                                                 | 109 |
| Tableau 34: les anomalies détectées lors des visites à l'usine câble .....                              | 109 |
| Tableau 35: estimation du temps et du cout de production de LE07 par produit.....                       | 114 |
| Tableau 36: estimation totale du cout de production de LE07 .....                                       | 115 |
| Tableau 37: gain en fréquence après l'implantation du plan d'action .....                               | 115 |
| Tableau 38: Calcul de gain en temps après l'implantation du plan d'action .....                         | 115 |
| Tableau 39: Calcul de gain annuel AMDEC.....                                                            | 116 |
| Tableau 40: Résultat de TRS avant et après les améliorations.....                                       | 116 |
| Tableau 41: le gain de la mise en place de LE07 .....                                                   | 117 |
| Tableau 42: Calcul de gain annuel après l'installation et les améliorations.....                        | 117 |

## Terminologies

Liste des abréviations:

SEWS: Sumitomo Electric Wiring Systems.

SCM : SEWS CABIND MAROC.

PVC : Poly Vélin de Chlorure

Resy : installation de refroidissement

AMDEC : analyse des modes de défaillance, leurs effets de leur criticité.

QQOCPQ : Qui ? Quoi ? Où ? Comment ? Pourquoi ? Quand ?

RPM : rotation par minute / tour par minute

SIIC: System of Integrated Information Computerized

TRS : Taux de Rendement Synthétique

Casse Fils : rupture du fil, Sécurité qui arrête la machine lorsqu'un fil casse.

Bobinoir : Réception du fil tréfilé/isolé sur des bobines métalliques/plastique de taille standard :  
Il peut être bobinoir simple ou bobinoir double avec transfert automatique.

Bobine : Métallique /plastique utilisée pour le conditionnement du fil après tréfilage/toronnage/isolation, elle existe en taille normalisée

Mise en fût : Conditionnement du fil tréfilé dans des paniers, sur les tréfileuses d'ébauches, ce fil est souvent destiné au tréfilage sur des tréfileuses multi-fil

## Introduction générale

Aujourd'hui l'industrie automobile est confrontée aux monstrueux challenges surtout quand il s'agit de lancer la fabrication de nouveaux produits, aussi la compétitivité devient de plus en plus pointue alors elle doit être en développement continu. Dans cette perspective s'inscrit la stratégie de l'entreprise « SEWS CABIND Maroc » elle est quotidiennement confrontée à la maîtrise et à l'amélioration des performances de l'ensemble de ses processus par le biais d'éliminer toutes les anomalies existantes dans les procédés

J'ai eu l'opportunité d'effectuer mon stage PFE dans le service division câble à SEWS CABIND-Maroc, filiale du conglomérat japonais Sumitomo qui excelle dans plusieurs domaines industriels. La stratégie de l'entreprise SEWS CABIND Maroc s'inscrit dans la perspective d'amélioration des procédures et de la qualité des produits, et l'augmentation de la cadence, pour atteindre la performance, l'efficacité et garder un avantage concurrentiel. Pour cela deux parties seront élaborer dans ce projet, la première s'agit d'un lancement d'une nouvelle ligne d'extrusion spécifique pour le démarrage d'un nouveau produit et pour augmenter la cadence de production et le deuxième sera focalisé sur une ouverture d'un chantier Kaizen pour détecter les problèmes existants et proposer par la suite des améliorations dont l'objectif est d'augmenter les performances industrielles de l'usine.

Mon rapport est constitué de cinq chapitres, le premier chapitre comprend une présentation générale de l'organisme d'accueil à savoir : un aperçu général sur le groupe SEWS CABIND, les domaines d'activités de ses filiales et la description de processus de fabrication, ainsi que la problématique du projet, le cahier de charges et le planning. Le deuxième chapitre présente l'étape «définir» de la démarche DMAIC, s'intéresse au lancement de la ligne et aux différents tests réalisés pour le démarrage et la production en cadence. Le troisième chapitre, une étude et amélioration des paramètres optimaux de fonctionnement, comprend l'étape «Mesurer», « Analyser » et « Innover» où on a effectué toute mesure possible qui comprend les mesures du TRS qui fera l'objet d'une analyse détaillée des causes racines des différents dysfonctionnements identifiés dans la phase mesuré pour lancer par la suite des plans d'action à instaurer. Le quatrième chapitre présente une optimisation de la vis d'extrusion avec un calcul de capacité et validation processus. Le cinquième chapitre consiste à proposer des améliorations dans le cadre d'un chantier Kaizen et le sixième présente l'étape « Contrôler » qui consiste en la mise en place des solutions proposées et le suivi des nouveaux indicateurs. Il contient aussi une étude technico-économique pour chiffrer le gain obtenu.

Projet de fin d'étude –ingénierie

En Conception Mécanique & Innovation



## ***Chapitre 1 : présentation d'établissement d'accueil***

### ***Et le processus de fabrication***

## Introduction

Dans ce chapitre, on va présenter le cadre général du projet. En commençant par la présentation du groupe SUMITOMO puis celle de l'entité d'accueil. Ensuite, on expliquera le procédé de fabrication utilisé dans l'usine et les différents services au sein du site d'Ain Harouda. Enfin, on déterminera le périmètre du projet en termes de définition de la problématique, le cahier des charges ainsi que le planning du projet.

### I. Présentation du groupe SUMITOMO

#### 1. Historique de groupe Sumitomo

Le groupe SUMITOMO a été fondé depuis quatre siècles (1615), il a commencé ses activités par l'exploitation et la transformation des matières premières notamment le cuivre

En 1985, la filiale du groupe SUMITOMO dont les activités se sont concentrées autour du secteur du câblage industriel, a pris le nom de SUMITOMO ELECTRIC WIRING SYSTEMS (SEWS), son réseau mondial s'étend sur les cinq continents et occupe le troisième rang mondial en son domaine avec une part de marché de 21% du marché mondial

Le continent Africain contient trois sites du groupe Sumitomo du câblage industriel installés au Maroc, Afrique du Sud et l'Egypte [4].

#### 2. Présentation du groupe SEWS CABIND

SEWS-CABIND GROUP est une société multinationale dont le siège social est situé près de la ville de Turin, dans le nord-ouest de l'Italie. C'est à partir de là que travaillent les dirigeants et les unités d'affaires clients au niveau mondial :

Maroc : SEWS-CABIND Maroc S.A.S. avec cinq usines à Ain Harouda (siège social), Berrechid et Ain Sebaa.

Pologne : SEWS-CABIND Poland sp.z.oo avec deux usines historiques à Zywiec.

Albanie : SEWS-CABIND Albania Sh.p.k, une nouvelle usine qui ouvrira en 2020, se trouve à Bathore Kamez Albanie où le siège de SEWS-CABIND ALBANIA est déjà installé.

SEWS CABIND GROUP, un partenaire mondial réputé dans la fourniture de câblage et de composants pour le secteur automobile [4].

### 3. SEWS Europe

Sumitomo Electric Wiring System Europe est un fabricant de câblages électriques et de composants électroniques pour les plus grands constructeurs automobiles internationaux. Créée en 1999, l'entreprise compte aujourd'hui des bureaux d'études et des usines, implantés en Europe et en Afrique du Nord. SEWS-E dispose depuis 2001 d'un bureau d'études industriel en France pour travailler avec 2 grands acteurs français. Les équipes en France développent une grande proximité avec les clients et suivent les produits depuis leur conception jusqu'à la fin de production des véhicules [4].

### 4. SEWS CABIND MAROC

SEWS-CABIND MAROC COMPANY est spécialisée dans la fabrication de fils et de faisceaux de câbles et est présente sur le marché depuis 2001, date à laquelle elle a été créée en tant que filiale de SEWS-CI. En 2013, elle a déménagé à 30 km de l'ancienne usine de Casablanca pour s'installer à l'usine d'Ain Harrouda, dans la ville voisine de Mohammedia, où elle a établi son siège social. En conséquence, les employés travaillant dans cette usine ont les plus longues années de service parmi toutes les usines du groupe Sumitomo Electric au Maroc (figure1).

La société gère maintenant trois sites de fabrication et emploie un total de 6340 employés, Aïn Harrouda - 2264, Berrechid - 2710 et Aïn Sebaâ - 1366. Les produits finis sont livrés au principal client FCA dans un délai exceptionnel de 3 heures.



*Figure 1: SEWS CABIND Ain Harrouda*

C'est aussi le résultat des programmes exceptionnels de développement des ressources humaines et du système de carrière interne proposé par le groupe Sumitomo Electric qui met un accent remarquable sur le développement des femmes. En effet, les jeunes femmes qui rejoignent l'entreprise réalisent qu'elles peuvent avoir des objectifs, suivent une formation approfondie et visent à développer leur carrière [4].

## 5. Chiffre d'affaires et investissements

SEWS CABIND Maroc a démarré avec un capital de 8.000.000 de DHS dont 20% de participation du groupe TAGMAT HOLDING (Maroc) ; le leader dans son activité industrielle au niveau national, et 80% partagée entre le groupe SUMITOMO (Japon) et CABIND (Italie).

En 2003, la société SEWS CABIND Maroc a réalisé un chiffre d'affaires d'environ 452.212.000,00 DHS, cela veut dire une augmentation de 95% par rapport à l'année 2001. Des investissements importants sont également mis en place et valent 21.500.000,00 DHS pendant l'année 2003.

« Sumitomo Electric Industries » Compte 332 entreprises homologuées et plus de 170 mille salariés dans 36 pays à travers le monde. SWS a établi une présence mondiale avec 95 sociétés dans 33 pays qui emploient 140 mille salariés [4].

### a. Historique interne :

|             |                                                                                                                                        |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>2001</b> | <b>Fondation de SEWS-CM à Moulay Rachid</b>                                                                                            |
| <b>2002</b> | Certification ISO 9001                                                                                                                 |
| <b>2003</b> | Certification ISO 14001<br>Prix de qualité par FIAT                                                                                    |
| <b>2006</b> | Inauguration de l'usine de Berrechid                                                                                                   |
| <b>2007</b> | Construction de l'usine de fabrication des faisceaux à Kenitra                                                                         |
| <b>2008</b> | Construction de l'usine de fabrication des faisceaux Ain Aouda<br>Obtention du 11ème Prix d'exportation "Distinction First Challenger" |
| <b>2009</b> | Démarrage de l'usine Ain Sebaa                                                                                                         |
| <b>2012</b> | Construction de l'usine câbles à Ain Harrouda                                                                                          |

Tableau 1: L'historique interne de SEWS CABIND Maroc

## 6. Sews-Cabind Ain Harrouda :

### a. Implantation du site :

Le site d'Ain Harrouda abrite le siège social et une usine de production. Ce site est construit sur un terrain de 6 ha et compte environ 1700 personnes. SEWS CABIND Maroc dispose de deux autres sites de production ; l'un à Berrechid et l'autre à Ain Sbaa.

L'essentiel de la production concerne une sous-traitance avec les entités du groupe FIAT CRYSLER AUTOMOTIVE qui sont basées en Italie, en Espagne et en Angleterre

|                            |                                                                                                                                                        |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Raison Social</b>       | <b>SEWS CABIND MAROC</b>                                                                                                                               |
| <b>Date de création</b>    | Le 25 Avril 2001                                                                                                                                       |
| <b>Chiffre d'affaires</b>  | 1 400 million dirhams                                                                                                                                  |
| <b>Capital</b>             | 350 million dirhams                                                                                                                                    |
| <b>Président</b>           | M. komori                                                                                                                                              |
| <b>Sites de production</b> | Ain Harrouda, Ain Sebaa, et Berrechide                                                                                                                 |
| <b>Siege Social</b>        | Zone Industrielle Ahmed Ben Ichou Km 9 Route de Rabat Ain Harrouda 28632 Mohammedia BP130 Maroc<br>Tel : (0)522 74 94 94<br>Fax : +212 (0)522 33 27 18 |
| <b>Activité</b>            | Fabrication et vente de faisceaux de câble d'automobile                                                                                                |

Tableau 2 : Fiche signalétique de Sews-cabind Ain harrouda

### b. Organigramme

Voici l'organigramme de la division câble où sont fabriqués les câbles gainés en PVC, avec un responsable, des assistants, des techniciens, des agents et des opérateurs pour chaque service (figure2).

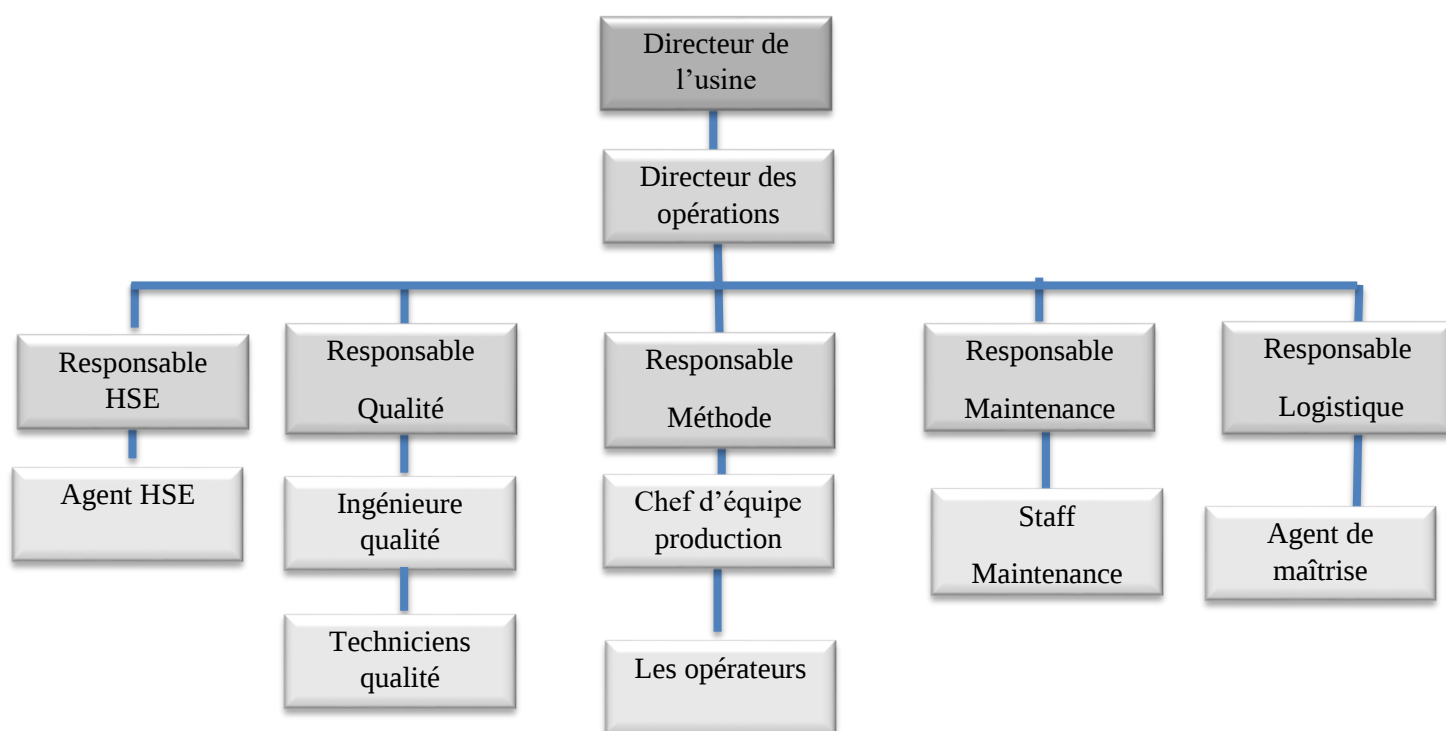


Figure 2: Organigramme de la division câble

## 7. Les clients majeurs de SEWS-CABIND Ain Harrouda

Elle produit des câbles électriques pour le compte des trois principaux clients : Le Japon, L'Italie, La France, sous le nom des produits suivants : AVSS, AVS, MFLR, LFT2, P3S, DRYA1 ... (figure 3).



Figure 3 : Les clients majeurs de SEWS CABIND Ain Harrouda

## II. Processus de Production dans la division câble

### 1. Les caractéristiques d'un fil électrique automobile

Un fil électrique : est le composant électro technique servant au transport de l'électricité, afin de transmettre de l'énergie et de l'information. Il est constitué d'un matériau conducteur, monobrin (figure 5) ou multibrin (figure 4), entouré d'une enveloppe isolante (plastique). L'intérieur du fil électrique est appelée « âme » conductrice du fil faite d'un toron de fils fins et d'une isolation formée d'une couche d'un matériau polymères (PVC). Ce matériau avec le colorant sont directement extrudés sur l'âme conductrice.

Les matériaux utilisés présentent des caractéristiques intéressantes en ce qui concerne la résistance électrique, le poids, la tenue mécanique, le coût.

Les fils électriques sont souvent regroupés au sein d'un câble électrique avec des couleurs normalisées (suivant la fonction), afin de reconnaître le rôle de chacun

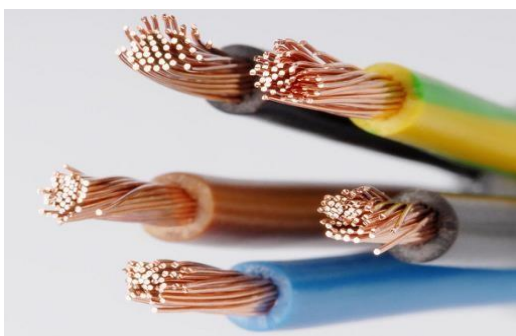


Figure 4: Câble multi-fil



Figure 5: Câble uni-fil

Le procédé de fabrication, compte tenu des technologies existantes, donne aux conducteurs des performances électromécaniques qui assurent le respect des limitations imposées par les plus rigoureuses normes réglementaires et techniques officiellement reconnues (CEI, UNI, ASTM, BS, NF, DIN, ...).

Pour fabriquer les fils électriques à code de couleur on utilise d'abord une tige faite de cuivre du 8 mm du diamètre

## 2. Procédé de tréfilage

### a. Tréfilage ébauche :

Tréfilage pour fil ébauche de cuivre est incontournable pour réaliser le premier pas dans le processus de production. Dans un premier temps la tige traverse la machine du tréfilage (uni fil, uni-drawing)(figure 6) dans laquelle la tige traverse une série de poulies et de filières lubrifiées - pour assurer le maintien d'un bon état de surface du fil métallique et de limiter l'échauffement provoqué par l'écrouissage du métal- qui l'étire, l'allonge, la mincisse pour finalement l'enrouler autour des baskets de 35Km le diamètre passe progressivement-afin d'augmenter sa ductilité et sa conductivité- de 8mm à 1,6mm (figure 7) .



Figure 6: Tréfileuse d'ébauche

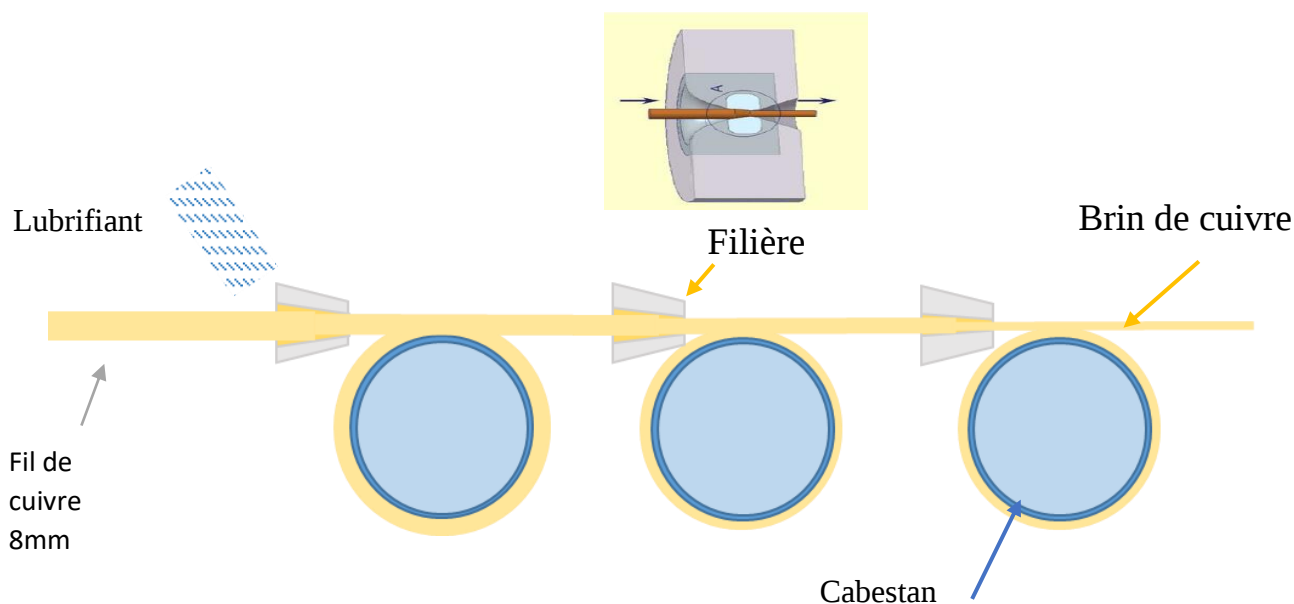


Figure 7: Réduction de section + Allongement du fil dans Tréfileuse

À la sortie du fil les ouvriers vérifient visuellement la couleur du brin (couleur rouge signifie un problème de température)

Les basquets conformes (figure 8) sont stockée dans un endroit pour les préparer au deuxième poste, les non conformes doivent être stocké dans un autre endroit entouré d'une ceinture rouge (utilisé pour les petits sections)



Figure 8: Futs de conditionnement

Le cuivre arrive de la fonderie à l'usine dans de grandes bobines dont le poids varie de 4430 Kg à 4830 Kg (5 tonnes) appelé botte de cuivre de 8 mm de diamètre (figure 9), est appelé techniquement «fil machine»



Figure 9 : Bot de cuivre

A l'intérieur de la machine, le fil de cuivre traverse certain nombre de cabestans et de filières pour qu'il s'étire et se mincisse progressivement comme suivant :

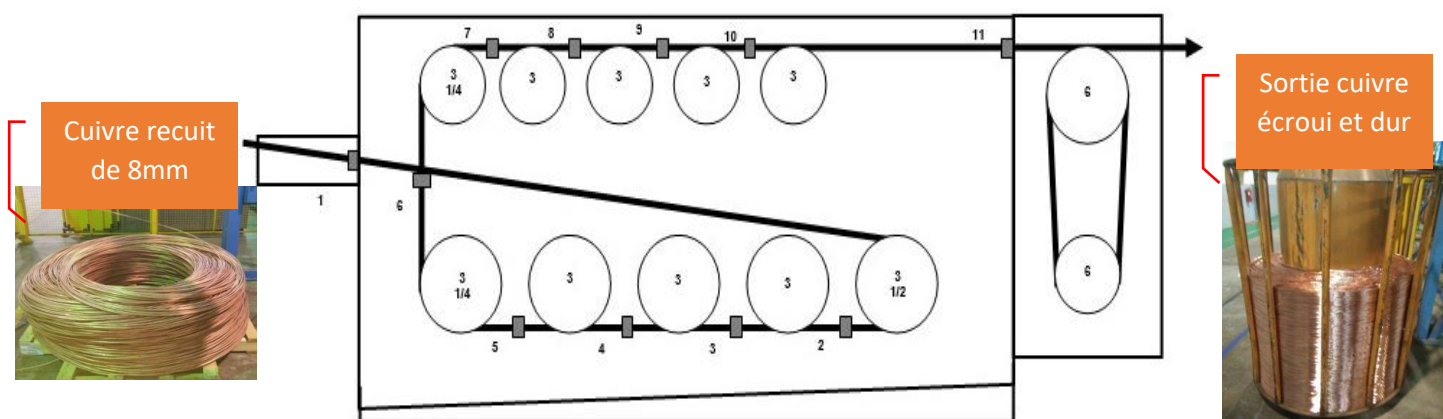


Figure 10: nombre de tour du fil autour de chaque cabestan

| N        | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9     | 10     | 11     |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| Diamètre | 6.7855 | 5.5770 | 4.6480 | 3.9070 | 3.3260 | 2.8570 | 2.5450 | 2.2680 | 2.020 | 1.7990 | 1.6000 |

Tableau 3 : Réglage satellite et redresseur

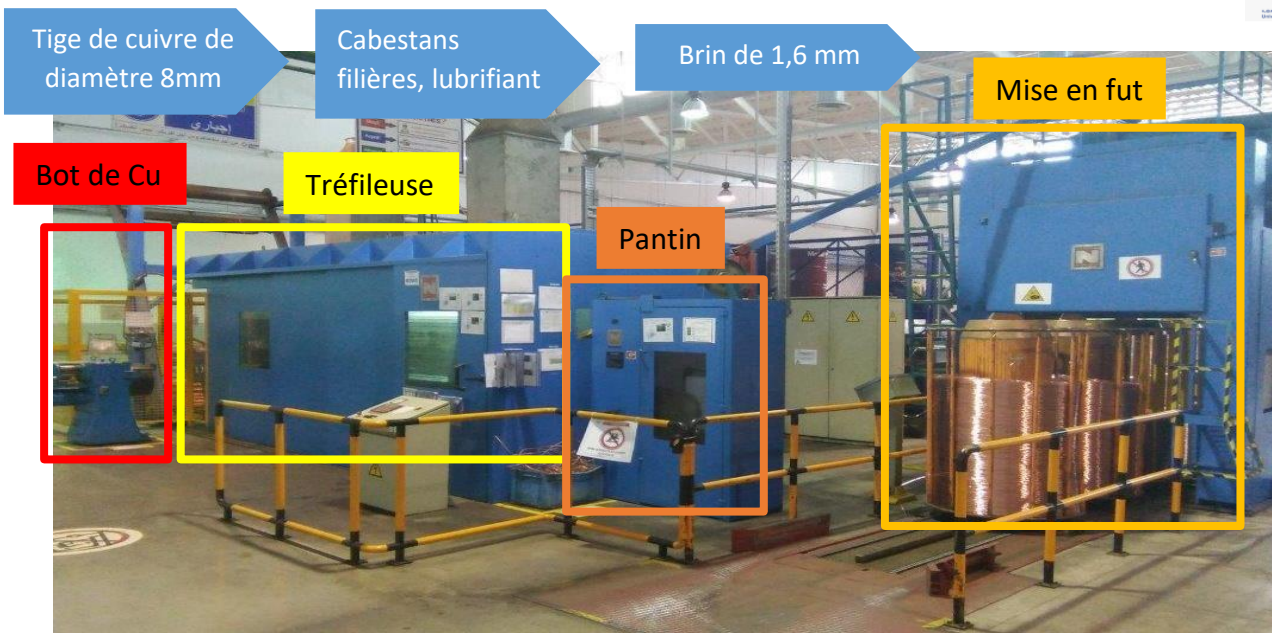


Figure 11: la machine tréfileuse d'ébauche (TU)

#### b. Tréfilage multi fil :

À partir de fil de 1,6mm, on entre dans le tréfilage fin (multidrawing) dans ce processus du tréfileuses multifilaires 6 à 16 fils (figure 12) en même temps en les transformant en brins fins où le diamètre du fil de cuivre est réduit jusqu' à la mesure du fil définie pour chaque type de conducteur (peut aller jusqu'à 0.195 mm) Cette transformation se réalise sans aucune perte de matière ; Le poids de la matière à l'entrée de la tréfileuse se retrouve donc à sa sortie du fait que le fil se sera allongé et son diamètre se sera réduit durant l'opération.

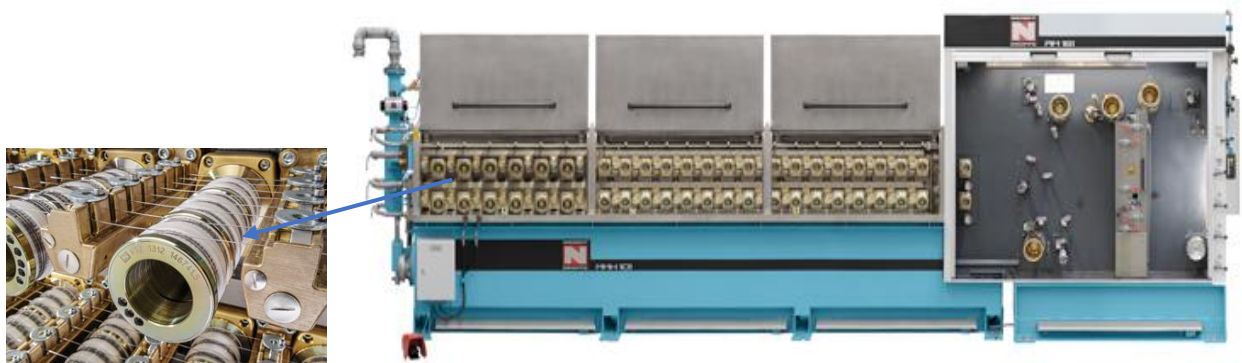


Figure 12: Tréfileuse multi fil (16 brins)

Alors ce procédés consiste en un allongement de la matière (fil de cuivre) qui se réalise mécaniquement par étirement au moyen de cabestans de tirage en passant par différentes filières en amont afin d'en réduire son diamètre progressivement. La filière est lubrifiée, pour

1-Assurer le maintien d'un bon état de surface du fil métallique

2-Assurer le refroidissement

3-Contrer l'échauffement provoqué par l'écrouissage

4-Augmenter la durée de la vie des filières et des cabestans (figure13).

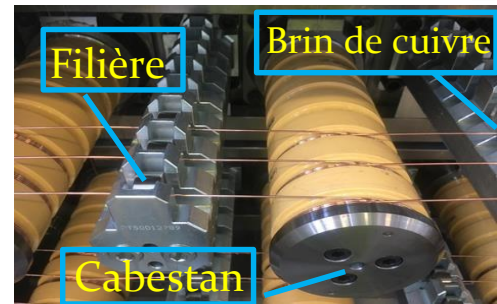


Figure 13: cabestan et filière

#### ○ Recuiseur :

Dans la dernière étape du tréfilage fin, tous les fils sont soumis à un traitement thermique appelé recuit. Selon l'usage auquel on le destine après le tréfilage, le fil, qui a été écroui durant sa transformation, doit subir un recuit après l'opération de tréfilage afin que la matière recouvre ses propriétés mécaniques de base et aussi d'augmenter la ductilité et la conductivité du cuivre

Recuiseur (figure14) il y a qui sont entraîné au moyen de courroies passant par la tréfileuse et il y en a qui dispose d'un moteur indépendant, avec son transformateurs dont la puissance sera adaptée au diamètre maximum du fil de sortie désiré par le client, et équipés d'un générateur de vapeur ou d'azote. L'utilisation d'azote est pour raison d'éviter l'oxydation du fil



Figure 14: Recuiseur

Voici la machine tréfileuse multi fil :

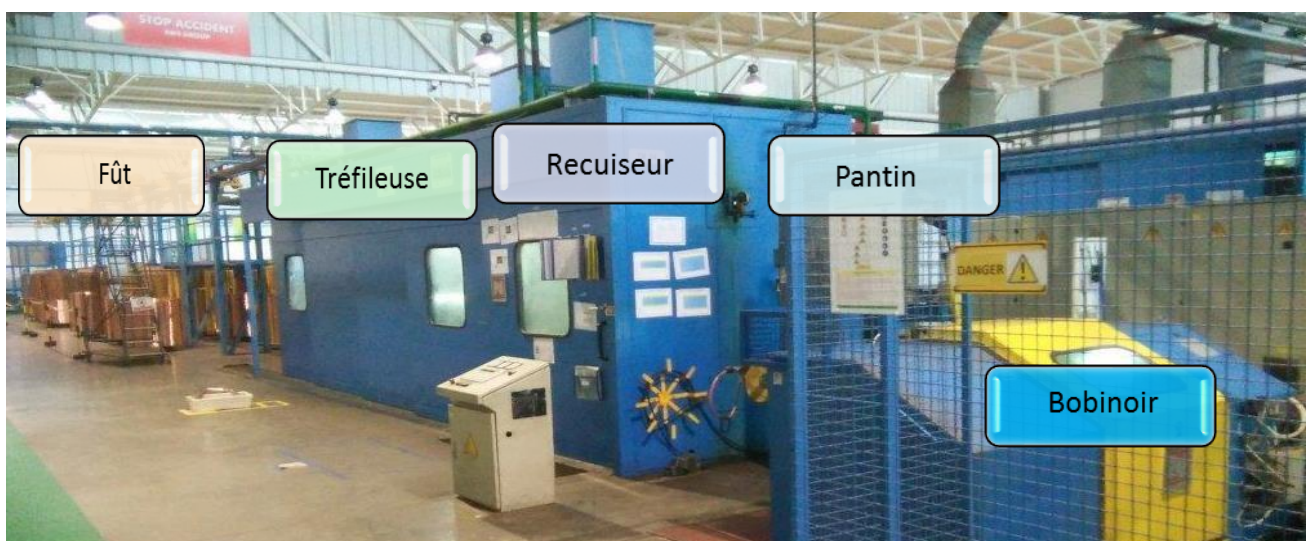


Figure 15: Le deuxième poste ; la machine TM

En fin on obtient une ou deux bobines de 6 à 8 brins avec un métrage de 160 à 200 Km

## ○ INSTALLATIONS DE REFROIDISSEMENT DE LUBRIFIANT

Ces installations de refroidissement du lubrifiant (émulsion de tréfilage) de tréfileuses pour fil fin (multi-fil) ou fil ébauche (uni-fil) et peuvent être connectées à un système de filtrage et à un échangeur de chaleur sont installées au niveau du sol avec des pompes pour envoyer le lubrifiant aux différents éléments (figure16)



Figure 16: Resy

Les bobines tréfilées sont transmises, après être pesée et contrôlée, vers des machines appelées « toronneuses » qui sont chargées de torsader plusieurs brins de fil pour avoir une bobine toronnée.

### i. Filières :

#### ▪ Caractéristiques :

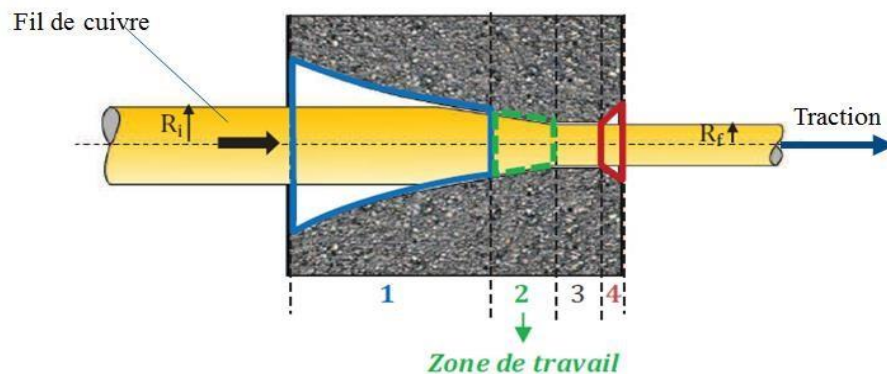
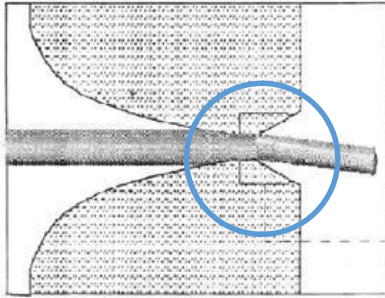


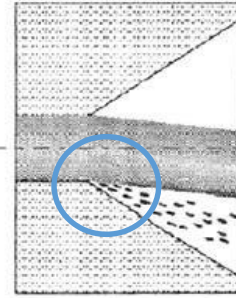
Figure 17: passage du câble dans la filière

- 1 : Zone d'entrée : permettant au fil et au lubrifiant de pénétrer dans la zone de réduction
- 2 : Zone de réduction : où le fil est déformé pour réduire son diamètre.
- 3 : Portée cylindrique : pour le calibrage du fil.
- 4 : Zone de Sortie : où le fil sort avec le diamètre voulu

Il faut bien choisir la filière convenable et aussi assurer leur positionnement et alignement pour éviter certains problèmes, parmi lesquelles



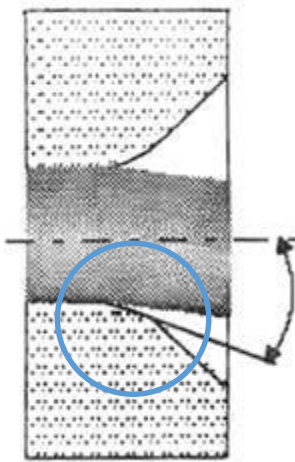
Les filières sur la tréfileuse ne sont pas parfaitement alignées



Si la fin de la portée comporte une petite arrête le fil peut être «rasé». Des particules de métal sont arrachées



Polluer le bain de tréfilage  
Boucher la filière suivante



Pour éviter cette arête, il faut confectionner un petit arrondi destiné à assurer une liaison douce entre portée cylindrique et sortie de la filière

Frottement contre l'arrête de sortie de portée

Usure anormale de la filière

Mauvaise qualité du fil

Usure de la machine

Figure 18: les problèmes dans les filières

#### ▪ Type :

Les Filières se caractérisent par les matériaux utilisés, leurs géométries et leurs diamètres

Elles doivent allier à la fois une dureté élevée tout en ayant un minimum de fragilité et une grande résistance à l'usure On utilise donc des filières en :

- Carbure de tungstène : tréfilage Alu et almélec de diamètres 2mm à 4mm.
- Polycristalin ou compax : tréfilage cuivre de diamètres > 0.4mm
- Diamant Synthétique : tréfilage cuivre de diamètres 0.5 mm → 0.21
- Diamant naturel : tréfilage cuivre de diamètres (Finition).



Figure 19: les caractéristiques d'une filière

#### ▪ Contrôle :

L'ensemble des filières est mis à disposition des opérateurs dans une armoire à l'atelier, les opérateurs doivent Contrôler :

✓ Nombre de filière du jeu (suivant le besoin : 7, 8, 14, 15 ou 16)

✓ La propreté des filières



Figure 20: stockage des filières

Les jeux de filières sont contrôlés, nettoyés à l'ultra-sonique et rangés, périodiquement, par l'outillage

#### ▪ Allongement :

D : diamètre du fil d'entrée

d : diamètre du fil en sortie filière

S : section du fil d'entrée

s : section du fil en sortie filière

A : valeur décimale de l'allongement

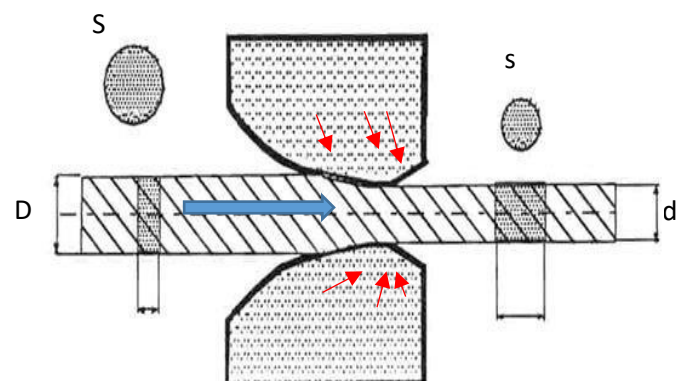


Figure 21: Traction + Compression du câble dans la filière

- Calcul diamètre filière :  $D = d\sqrt{1+A}$
- Allongement (%) :  $A = (D^2/d^2) - 1$

- Facteur de glissement :

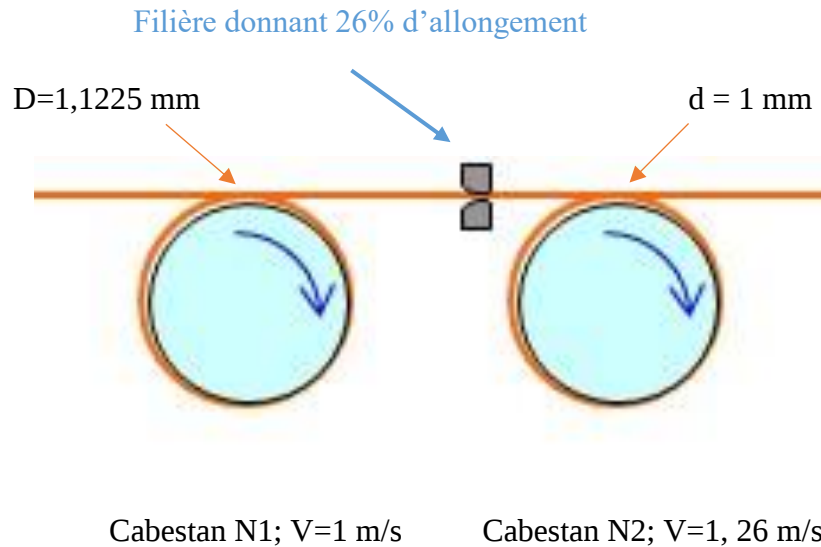


Figure 22: facteur de glissement

Si les diamètres de cabestans égaux, le cabestan 2 tourne 1,26 fois plus vite que le cabestan 1 pour rattraper la longueur

## ii. Lubrification :

- Définition :

C'est un mélange d'huile soluble et d'eau, ce mélange est très important pour la lubrification du cuivre lors du passage à travers la filière

- But :

Empêcher le contact direct entre la surface du fil et la surface de contact de la filière pour obtenir

- Une force de traction aussi faible que possible
- Une usure réduite des filières
- Une qualité optimale de surface du fil
- Un bon refroidissement de l'outil de tréfilage
- Une plus grande performance de la vitesse



Figure 23: lubrifiant de la machine

### iii. Recuit

- But :

La déformation à froid qu'a subie le cuivre lors de son passage par les filières de tréfilage provoque une modification des caractéristiques mécaniques (Allongement faible et résistance à la rupture plus forte). Le recuit lui permet de retrouver ces caractéristiques perdues.

- Principe :

Le recuit consiste à chauffer les brins jusqu'à une température  $T$  °C variable en fonction du diamètre du brin et vitesse de la ligne, suivi d'un refroidissement lent.

Par ce traitement on parvient à augmenter la ductilité du brin et en même temps que l'on en réduit la dureté

- Influence du tréfilage sur la microstructure et sur les propriétés mécaniques du fil :

Au tréfilage, les dimensions des grains diminuent et la microstructure prend une texture suivant le sens de l'étirage (écrouissage).

Après l'écrouissage les fils deviennent plus durs, plus raides du fait de la déformation plastique. Ils ont perdu leur ductilité, leur malléabilité. De plus, l'écrouissage augmente la charge à la rupture (figure 24).

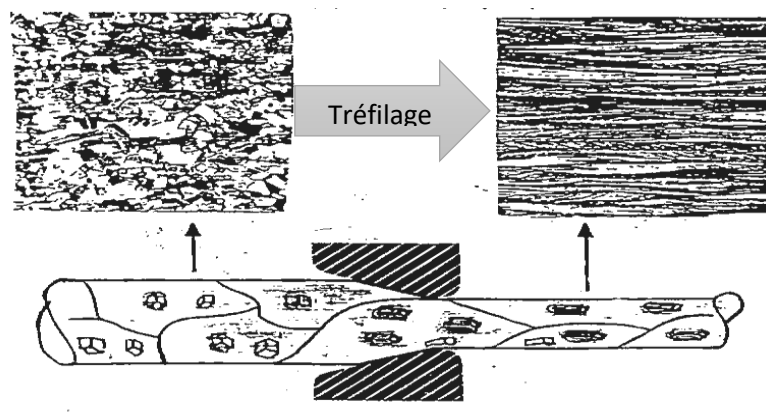


Figure 24: l'écrouissage des fils

Grace à l'augmentation de température, le recuit fait baisser la dureté du cuivre en éliminant l'effet ressort créée par la déformation lors du tréfilage.

▪ Processus :

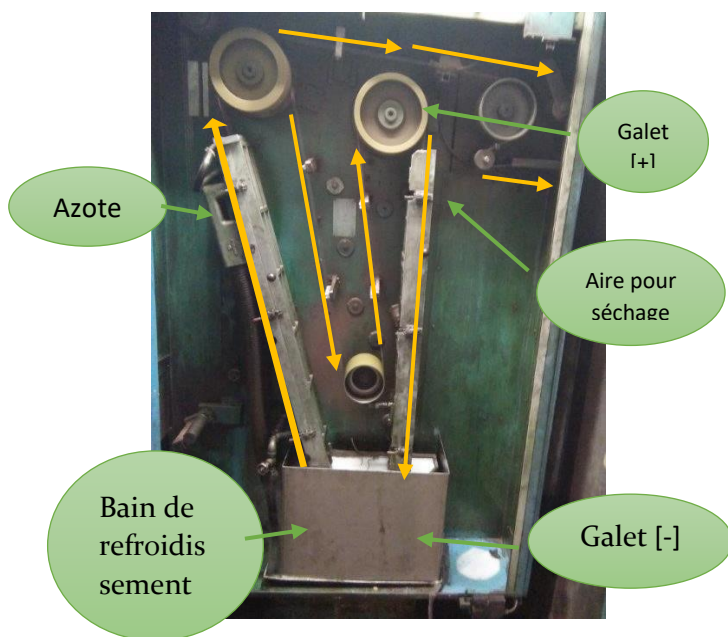


Figure 25: le recuiseur



- ✓ Il faut s'assurer du contact entre cuivre et Galets.
- ✓ Veiller à Propreté des galets (+) et (-)
- ✓ Contrôler l'état des Rouleaux (Pas de rayures, Rotation Normale...)
- ✓ S'assurer de la bonne séparation des brins
- ✓ Contrôler l'état des céramiques (Pas de rayures,
- ✓ Il faut vérifier sécheur à aire
- ✓ Vérifier le niveau d'azote

iv. Pantin :

▪ Rôle :

Assurer une tension constante du fil suivant la position de la poulie, et assure la synchronisation machine et bobinoir par l'intermédiaire d'un tachymètre.

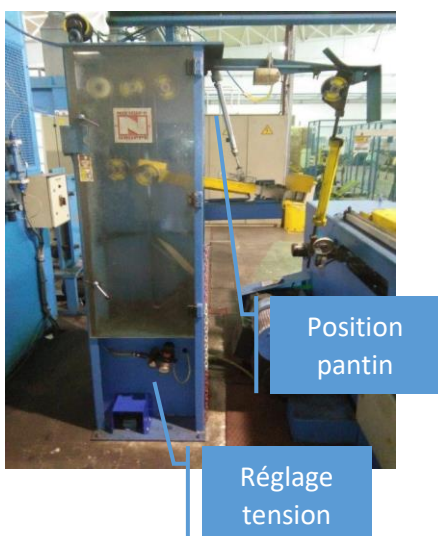


Figure 26: le pantin



- Contrôler l'état des Poulies (Pas de rayures, Rotation Normale...)
- Appliquer la tension donnée par la Fiche Technique
- S'assurer de la bonne Position du bras du pantin
- Nettoyage

Pour éviter

- Allongement élevé
- Casse fil
- Mauvais séparation

○ La fiche technique

Voilà un exemple d'une fiche technique pour le procédé de tréfilage multi fil (figure 27).

**Identification produit**

|                                                                                                                     |                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br><b>FICHE TECHNIQUE ATELIER</b> | <b>Référence :</b> IT 7.5-00-03-209 WL<br><b>Date :</b> 31 janvier 2016<br><b>Edition :</b> 00 |
| <b>PROCESS :</b> Tréfilage Multi fils <b>MACHINE :</b> TM01-NIEHC                                                   |                                                                                                |
| <b>Code Produit :</b> B70255                                                                                        | <b>Désignation :</b> TREFIL CU 70,255                                                          |

|                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| <b>Diamètre brin</b>   | <b>0,255</b>       |
| <b>Composition</b>     | <b>1x7</b>         |
| <b>Produits finis</b>  | <b>renaut 0,33</b> |
| <b>Cuivre émission</b> | <b>1.60</b>        |

| Item                            | Paramètre              |
|---------------------------------|------------------------|
| Concentration émulsion          | 7 (+/-2) %             |
| pH d'émulsion                   | 7,5~9                  |
| Température émulsion            | 30~43 °C               |
| Concentration émulsion recuseur | 0,3(+0,4/-0,2) %       |
| pH émulsion recuseur            | 7,5~9                  |
| Température émulsion recuseur   | 22~30 °C               |
| Débit d'azote                   | 17< l/min              |
| Facteur de recuit               | 5~7%                   |
| Position recuit                 | 2                      |
| Diamètre plaque sécheur à air   | 0,75~0,90 mm           |
| Facteur de glissement           | 7 (+/-3) %             |
| Filières sautées                | 4                      |
| Dernier diamètre lent           | 0,2715                 |
| Premier diamètre rapide         | 0,25                   |
| Diamètre filière finition       | 0,25                   |
| Vitesse ligne nominale          | 22 m/s                 |
| Vitesse bain froid              | 15 m/s                 |
| Pression pantin                 | 2 ~ 4 Bar      2100 cN |
| Position pantin                 | 2                      |
| Longueur nominale               | 260000 m               |
| Trancannage bobinoir            | gauche / droite        |

**Paramètre Emulations**

**Diamètre des filières**

| Numéro Cabestar  | Diamètre filière | Tours Cabestar |
|------------------|------------------|----------------|
| 1                | Sans             | 0              |
| 2                | 1,4160           | 3              |
| 3                | 1,2632           | 3              |
| 4                | 1,1187           | 3              |
| 5                | 0,9908           | 3              |
| 6                | 0,8774           | 3              |
| 7                | 0,7771           | 3              |
| 8                | 0,6895           | 3              |
| 9                | 0,6119           | 3              |
| 10               | 0,5429           | 3              |
| 11               | 0,4818           | 3              |
| 12               | 0,4275           | 3              |
| 13               | 0,3794           | 3              |
| 14               | 0,3366           | 3              |
| 15               | 0,2987           | 3              |
| 16               | 0,2715           | 2              |
| 17               | Sans             | 0              |
| 18               | Sans             | 0              |
| 19               | Sans             | 0              |
| 20               | Sans             | 0              |
| Filière finitier | 0,250            | 2              |

**Paramètre Machine**

| Type bobine   | 800      |
|---------------|----------|
| Diamètre Mini | 0,246 mm |
| Diamètre Moy  | 0,247 mm |
| Diamètre Maxi | 0,250 mm |

**Contrôle qualité**

**La signature**

Figure 27: la fiche technique du tréfilage multi fil

### 3. Procédé de toronnage

#### a. Notions de base et généralités du processus toronnage

Le toronnage est un procédé de torsion de plusieurs brins de cuivre de section de l'ordre du dixième de millimètre, à l'aide d'une toronneuse afin de ne former qu'un seul fil de cuivre d'une section bien définie qui dépend du voltage et de l'intensité du courant qui y circule. C'est une opération effectuée à grande vitesse (100mètres /min), selon un pas de toronnage bien

précis qui dépend de combien de tour les brins se sont torsadés sur eux-mêmes, les longueurs des torons de cuivre (bobine de fils toronnés) peuvent atteindre 100km de longueur pour de petite section.

Le pas du toronnage (La longueur de pose) (figure 28) est défini comme la distance requise pour effectuer un tour de toron autour du diamètre du conducteur. Lorsqu'un conducteur comporte plusieurs couches, l'assemblage fait généralement référence à la longueur de pose de la couche externe.

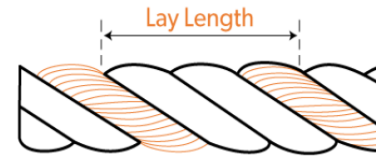


Figure 28: le pas de toronnage

Le procédé du toronnage d'un câble a pour raisons d'augmenter la flexibilité, la résistance, la concentricité et la réduction de la diaphonie. La pose du câble dépendra des raisons du toronnage, du diamètre des câbles, du sens de l'orientation des conducteurs et du nombre de conducteurs toronnés.

Dans le secteur automobile, on utilise un conducteur multibrin (figure 29) au lieu d'un conducteur monobrin pour éviter la casse due à la fatigue qui résulte de la déformation et la flexion fréquente du câble, en d'autres termes si on a un fil toronné composé de plusieurs brins et si jamais il y a présence d'une fissure causée par la fatigue alors on ne perd qu'un seul brin mais le câble reste toujours fonctionnel contrairement au conducteur monobrin qui peut se rompre tout entier.



Figure 29: conducteur multi-brin

### b. Principe du Toronnage

Action de torsion de brins avec un nombre et un diamètre définis, pour obtenir une âme de câble selon la section et la résistance électrique désirées.

L'aire A d'un disque de diamètre d est égale à :  $A = \pi d^2 / 4$

- Nombre de brin : Suivant la spécification (ex :  $0,35\text{mm}^2 \rightarrow 7 \text{ brin} \times 0,245$ )
- Résistance électrique : en Ohm ( $\Omega$ )

### c. Composants et caractéristiques machine

#### ▪ Pay-off

Permet la fabrication des torons concentriques, provenant des multi fils, l'opération s'appelle toronnage : Cette machine est en général à lyre à double torsion.

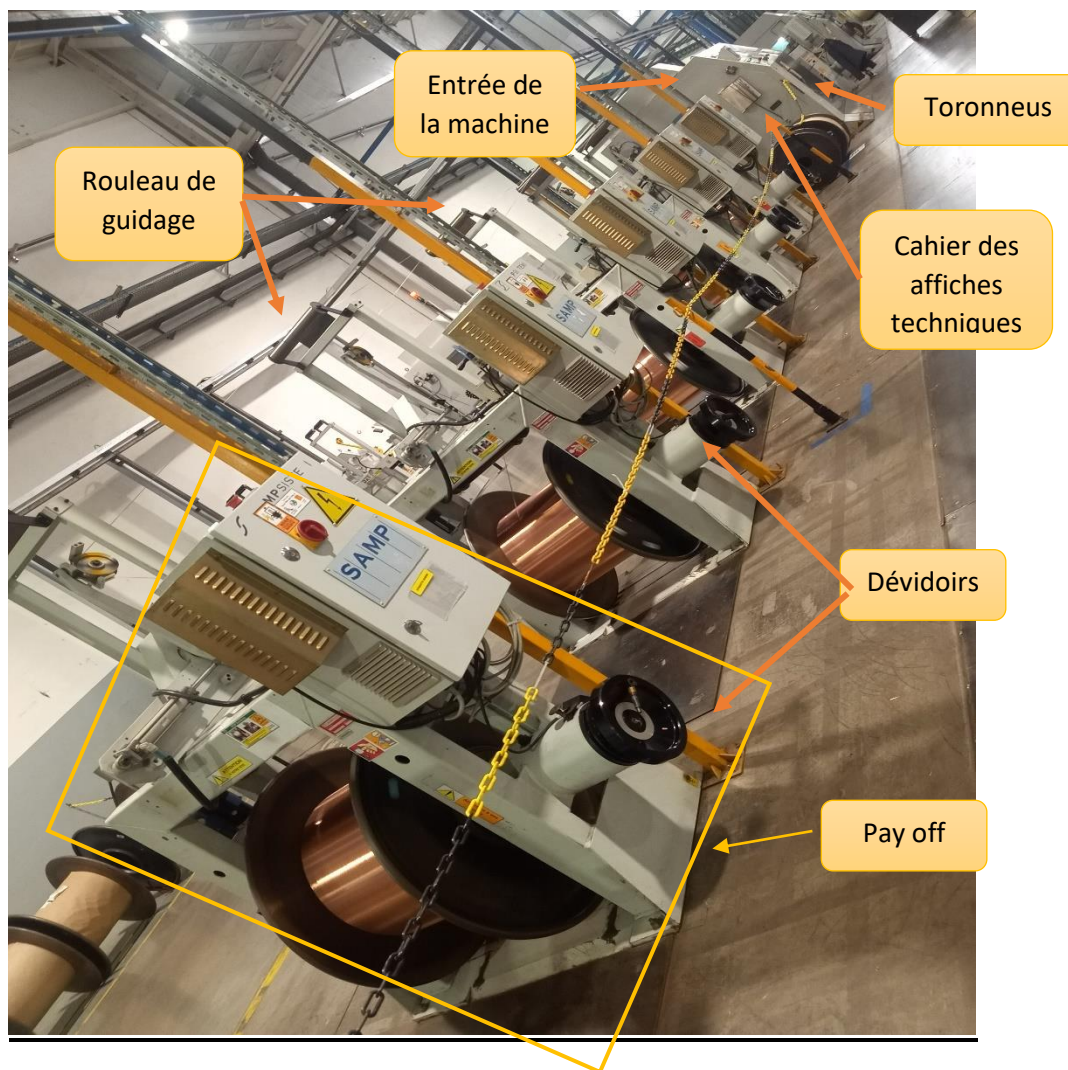


Figure 30: les pay-off du toronnage

#### ▪ Dévidoir

Un mécanisme formé d'une bobine tournante autour d'un axe sur laquelle on enroule la mèche. Il permet de dérouler facilement la bobine (figure 31).



NIEHOFF



SAMP



KENREI

Figure 31: les différentes versions du dévidoir utilisé

Entre le dernier pay-off et l'entrée de la machine on trouve :

- **Plaque commettage** : Plateau équipé de trous avec des pastilles en céramique pour le passage des fils, il permet la répartition des brins en couches concentriques.
- **Porte filière** : Logement pour positionner la filière sur l'entrée machine.
- **Filières**

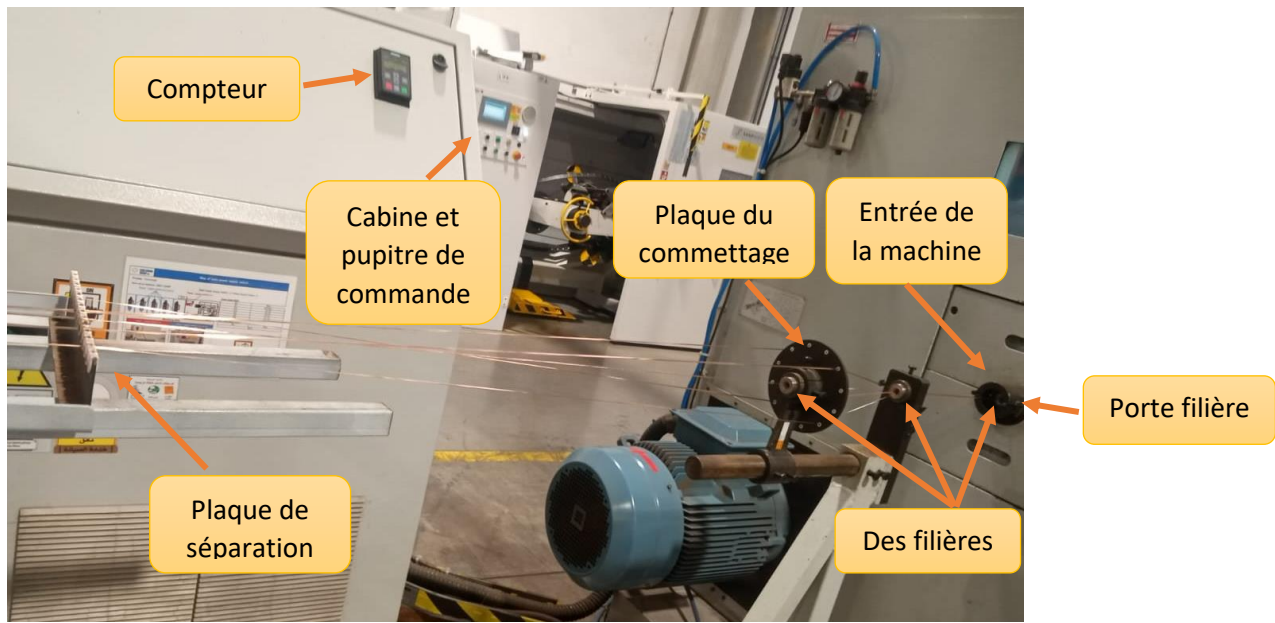


Figure 32: l'entrée de la machine toronneuse

#### ▪ Toronneuse (Berceau et passage fil)

L'action permettant de twister le câble suite au regroupement des différentes couches est garanti par un mouvement de rotation de la lyre localisée dans le berceau. Les pignons, la boîte de troncantage assurent aussi le toronnage (figure 33).



Figure 33: toronneuse

## 4. Procédé d'isolation

### a. Principe d'isolation

L'étape suivante dans la production de conducteurs consiste à appliquer une couche de matière isolante autour d'un conducteur de cuivre nu, qu'il soit flexible et fait de plusieurs fils très fins. Ce procédé se réalise sur une ligne d'extrusion (isolation), composée d'une extrudeuse alimentée en continu de granules de PVC (matière isolante). La machine va mélanger et

chauffer les granules jusqu'à ce qu'ils atteignent la température et la viscosité adéquate. Le fil passe au travers de la tête d'extrusion qui va lui appliquer une couche d'isolant de la couleur désirée. Ensuite il passera par un bac de refroidissement rempli d'eau courante qui va refroidir et solidifier l'isolant. Le câble passera également par une série d'appareils de contrôle qui vont détecter les possibles défauts de production (spark tester, contrôleur de diamètre, etc.) Ce procédé s'effectue généralement à haute vitesse.

## b. Composants du poste d'extrusion

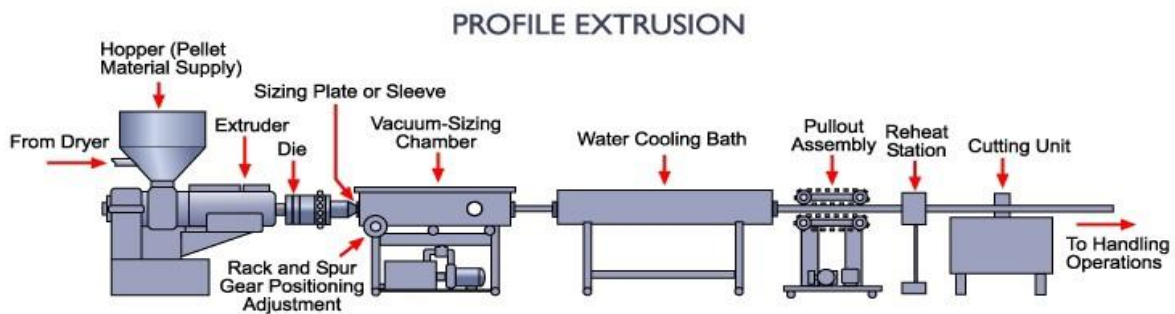


Figure 34: les composants de la ligne d'extrusion

### 1.- EXTRUDEUSE

L'extrudeuse, comprend un fourreau cylindrique chauffant (thermo régulé) à l'intérieur duquel tourne une vis sans fin on peut faire varier la vitesse de rotation alimentée à travers des doseurs gravimétriques, des doseurs de couleurs par des trémies d'alimentation en granules achemine la matière plastique de l'entrée à la sortie ces trémies sont en acier inoxydable (figure 35), La sortie de



Figure 35: Extrudeuse

l'extrudeuse est équipée d'une tête qui permet de réduire progressivement le passage de la matière pour la mettre sous pression. La tête est équipée d'une filière de forme ronde adaptée aux dimensions et à la section

Ce qu'il faut connaître :



- Elle transporte le long du cylindre la matière du point d'alimentation à la filière
- Elle plastifie la matière grâce au malaxage et à la chaleur apportée de l'extérieur

- Elle augmente progressivement la pression de la matière et la force à passer par la filière qui lui donne la forme figée ensuite par le refroidissement.

## 2.- TETE D'EXTRUSION

Un composant essentiel sert à transférer la matière de l'extrudeuse vers la filière en la maintenant à un même niveau de température. Il sert à maintenir en position la filière et le poinçon

Les têtes d'extrusion pour PVC avec chauffe par résistances électriques avec régulation de température Le rôle de la tête d'extrusion est de laisser passer la matière plastifiée par la filière qui lui donne la forme de la section voulue (figure 37).

- Elle assure le filtrage des impuretés. Il existe des tamis de différentes tailles de maille afin d'améliorer la filtration
- Elle augmente la pression en bout de vis (obstacle à l'écoulement de la matière)
- Elle régularise le flux de matière (casse le flux hélicoïdale de la matière)
- Elle assure la jonction : c'est un élément d'étanchéité et de centrage entre la tête et le fourreau.

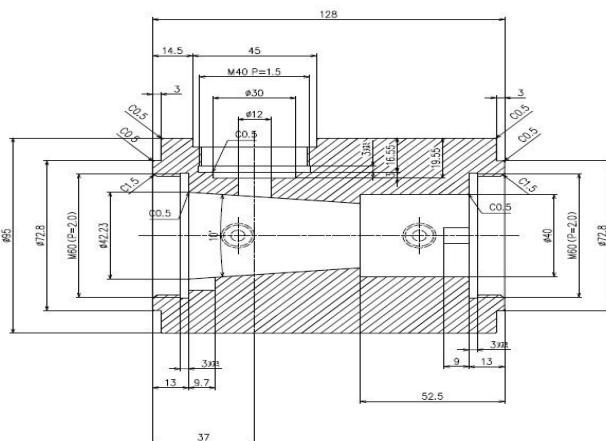


Figure 36: Dessin technique de la tête d'extrusion



Figure 37: la tête d'extrusion

## 3- LA FILIERE

La filière est l'outil qui donne la forme au flux de la matière plastifiée, afin d'obtenir le profil demandé. Elle est amovible et doit se démonter facilement pour être nettoyée ou changée. On peut classer les filières de la façon suivante :

La filière d'extrusion peut être un trou conique et une portée cylindrique calibrée suivant le diamètre sur isolant. Elle peut être usinée à partir d'un acier dur traité.

#### 4- LE POINÇON ET PORTE POINÇON

Le poinçon est un composant qui permet d'ajuster l'écoulement de la matière vers la filière.

#### 4- COLLIER DE SERRAGE ET ADAPTATEUR

Le collier de serrage sert à mettre à niveau la vis d'extrusion et la tête et à guider la matière première fondue vers l'adaptateur et la tête (figure 38)

L'adaptateur ou la bride sert à lancer ou suspendre la matière première à la tête. Elle est utilisée pour purger de la matière c'est à dire extruder à vide la matière jusqu'à l'obtention d'un aspect correct de la matière extrudée, souvent au démarrage ou après un arrêt prolongé (figure 39)



Figure 39: Adaptateur ou bride



Figure 38: collier de serrage

#### 5- VIS D'EXTRUSION

La vis représente l'élément principal de l'extrudeuse. Elle tourne à l'intérieur d'un cylindre chauffé et elle est entraînée par un moteur électrique. Elle plastifie la matière plastique tout en la convoyant vers la filière

La vis malaxe, compresse, cisaille, échauffe et transporte en continu la matière fluidifiée et homogène vers la filière.

Le déplacement de la matière résulte de l'action des filets de la vis sur la matière qui frotte ou adhère à la paroi interne du cylindre. Si la matière colle à la vis, l'effet d'extrusion est nul, au contraire, l'adhérence de la matière au cylindre augmente le processus d'écoulement

Le coefficient de frottement varie avec la température et la matière extrudée, ce qui impose le chauffage du cylindre de la machine. En réalité, l'écoulement de la matière dans le canal de la vis pendant la rotation de l'extrudeuse résulte de l'action de quelques forces composantes

- La vis se compose de 3 zones différentes (figure 40) :

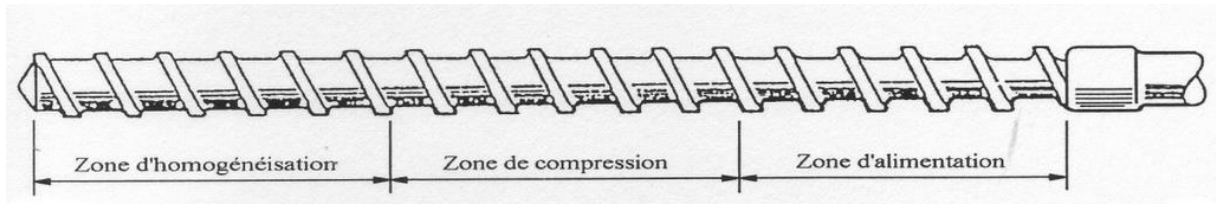


Figure 40: Vis d'extrudeuse à trois zones

❖ une zone d'alimentation :

1. Transport solide des granulés
2. Assure le débit matière

Le volume engendré par 2 filets consécutifs est sensiblement identique. C'est dans cette zone que le remplissage de la vis se fait.

❖ une zone de compression :

1. Fusion de la matière

C'est dans cette zone que s'effectue la fusion du polymère.

❖ et une zone d'homogénéisation :

1. Transport liquide
2. donne la régularité du débit

Zone d'homogénéisation, cette zone assure le malaxage final et la régularité d'extrusion

## 6- CYLINDRE DE CHAUFFAGE



Figure 41: cylindre de plastification

## 7- TREMIE ET ASPIRATEUR

Ils assurent l'alimentation de l'extrudeuse avec la matière première. La trémie contient une zone consacrée à la matière plastique Poly Vinyle Acrylate PVC et une zone des maitres colorants (figure 42).



Figure 42: Trémie de l'extrudeuse mono-vis

L'aspirateur aspire le PVC naturel du bac déposé juste à côté de l'extrudeuse.

## 8- GOULOTTE ET CULASSE

C'est une gaine de passage de l'eau de refroidissement dans la zone zéro, elle lie entre la trémie et la vis d'extrusion (figure 43).

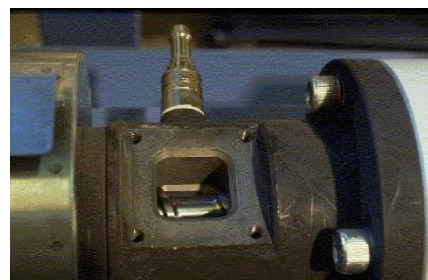


Figure 43: Culasse d'eau de refroidissement

Le câble avant qu'il arrive à l'extrudeuse il sort d'un dévidoir et il passe par :

## 9.- CABESTANS DE TIRAGE

Le freinage est une zone qui permet d'appliquer une force de freinage sur le câble pour le tendre et assurer son maintien dans la ligne par rapport à la vitesse de la ligne (figure 44).

Il est assuré par une courroie et des poulies



Figure 44: cabestan de freinage du fil

## ○ 10-PRECHAUFFEUR

Le préchauffeur sert à préchauffer le fil ou âme en cuivre afin d'assurer une bonne adhérence de l'isolant sur le cuivre, il doit être situé juste avant l'entrée de la tête (figure 45).

Après extrusion, le câble isolé entre dans la zone de refroidissement qui sert à refroidir le câble pour éviter la déformation lors de son bobinage.



Figure 45: préchauffeur du fil

## 11- BACS DE REFROIDISSEMENT

Elle est constituée d'un bac de refroidissement et d'un bac de renvoi.

Le bac de refroidissement est un bac rempli d'eau et équipé d'un sécheur en sortie, l'eau circule en circuit fermé passant soit par une tour de refroidissement, la longueur dépend de la quantité matière à refroidir et de la vitesse linéaire de la ligne. Le bac de renvoi ou goulotte sert à augmenter la longueur de refroidissement par le passage successif du câble dans plusieurs poulies de renvoi, cela permet l'amélioration du refroidissement par rallongement du temps de séjour du câble dans l'eau (figure 46)



Figure 46: bac de refroidissement

## 12- DEVIDOIR

Le dévidoir est la première zone de la ligne d'extrusion qui permet d'alimenter la ligne par la matière première en termes de cuivre. Il s'agit des torons de cuivre.

Il se compose de 2 torons pour ne pas avoir la suspension de la ligne si l'un est consommé

Pour assurer cette tâche, une zone est nécessaire doit s'intervenir c'est le soudage. En effet, les deux bouts des torons doivent être liés par soudage.

Pour ce faire, un chariot de soudeuse est placé à côté avec un ensemble d'accessoires qui assure la bonne soudure et la détectabilité de cette soudure lors de son passage dans la ligne

## 12- ACCESOIRES ET OUTILLAGES

### 1. Guide-fils



Figure 47: guide câble

Petit organe (cylindre) qui permet le guidage et de contrôler la vibration du fil pour envoyer le fil d'une manière centrée vers la filière (figure 47).

## 2. Systèmes de contrôle de diamètre (à froid et à chaud)



Il y en a deux un détecteur de diamètre à chaud. Il est installé juste après la sortie du câble de l'isolation et un autre de diamètre à froid est installé à la sortie du câble du bac de renvoi pour déterminer le diamètre du câble après son refroidissement (figure 48)

Figure 48: détecteur du diamètre

le câble refroidi par l'eau arrive à l'appareil de contrôle du diamètre à froid et de l'excentricité pour s'assurer que le diamètre du câble est dans l'intervalle toléré selon la spécification souhaitée et que la position du fil en cuivre est centrée dans l'isolant en plastique

## 3. Sécheur



Figure 49: sécheur

## 4. Accumulateurs



Figure 50: Accumulateur

Des équipements techniques qui sont utilisés pour réduire le taux d'humidité du câble résulte de son refroidissement (figure 49,50)

## 5- Spark-tester



Figure 51: Détecteur de Spark

Un détecteur qui permet de détecter si une partie du câble est non isolée.

En effet, ce détecteur est caractérisé par une tension allant jusqu'à 5KV (figure 51).

## 6- Olive-tester



Figure 52: Détecteur d'olives

Appareil permettant de détecter une grosseur ou un creux sur l'isolant (figure 52)

Ce sont les appareils qui permettent de détecter les défauts qualité dans le câble. Ils sont liés automatiquement à l'automate de la ligne et au système de gestion de production. Au cas de défaut, une alarme se déclenche pour avertir l'opérateur

### 13. BOBINOIR

Le bobinage est une phase finale qui permet de rassembler le câble dans une bobine. Elle se compose de plusieurs parties

#### 1- Pantin

C'est un composant très important dans le bobinoir, il assure la synchronisation entre la vitesse de la ligne et la vitesse de rotation du bobinoir.

Il se compose d'un distributeur de pression et d'une tige qui permet l'étirage du câble

#### 2- Guide de trancanage

C'est un composant qui assure la distribution du câble sur la bobine d'une manière équilibrée, réalisé par un mouvement va et vient entre les joues et deux butées de fin de course. C'est un dispositif permettant de guider le fil ou le câble lors de son enroulement sur l'enrouleur ou le bobinoir

#### 3- Plateau bobine

C'est un composant qui fait circuler les 2 bobines via une rotation. Il assure le changement de bobine après qu'elle soit remplie (figure 53).

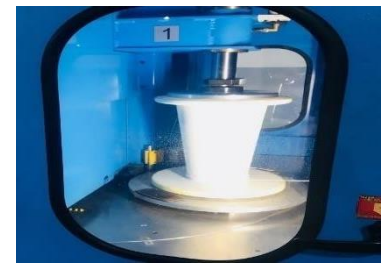


Figure 53: Plateau de bobine

#### 4- Grappin

C'est un composant qui échange la bobine remplie par celle vide et transmet la bobine remplie au convoyeur

Tout d'abord, le grappin se met au niveau de la bobine remplie via une montée assurée par un vérin ensuite une commande se lance pour ouvrir ses sabots et assure le maintien de la bobine puis un moteur assure la rotation pour échanger la bobine remplie par la bobine vide (figure 54)



Figure 54: grappin de bobine

### 14. CONVOYEUR

Le convoyeur assure le transport de produit finis (bobines remplies) vers le conditionnement et assure l'arrivée des bobines vides vers le remplissage (figure 55).



Figure 55: convoyeur de bobine

## 5. Conditionnement

C'est la zone qui réceptionne toute la production et fait une répartition suivant des zones conformes et non conformes après un test visuel d'une première vue puis un test qualité au laboratoire (figure 56).

L'imprimante met sur une étiquette :

- Numéro du lot (part number)
- Métrage (quantity)
- Supplier
- Batch number et la date
- La section
- Nombre de défauts



Figure 56: zone de stockage de chaque ligne

## 6. Le contrôle qualité

### a. Les contrôles journaliers et mensuels

Le contrôle est une opération destinée à déterminer, avec des moyens appropriés, si le produit contrôlé est conforme ou non à ses spécifications ou exigences préétablies et incluant une décision d'acceptation, de rejet ou de retouche.

Les contrôles journaliers et mensuels (voir annexe 1)

### b. Dévidage GT

Les bobines non conformes entre dans le poste de dévidage pour éliminer les parties ou les défauts sont localisés (figure 57).

Il y a encore l'utilisation des appareils de contrôles à qui on confie la détection de tout problème d'isolation du câble



Figure 57: Vidage des bobines

### III. Périmètre du projet

#### 1. Problématique

Sachant que le produit fini destiné au client est un câble de cuivre isolé par du Polychlorure de vinyle grâce au processus d'extrusion ; la performance de ce dernier est indispensable afin de répondre aux exigences du client en termes de délai, coût et qualité surtout s'il s'agit d'un nouveau produit

Dans le cadre du démarrage d'un nouveau projet, une nouvelle ligne d'isolation vient de s'installer qui est été ajoutée aux 6 lignes existantes pour lancer un nouveau produit et aussi pour augmenter la cadence de production

Mon projet de fin d'étude a pour but d'une part de lancer la production du nouveau produit dans la nouvelle ligne d'extrusion LE07 tout en améliorant les performances industrielles des lignes, et détecter les déchéances et proposer toute solution possible, d'autre part d'ouvrir un chantier Kaizen pour proposer des améliorations ; tel que la conception, la modélisation des structures ... pour améliorer la performance et l'efficacité de l'usine.

#### 2. Cahier des charges

Ce projet s'agit d'un lancement d'une nouvelle ligne LE07 pour le procédé d'extrusion pour produire des nouvelles spécifications (nouveau produit) et amélioration des performances industrielles de l'usine du câble automobile »consiste principalement à :

- Lancement d'une nouvelle ligne d'extrusion LE07 : Cette ligne est installée pour démarrer un nouveau produit DIVUS pour le client SUZUKI ainsi que pour augmenter la cadence de production des produits de NISSAN; IVSSH, AVSSH pour les sections 0.35 mm<sup>2</sup> , 0.50 mm<sup>2</sup>, 0.75 mm<sup>2</sup> et 1.25 mm<sup>2</sup> donc je me suis chargée d'améliorer son processus de fabrication en faisant :
  - Paramétrage des équipements et mise en place des tests de démarrage de la ligne LE07.
  - Etudes et améliorations des paramètres optimaux de fonctionnement.
  - Etude de capacité processus.
  - Analyse et amélioration du TRS de la ligne d'extrusion
- Amélioration des performances de l'usine par le biais de l'ouverture d'un chantier Kaize

### 3. Planning du projet

Ayant étudié les aspects de la mise en œuvre du projet, je vais schématiser les différentes étapes de celui-ci à l'aide du diagramme GANTT, afin de mettre en valeur les parties, les plus importantes, en terme de temps (figure 58).

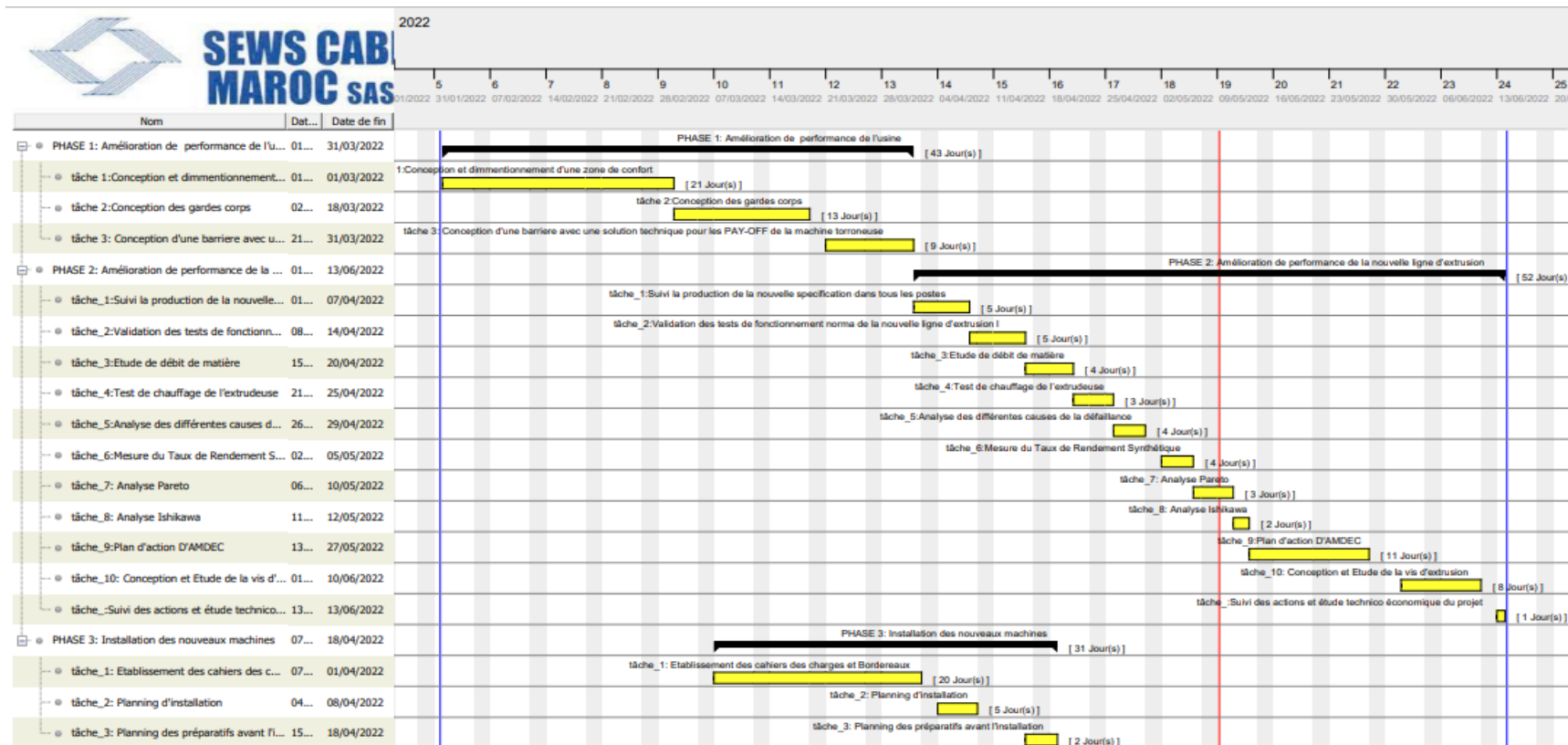


Figure 58: Diagramme GANTT du projet

### Conclusion :

Dans ce chapitre, on a présenté d'une part l'organisme d'accueil au niveau national et international, le processus de production et les clients. Et d'autre part, on a défini le contexte général du projet, présenté la problématique, le cahier des charges et l'ordonnancement des tâches nécessaires afin d'atteindre les objectifs du projet désirés.

Projet de fin d'étude –ingénierie

En Conception Mécanique & Innovation



## *Chapitre 2 : lancement de la nouvelle ligne d'extrusion LE 07*

## Introduction

Avant de parvenir à la phase série d'un nouveau produit, il est nécessaire de passer par des nombreuses phases de développement à partir d'un appel offre de client et jusqu'un prototype qui va permettre de vérifier les erreurs et les non-conformités pour les corriger par la suite afin de répondre aux besoins client. D'ailleurs, la visée du projet est tout d'abord forger une ligne de production qui s'adapte à la production de nouveau câbles avec un minimum de non-conformités. Dans une deuxième point, augmenter la production tout en agissant sur les outils de performance qui comprend la stabilisation et standardisation du travail, le développement du personnel et l'amélioration de l'efficacité du processus.

L'installation de la nouvelle ligne ; mise en place des équipements de la ligne est déjà faite alors l'objet du chapitre deux est de faire les tests de démarrage et de fonctionnement normal

### I. Validation des tests de fonctionnement normal

En guise de mise en marche, on va définir les tests de démarrage de la ligne et les essais du fonctionnement normal à savoir l'ajustement entre les équipements de la ligne et l'automate CCS, le test de changement de couleur automatique mais avant on va commencer par la définition du besoin de cette nouvelle installation

#### 1. Analyse fonctionnelle

##### a. Diagramme bête à corne

Le diagramme Bête à Cornes ci-dessous exprime le besoin (figure 59).

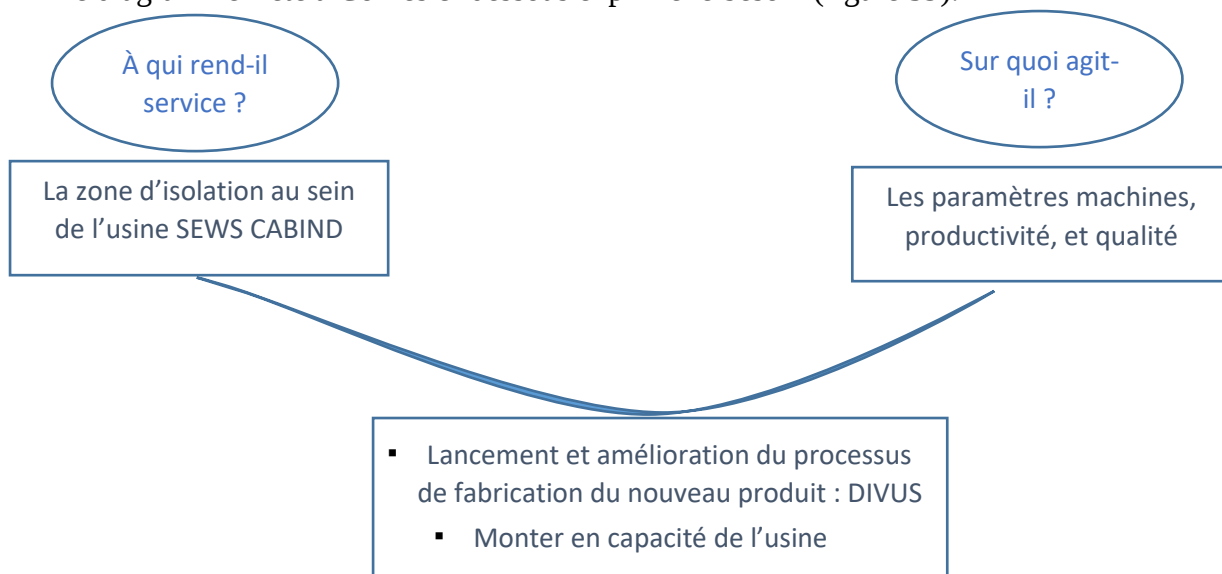


Figure 59: Diagramme beta-corne pour exprimer le besoin

Alors comme déjà mentionner le projet de l'installation de la nouvelle ligne d'extrusion LE07 est essentiellement pour lancer la production du DIVUS pour le client SUZUKI et aussi après un besoin énorme au niveau du service production pour la mise à niveau de la cadence de production avec la charge client pour chaque semaine car selon la répartition de la charge des trois clients (RENAULT, FIAT et NISSAN) sur les 6 lignes, on a trouvé une surcharge au niveau du client NISSAN

| Clients | Désignation | Charge Famille (h) | 1 ligne | 2 lignes |
|---------|-------------|--------------------|---------|----------|
| NISSAN  | Charge AVSS | 208,39             | 145%    | 72%      |
| RENAULT | Charge P3S  | 142,22             | 99%     |          |
| FIAT    | Charge LFT  | 117,40             | 82%     |          |

Tableau 4 : charge en heure hebdomadaire de production par client

| La ligne | La charge (h) | %   |
|----------|---------------|-----|
| LE 01    | 142,22        | 99  |
| LE 02    | 118.23        | 70  |
| LE 03    | 183.49        | 109 |
| LE 04    | 200           | 119 |
| LE 05    | 116           | 69  |
| LE 06    | 130.15        | 77  |

Tableau 5 : charge en heure hebdomadaire de production par ligne

### b. Méthodologie

Après avoir reçu le cahier des charges ; DMAIC sera la méthode la plus optimale pour améliorer le taux de rendement synthétique TRS de la ligne d'extrusion

La démarche DMAIC est utilisée dans le cadre des projets Lean - Six Sigma pour améliorer la performance opérationnelle des processus, elle est destinée à cadrer la résolution de problèmes et l'amélioration des produits et services dans les organisations elle se décompose en 5 étapes principales

### c. Objectifs et outils de la démarche DMAIC

Voici un tableau résume tous les phases avec leurs objectifs ainsi que les outils à utiliser dans chaque phase :

|                  | Objectifs                                                                                                                                             | Outils                                               |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>Définir</b>   | -Définir l'objet de l'étude<br>-Définir le périmètre du projet<br>-Réaliser une charte de l'équipe afin d'identifier les différents acteurs du projet | -SIPOC<br>-QQOQCP<br>-CTQ                            |
| <b>Mesurer</b>   | -Définir les données mesurables<br>-Définir l'outil de mesure<br>-Préciser la manière dont on va les mesurer<br>-Mesurer                              | -le diagramme de Pareto...etc.                       |
| <b>Analyser</b>  | -Déterminer et comprendre les causes principales qui sont à l'origine des variations observées dans le processus.                                     | -Le diagramme d'ISHIKAWA<br>- le diagramme de Pareto |
| <b>Innover</b>   | -Elaborer, mettre en place et valider les principales solutions retenues.                                                                             | -AMDEC                                               |
| <b>Contrôler</b> | -Vérifier si les variables identifiées précédemment dans la démarche, permettent de résoudre le problème rencontré.                                   |                                                      |

Tableau 6 : Les objectifs de la démarche DMAIC et outils utilisés

Définir :

C'est une étape de définition le contour du processus à améliorer, les attentes des clients du processus.

Nous avons développé la première phase de la démarche DMAIC, à savoir : la phase Définir où nous posons clairement les problèmes qu'elles vont nous s'amener à mettre en œuvre le présent projet. Vous trouverez dans cette partie :

- La formulation de problématique en utilisant la méthode QQOQCP.
- L'identification des objectifs à l'aide de diagramme CTQ.

## 2. Formulation de la problématique

### a. Mise en situation

La basse clientèle de SEWS est large, sur Fiat, Renault, Nissan SEWS a décidé d'attaquer un nouveau marché par la production de nouvelle spécification : DIVUS pour les clients SUSUKI

### b. SIPOC

Nous avons utilisé le diagramme SIPOC afin de définir les frontières du processus métier dont on veut l'améliorer, de résumer quelles sont les entrées et les sorties, et d'identifier les fournisseurs et les clients.

| S : Fournisseurs    | I : Entrées                                         | P : Processus                                 | O : Sorties        | C : Clients                                                                      |
|---------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| -Poste du toronnage | -Toron de cuivre<br>-PVC<br>- Master Bach (couleur) | Procédé d'extrusion pour l'isolation du câble | Câble isolé en PVC | Usine de câblage (fabrication des faisceaux) ain harrouda, ain sebaa, berchid... |

Tableau 7 : Le SIPOC

### c. La problématique

La phase de définition de la problématique est notamment appréciable. En effet, un problème bien défini est moitié résolu, nous allons procéder par la recherche des informations pertinentes qu'elles vont nous aider à clarifier et à définir le problème.

La méthode QQQQCP nous permettra d'explorer toutes les dimensions sous différents angles de démarrage de ce nouveau produit

#### Quoi ?

La question qui se pose à ce niveau est : De quoi s'agit-il ?

Il s'agit de lancer une nouvelle ligne pour le procédé d'extrusion et faire le suivi de production d'un nouveau produit dans tout le processus et faire une amélioration de la performance dans la ligne d'isolation

## Qui ?

La question qui se pose à ce niveau est : Qui est concerné par le problème ?

L'équipe de production et le département de méthode et maintenance :

Le responsable méthode et son équipe des ingénieurs et techniciens, Le responsable maintenance et le superviseur de la ligne d'isolation

## Où ?

La question qui se pose à ce niveau est : Où le problème apparaît-il ?

Parmi les choses critiques qui doivent être prises en considération par un ingénieur développement :

- L'état des machines de production
- Les tests de démarrage de la ligne
- Lay out du projet (voir annexe 6)
- Le flux physique de production
- La performance du processus.

## 3. Etats des machines

### a. Processus de fabrication du DIVUS

A partir d'une basket venue de tréfilage débauche (le procédé d'ébauche est le même pour ce nouveau produit) DIVUS commence alors son chemin dans le poste de tréfilage multi fil (multidrawing) dans lequel le processus de travail va diffère à ce que la société est habituée de faire, après le passage du fil à travers les filières et les cabestans de tréfileuse il se conditionne directement dans la bobine sans traversé le recuiseur



Figure 60: Chemin du câble DIVUS

Lors du démarrage du DIVUS dans le poste du toronnage, deux filières s'ajoutent à l'intérieure de la machine toronneuse dont le diamètre est le diamètre du toron pour lui donner une forme compacté parce que DIVUS c'est l'alternative ultra-mince compressée c'est pour cette raison que le recuiseur était désactivé dans le poste qui précède (multidrawing).

### b. Composants et principe de fonctionnement de LE07

Cette ligne est un peu pareil à celle vu précédemment ce qui défère c'est qu'elle contient un recuiseur juste avant l'extrudeuse et après cabestan de freinage et que le préchauffeur est intégré dans le recuiseur c'est parce que DIVUS est conçu d'être établi de cette manière (standard) il doit être recuit juste avant être isolé, et sachant que le recuit doit être effectuée une seule fois c'est la raison pour laquelle le recuiseur était désactivé dans le multidrawing. Cette ligne possède un système de démontage automatique pour le nettoyage de la tête d'extrusion (figure 61).



Figure 61: recuiseur + préchauffeur de LE07

### c. avantages/propriétés

DIVUS présente une optimisation de la consommation du PVC c'est l'alternative pour réduire le poids et l'espace de câbles grâce à sa structure comprimé en forme circulaire

- ✓ Diamètre extérieur réduit
- ✓ Épaisseur de paroi plus fine
- ✓ Réduction de poids par rapport à câbles à paroi mince environ. 11%
- ✓ Réduction de l'espace par rapport aux câbles à paroi mince environ. 15%

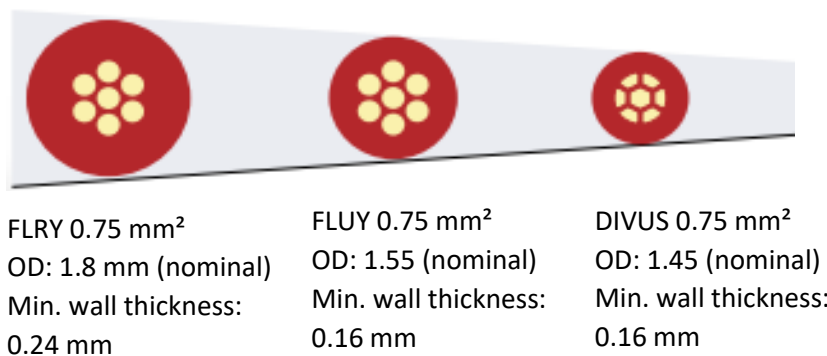


Figure 62: la forme comprimée en circulaire du DIVUS

Voici un exemple de mesure d'épaisseur min et la concentricité de DIVUS 05 mm<sup>2</sup> issue du département qualité (les mesures voir annexe 2)



Figure 63 : échantillon d'une rondelle de DIVUS 05

#### ▪ Applications

Remplacement des câbles avec une isolation à paroi mince (FLRY, AVS, AVSS)

#### d. Nettoyage de la ligne

- **Nettoyage tête d'extrusion**

- Démontage des distributeurs

Desserrer les deux écrous de serrage des distributeurs conique et strie, à l'aide de la clé de frappe et maillet.



Monter l'axe d'extraction sur le distributeur de strie (ou conique).

Extraire le distributeur à l'aide du maillet tige en laiton.

Nettoyer le distributeur à l'aide des brosses métallique spécifiées.



Figure 64: nettoyage des distributeurs

- Nettoyage intérieur tête d'extrusion



Nettoyer l'intérieur de la tête à l'aide des brosses métallique spécifiées.

En fin du nettoyage en doit avoir un aspect miroir, sans traces de PVC brûlé

Avant montage ou remis en stock des distributeurs, il faut les couvrir avec une couche de lubrifiant pour protection contre corrosion pendant le stockage et faciliter le démontage en cas pour le nettoyage.

Et lors du montage

- Vérifier qu'il n'y a pas de blessure sur surface du distributeur.
- S'assurer que c'est le type correct à utiliser.



Figure 65: nettoyage de la tête d'extrusion

○ Type de distributeurs utilisés sur les lignes d'isolation

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Distributeur deux stries</b></p> <p>Permet d'utiliser l'extrudeuse principale et auxiliaire pour production de câble à deux stries.</p>   | <p><b>Distributeur une seule strie</b></p> <p>Permet d'utiliser l'extrudeuse principale et auxiliaire pour production de câble à une seule strie.</p>   |
| <p><b>Distributeur Skin</b></p> <p>Permet d'utiliser l'extrudeuse principale et auxiliaire pour production de câble mono couleur.</p>         | <p><b>Distributeur mono couleur</b></p> <p>Permet de production un câble mono couleur en n'utilisant que l'extrudeuse principale.</p>                 |

Figure 66: les types des distributeurs

• Nettoyage poinçon et filière

Faire le nettoyage du poinçon et de la filière à l'aide des brosses en laiton et pistolet à air comprimé.



Figure 67: nettoyage poinçon et filière

- Nettoyage by-pass
  - Démontage correct du by-pass

Lors de nettoyage du by-pass, il faut garder l'extrudeuse connectée à la tête d'extrusion pour éviter la déformation ou casse du by-pass ou accouplement avec bride.

Pour la ligne LE07 tout démontage se fait automatiquement

- Nettoyage extrudeuse

Séparer l'extrudeuse auxiliaire de la tête d'extrusion.



Ouvrir le collier de serrage d'extrudeuse et la séparer de la bride d'adaptation.



Figure 68: nettoyage de l'extrudeuse

Après il faut enlever la matière (PVC + Master Bach) sortante de la vis et la matière qui reste à l'intérieur de la bride

## 4. Les tests de démarrage de la ligne

### a. Définition du CCS

Le système de changement de couleur (Color Change System CCS) est un automate qui sert à automatiser la production de la ligne tout en assurant une synchronisation entre les différents équipements de la ligne en termes de :

- Températures de l'extrudeuse.
- Synchronisation de la vitesse de ligne et de la vitesse de rotation de la vis d'extrusion.
- Démarrage optimale
- Changement de couleur
- Synchronisation bobinoir et extrudeuse

Il doit être alimenté par les valeurs des paramètres optimaux de la ligne tout en assurant une synchronisation avec l'extrudeuse et le bobinoir. La bonne production revient à une bonne synchronisation et adaptation, celles-ci s'assurent grâce à des études et calculs d'ingénierie. Les paramètres qui doivent être saisis au CCS sont :

#### b. Ajustement CCS avec extrudeuse

L'afficheur de l'extrudeuse est constitué d'une partie de supervision et d'une partie d'affichage des paramètres. Les paramètres de l'extrudeuse sont les températures des différentes zones constituées de la vis (4 zones), du collier de serrage, de la bride et de la tête et la vitesse de rotation de la vis d'extrusion



Pour la supervision, elle sert à visualiser les zones de températures actuelles de l'extrudeuse, la vitesse de rotation de la vis et la vitesse de la ligne et d'être averti lorsqu'il y a un problème par des alarmes. Ceci est assuré par une supervision par le monitor (figure 69).

Pour le réglage des paramètres, il faut vérifier que les paramètres optimaux (Températures) sont les mêmes affichés à l'afficheur de l'extrudeuse et au CCS.

Pour le démarrage de l'extrudeuse il faut que la différence entre les valeurs affichées au CCS et celle de la supervision de l'extrudeuse inférieures ou égale à la tolérance sinon l'extrudeuse ne démarre pas.

Le CCS contient une partie de réglage et de fixation des valeurs de ces paramètres et une partie de visualisation. Sa partie automatique sert de premier lieu à faire entrer les différentes valeurs des paramètres de l'extrudeuse et du bobinoir et d'assurer l'ajustement et l'adaptation surtout au niveau du métrage de cette bobine et de la vitesse de ligne.

#### c. Ajustement CCS et bobinoir

Le bobinoir est un composant primordial dans la ligne d'extrusion, car il sert à tirer le câble extrudé et le bobiner tout en appliquant des forces de tirage donc, son réglage impacte directement la qualité du câble d'où la nécessité de son ajustement.

Le bobinoir est conçu pour des lignes d'extrusion, celle-ci de la ligne 7 est plus développée que les autres lignes au niveau de la composition et au niveau des fonctions. En effet, le cabestan de tirage est intégré dans le bobinoir

The screenshot shows the 'MONITOR' window of the 'PLANT' simulation. The interface includes a central process flow diagram with a blue tank, a green tank, and a red tank. Various control buttons are visible, including 'START', 'STOP', 'RESET', and 'PAUSE'. The top bar displays the title 'MONITOR' and the date '11/10/2022 12:27:57 PM'.

[illegible]

{ 43 }

#### d. Changement de couleur

##### ○ Ancienne méthode de changement de couleur

Le changement de la couleur X vers la couleur Y comporte les étapes suivantes :

1. après remplissage de la dernière bobine de la couleur X, l'opérateur ouvre le by pass (vérin permettant la sortie du PVC fondu vers d'autres orifices situées avant la tête pour amorcer la purge), et il lance de la nouvelle couleur Y dans la trémie d'alimentation.
2. Purge de toute la couleur X contenue dans le fourreau et la gorge d'alimentation sous la Trémie.
3. Purge de la couleur de transition entre la couleur X et la couleur Y
4. Stabilisation de la couleur Y
5. Lancement de la bobine de démarrage

Cette procédure résulte un bon temps d'arrêt

Les arrêts totaux durant l'extrusion gainage sont très courants et représentent environ 200 heures par ligne qui représente un peu moins du tiers du temps d'ouverture total par mois.

Les arrêts pour les changements de couleur représentent près de 12 heures par mois et plus pour chaque ligne -cela dépend bien sûr du lancement- les demandes des clients

Voici un tableau récapitulatif du temps d'arrêts pour le changement de couleur pour les autres lignes avant la nouvelle procédure avec leurs fréquences mensuelles

| Ligne          | Fréquence de changement | Durée d'arrêt (h) |
|----------------|-------------------------|-------------------|
| <b>Ligne 2</b> | 74 changements          | 16.95             |
| <b>Ligne 3</b> | 69 changements          | 15.32             |
| <b>Ligne 4</b> | 117 changements         | 27.27             |

*Tableau 8: Fréquence et durée de changement de couleur mensuel pour chaque ligne pour l'année 2018*

##### ○ La nouvelle procédure de changement de couleur des extrudeuses

La nouvelle démarche de changement de couleur se résume à l'optimisation de l'étape 2 citée précédemment qui est la purge de l'ancienne couleur qui sort de l'orifice du by-pass comme déchet, nous allons économiser cette matière-là en essayant de prévoir à combien de mètres, le lancement de la nouvelle couleur se fera.

En d'autres termes nous allons vider la quantité du baril (fourreau) + gorge d'alimentation non pas dans le sceau de déchet mais dans la dernière bobine de la couleur

produite, de telle façon à ce que dès que la bobine finale sera produite, une quantité minime de PVC de l'ancienne couleur sera purgée suivi de la transition de couleur.

On économisera donc en déchet et on gagnera aussi quelques minutes précieuses qui serviront à produire plus

Cela nécessite un système de prévision automatique qui prévoit la quantité de PVC à extruder à la fin, et lance par autorégulation la nouvelle couleur dans la trémie bien avant que la dernière bobine ne finisse, pour ne jeter en déchet que le PVC de couleur transitoire

| Ligne          | Fréquence de changement | Durée d'arrêt (h) |
|----------------|-------------------------|-------------------|
| <b>Ligne 1</b> | 268 changements         | 17.9              |
| <b>Ligne 2</b> | 225 changements         | 17.53             |
| <b>Ligne 3</b> | 373 changements         | 12.66             |
| <b>Ligne 4</b> | 250 changements         | 15.35             |
| <b>Ligne 5</b> | 206 changements         | 13.16             |
| <b>Ligne 6</b> | 373 changements         | 18.3              |
| <b>Ligne 7</b> | 77 changements          | 4.1               |

Tableau 9: Fréquence et durée de changement de couleur mensuel pour le moi 04 de l'année 2022

#### ○ Méthode de prévision

La méthode de prévision se basera sur le calcul de capacité de l'extrudeuse de la ligne 7 en termes de quantité de PVC

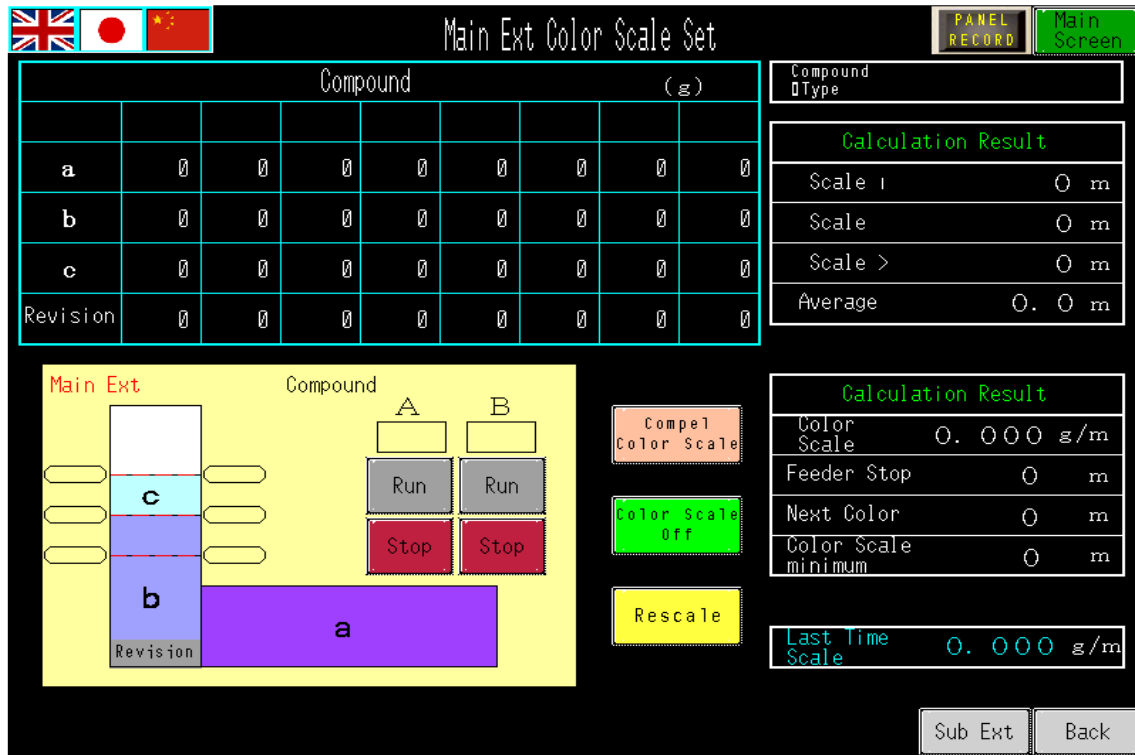
| Ligne                   | Spécification de l'extrudeuse de la ligne LE07                   |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Ligne d'extrusion LE 07 | Extrudeuse principale (diamètre 50 mm)<br>+Master Bach (couleur) |

Tableau 10: Configuration du parc machine de LE 07

Nous allons donc déterminer pour la ligne 7 le poids de l'extrudeuse principale contenant le PVC + Masterbatch et le convertir en métrage prévisionnel pour chaque section 0.5mm<sup>2</sup>, 0.75 mm<sup>2</sup> on aura donc après des calculs de débit de la principale, le métrage à partir duquel on peut lancer un changement de couleur pour la dernière bobine sans contaminer les derniers mètres de la dernière bobine avec la couleur de transition (déchet).

Le calcul du poids de la gorge d'alimentation et du baril peut être converti en mètre selon le type de section par exemple pour 1 kilo de PVC cela se traduit par 370 mètres de gaine de PVC pour une section 0.5 mm<sup>2</sup> ou de 270 mètres pour une section de 0.75mm<sup>2</sup>.

Cette affiche dans le CCS contient toutes les données qui peuvent nous assurer un changement de couleur optimisé :



**Main Ext Color Scale Set**

Compound (g)

|          |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a        | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| b        | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| c        | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Revision | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Calculation Result

|         |        |
|---------|--------|
| Scale 1 | 0 m    |
| Scale   | 0 m    |
| Scale > | 0 m    |
| Average | 0. 0 m |

Main Ext Compound

Diagram: A screw with zones a (purple), b (blue), and c (cyan). Buttons: Run, Stop, Rescale.

Calculation Result

|                     |            |
|---------------------|------------|
| Color Scale         | 0. 000 g/m |
| Feeder Stop         | 0 m        |
| Next Color          | 0 m        |
| Color Scale minimum | 0 m        |

Last Time Scale: 0. 000 g/m

Buttons: Sub Ext, Back

Figure 73: affiche CCS pour calcul de prévision de changement de couleur

#### ○ Calcul de quantité de matière dans la vis d'extrusion

La goulotte et la vis se présente comme dans la figure, elles contiennent 3 zones de matière plastique ; a présente la quantité de matière qui existe dans la vis, b et c présente la quantité de matière dans la goulotte et la gorge.

#### ▪ Essais de calcul de a, b et c

##### 1. Calcul de c

On effectue l'essai avec la couleur blanche et on met la vis en vitesse de rotation N=30tours/min

On appui sur RUN pour démarrer l'extrudeuse.

On a trois capteurs lorsque le capteur H s'active, on commence à purger et récupérer la matière purgée.

On appui sur stop lorsque le capteur J s'active et on arrête la purge.

On pèse la quantité purgée c'est la valeur de c

## 2. Calcul de b

Pour déterminer b, l'essai doit être fait par deux personnes, la première personne doit surveiller la vis et voir, en montant par des escaliers en vue de haut, si le bout de la vis du côté de la gorge ne contient pas de la matière plastique, à ce moment-là elle doit donner le signal à l'autre personne pour appuyer sur RUN

De même on commence à récupérer la purge jusqu'à l'activation du troisième capteur K puis on pèse la quantité purgée, c'est donc b

## 3. Calcul de a

Pour calculer a la méthode diffère :

- On doit obligatoirement changer la couleur le noir par exemple
- On appui sur RUN et on lance la purge de la matière blanche et lorsque on regarde le premier petit bout de la couleur noir dans la purge on arrête la machine et on termine notre action de purge jusqu'au fin, puis on pèse la quantité noire purgée, c'est donc a.

### ▪ Calcul des longueurs de basculement

Après le calcul de ces paramètres **a**, **b** et **c** on les saisi dans le CCS pour calculer d'autres paramètres qui sont :

**Poids de couleur (g/m) = c (g) / métrage total de prod (m)**

**Arrêt d'alimentation (m) = (a + b - révision) / poids de couleur (g/m)**

**Début de l'alimentation de la couleur suivante (m) = b (g) / poids de couleur (g/m)**

- **Poids de couleur (color scale)** : est la quantité de matière en grammes qui peut nous donner un mètre de câble pour la section en cours.
- **Arrêt d'alimentation (Feeder stop)** : C'est le métrage à partir duquel on coupe l'alimentation par la première couleur X
- **Le couleur suivante (next color)** : le métrage à partir duquel on lance l'alimentation par la deuxième couleur Y, cette donnée est automatisée lorsque le compteur du bobinoir atteint la valeur affichée dans next color l'alimentation par la nouvelle couleur commence

### e. Matrice des couleurs

La matrice des couleurs présente un code de changement de couleur, en effet, cette matrice présente l'ordre de succession de couleur.

Le but de cette matrice est d'éviter la probabilité d'avoir une contamination par exemple si la première couleur est le noir et la deuxième est le blanc, on aura une grande possibilité que la 1ère bobine blanche sera contaminée dans ses premiers 100 mètres d'où la nécessité de purger une grande quantité de matière et dans une longue durée ce qui va augmenter le temps d'arrêt et le taux de déchets.

Donc cette matrice présente toutes les possibilités de passage d'une couleur à une autre. Ainsi on doit obligatoirement changer le filtre puisqu'il est impossible de le nettoyer d'une couleur plus foncée pour laisser passer une couleur claire. Alors s'il s'agit d'un changement de la couleur foncée à une claire, on doit obligatoirement changer le filtre.

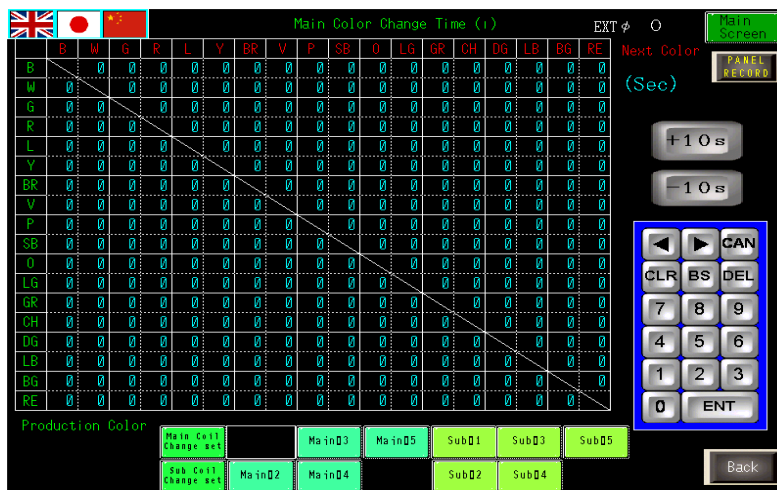


Figure 75: Matrice des couleurs

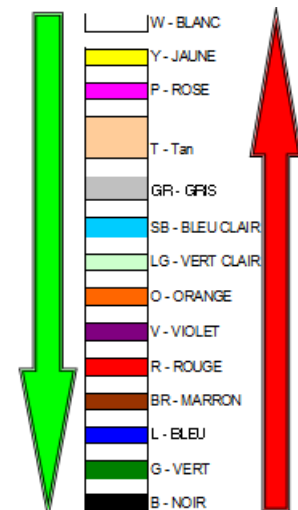


Figure 74: instruction du changement de filtre

Voici l'interface où on saisit les possibilités de succession de couleur pour deux niveaux de section inférieur et supérieur à 0.4 mm²

Exemple : Epaisseur normal (plus de 0,4 mm) (Voir annexe 3)

## 5. POKA YOKE

### a. Définition du POKA YOKE

Le Poka Yoké est un système conçu pour barrer une erreur lors d'un processus faisant intervenir un humain. Son objectif consiste à atteindre le « zéro défaut » malgré le caractère dangereux de l'humain. En gros, il vise à corriger les défauts de l'être humain pour parfaire son

travail. Le Poka Yoké vise ainsi à optimiser la fiabilité des produits issus du travail d'un être humain en amenant le taux d'erreur à 0. C'est aussi un moyen d'éviter les risques d'accidents.

#### b. L'utilisation du Poka Yoké dans la zone d'isolation

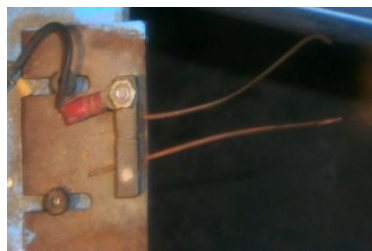
Un Test Poka Yoké se fait à chaque changement de shift ou chaque JOB change pour toutes les machines. Le test du Poka Yoké est intégré dans la ligne d'isolation : soit OK soit non OK

##### ■ Vérification Système Poka yoke détection soudure

Vérifier l'allumage des LED vert et rouge



V. que les deux lames de détection passage soudure sur dévidoir ne sont pas en contact.



Vérifier le bon fonctionnement du détecteur de soudure

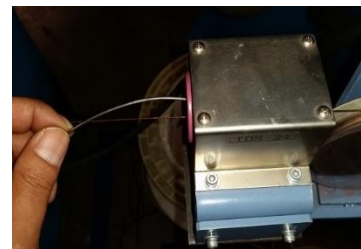


Figure 76: la soudure de deux torons

Mettre un fil acier dans le détecteur et contrôler l'allumage des leds sur le détecteur.

##### ❑ Vérification du préchauffeur

S'assurer que les guides en céramiques, ne sont pas usés ou fissurés et ne contiennent pas de poudre cuivres

-Les poulies avec rayures peuvent endommager le fil.

- La présence de poudre de cuivre sur les poulies cause les défauts sparker.

Informez le chef d'équipe et la maintenance pour faire une rectification ou changement.

Poulie propre, sans rayures ou bavures.



Traces ou bavures sur le passage fil.



##### ❑ Vérification du dévidoir

Vérifier l'état de coronelle, il ne doit y avoir aucune déformation sur la coronelle ni de bavures ou rugosité sur la surface en contact avec le toron (surface lisse).

Vérifier à l'aide d'une règle, que le bord de coronelle est aligné avec celui de la bobine

Vérifier que le sens de rotation de la coronelle est identique au sens de rotation fil



Figure 78: la coronelle

## ❑ Vérification système de séchage

Vérifier la propreté du système de séchage, il ne doit pas y avoir de saletés dans les trous d'aspiration. Vérifier la présence d'air et passage fil dans les souffleurs ainsi que leurs états à chaque enfilage

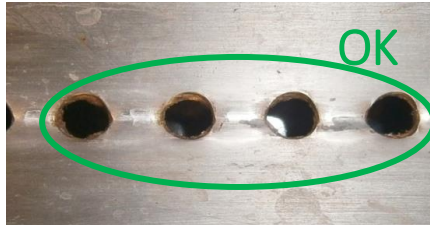


Figure 79: les trous du sécheur

## ❑ Vérification bobinoir

- Vérifier la propreté et l'usure des pinces et des deux couteaux
- Vérifier la propreté de l'intérieur du bobinoir



Figure 80: pince du bobinoir

## ❑ Vérification vannes de refroidissement dans la goulotte

Sur la deuxième goulotte de refroidissement, on ne doit avoir l'écoulement d'eau que sur certaines vannes, et de même pour les supports qui doivent être en contact avec le fil

## ❑ Vérification des thermocouples

Les thermocouples doivent être bien introduits et serrés sur leurs emplacements.

Les douilles de serrage et les goupilles ne doivent pas être cassées ou déformées.

Note : Les thermocouples mal fixés, donnent des mauvaises lectures de température, ce qui cause le mauvais fonctionnement du système de chauffage, et les brûlures de matière.



Figure 81: thermocouple

## ❑ Vérification outillage d'isolation

Vérifier la forme du trou, tête et corps du poinçon avant utilisation. Il ne doit y avoir aucune déformation ou blessure (la même pour la filière)



Figure 82: poinçon usé

Après vérification d'état de l'outillage et avant montage sur la ligne d'isolation, il faut vérifier s'il s'agit du type et diamètre convenable

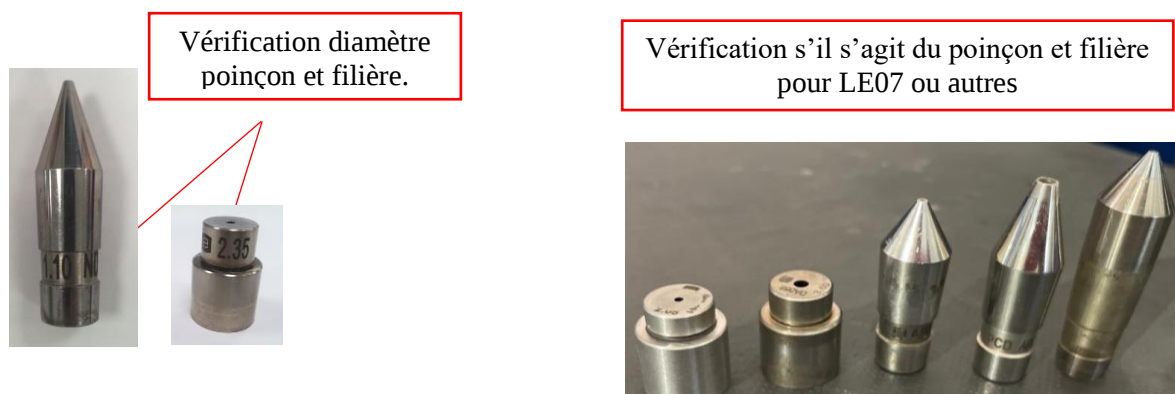


Figure 83: poinçon et filière de LE07

### Quand ?

La question qui se pose à ce niveau est : Quand est-ce que le problème apparaît ?

La ligne d'isolation LE07 est une partie particulièrement importante dans l'usine qui vient de s'installer à la fin de 2021. Le problème c'est le démarrage d'un nouveau projet, lancer la production des nouvelles spécifications qui sont destinées à être réalisées au niveau de cette ligne et aussi pour augmenter la cadence des produits dont la charge est beaucoup élevée dans les lignes associées.

### Comment ?

La question qui se pose à ce niveau est : Comment mettre en œuvre les moyennes nécessaires ?

- ☐ En élaborant les tests de démarrage de fonctionnement normal
- ☐ Une analyse comparative détaillée entre l'état actuel et l'état désiré.
- ☐ Une conception qui vise à augmenter la cadence et améliorer le processus de production.

### Pourquoi ?

La question qui se pose à ce niveau est : Pourquoi le problème se propose-t-il ?

Du que chaque client a ses propres spécifications dans le produit, pendant le lancement, le groupe doit maîtriser son processus de production afin de répondre à la demande du client, surtout s'il s'agit des nouvelles spécifications avec une optimisation de sa ressource. Nous avons procédé au démarrage et pensé par la suite à améliorer le processus de production de la ligne d'isolation pour valider la production et éliminer les réclamations du client à l'avenir. Pour satisfaire ces besoins, nous avons utilisé un outil d'analyse : le diagramme CTQ.

## 6. Diagramme CTQ

Le diagramme CTQ (figure 84) a pour objectif de décomposer les exigences du client en 3 critères : qualité, coûts et délai. Ci-dessous le diagramme CTQ établi selon la thématique de notre projet :

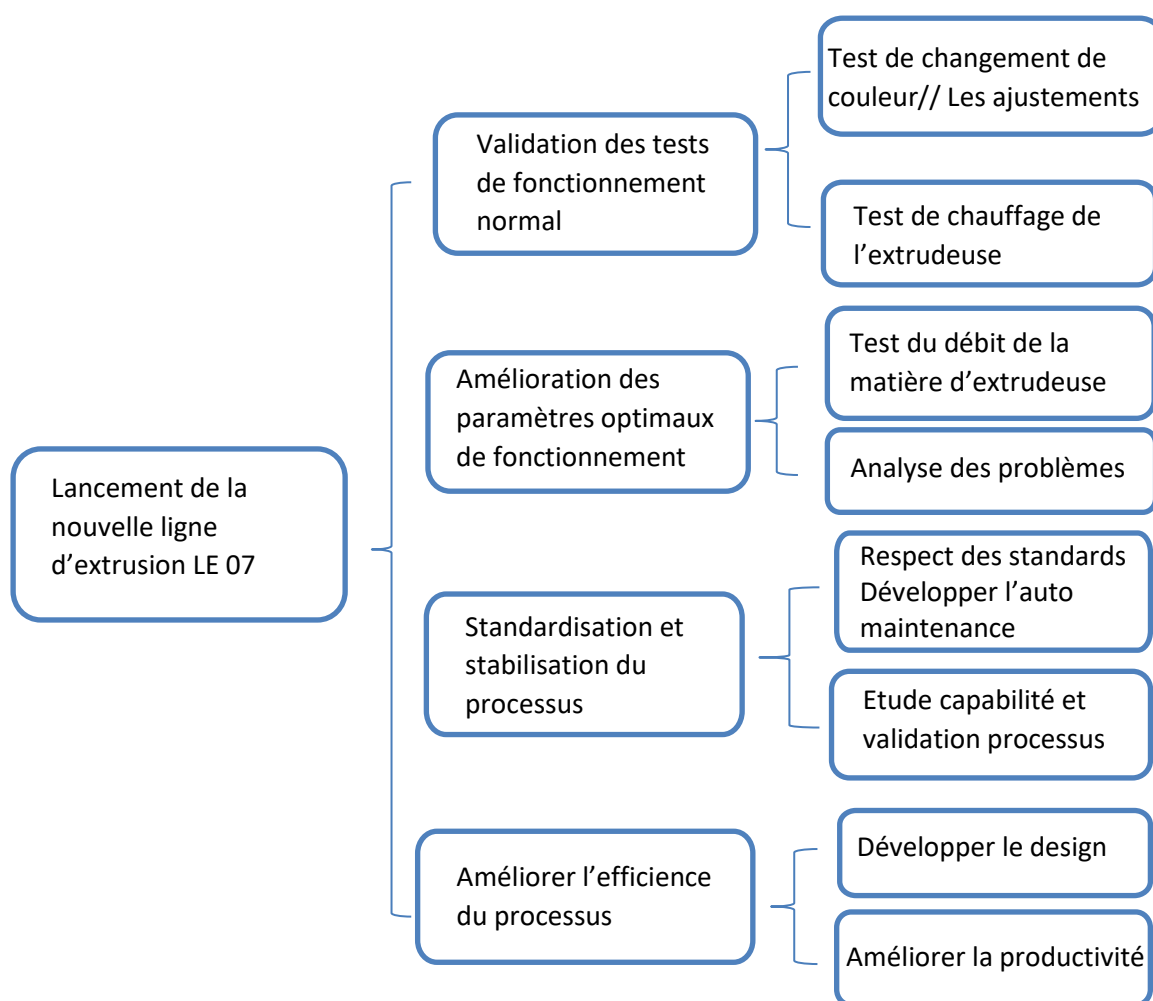


Figure 84: Diagramme CTQ du lancement de LE07

## Conclusion

Dans ce qui précède nous avons vu la problématique liée à l'état actuelle de la ligne d'isolation LE 07. Dans ce qui suit nous allons traiter la phase mesurer, analyser et innover de la démarche DMAIC

Projet de fin d'étude –ingénierie

En Conception Mécanique & Innovation



## *Chapitre 3 : Amélioration des paramètres optimaux de fonctionnement*

## Introduction

Dans un environnement marqué par la concurrence et par la grande largeur des exigences du marché, les entreprises doivent faire preuve de dynamisme pour s'adapter rapidement aux nouvelles exigences et savoir saisir les opportunités, surtout quand il s'agit d'un secteur industriel dont la concurrence ne cesse de s'accroître, tel le secteur de fabrication de câbles automobiles. Dans ce chapitre, et après la mise en marche de la ligne, on va opter pour une réalisation d'une installation optimale à travers une étude et amélioration des paramètres optimaux de fonctionnement qui se déterminent, au niveau de l'extrudeuse dans le débit de la matière dans la vis d'extrusion, et la température de chauffage dans les quatre zones de baril, dans la tête d'extrudeuse et la bride

### I. Amélioration des paramètres optimaux de fonctionnement

#### 1. Test de chauffage de l'extrudeuse

Le chauffage est assuré par un fourreau qui se compose des colliers de chauffages pour la vis et pour l'adaptateur (bypass) et la tête. Dans un premier temps, avec l'équipe de méthodes composée d'un technicien méthode, on a fait un essai de chauffage et on a chronométré le temps de chauffage de chaque zone pour plusieurs températures. On a abouti aux résultats suivants :

| Zones de l'extrudeuse | Temps alloué à chaque zone pour atteindre les températures 100 °C ,120 °C et celles de la consigne (min) |            |            |                    |           |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|--------------------|-----------|
|                       | T = 100 °C                                                                                               | T = 120 °C | T consigne | Valeur consigne °C | Tolérance |
| <b>Cy 1</b>           | 0 :15:20                                                                                                 | 0 :19:18   | 0 :52:02   | 185                | -5        |
| <b>Cy 2</b>           | 0 :14:20                                                                                                 | 0 :17:58   | 0 :52:59   | 200                | -5        |
| <b>Cy 3</b>           | 0 :15:18                                                                                                 | 0 :19:09   | 0 :46:21   | 200                | -5        |
| <b>Cy 4</b>           | 0 :16:59                                                                                                 | 0 :19:27   | 0 :51:34   | 200                | -5        |
| <b>Clamp</b>          | 0 :16:57                                                                                                 | 0 :19:54   | 0 :32:22   | 190                | -5        |
| <b>Bypass</b>         | 0 :06:05                                                                                                 | 0 :07:40   | 0 :14:28   | 190                | -5        |
| <b>Head</b>           | 0 :12:12                                                                                                 | 0 :15:09   | 0 :30:32   | 190                | -5        |

Tableau 11 : 1er test de chauffage de l'extrudeuse

Voici les courbes de variation du temps de chauffage dans chaque zone  
(figure 85) :

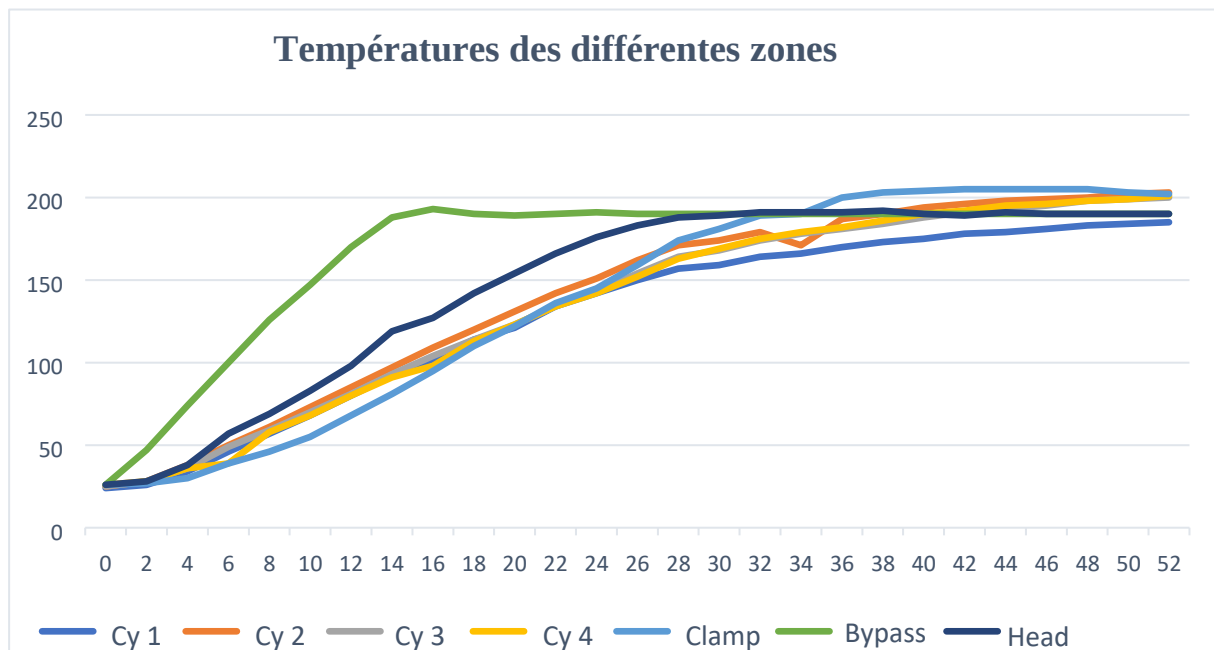


Figure 85: Variation du temps de chauffage dans le 1er test

#### ▪ Remarques et anomalies

Le temps de chauffage est plus long que la norme qui ne devrait pas dépasser les 15 minutes. Aussi, il y a un déphasage entre le temps de chauffe du bypass et de la tête et des autres températures (cylindres 1, 2, 3, 4).

En collaboration avec les services méthodes et maintenance, des réglages automatiques de température (régulateur) et de débit de matière ont été réalisés.

##### a. Ajustement du débit matière

On agit sur le débit de la matière pour réduire le temps de chauffe du by-pass et de la tête, en effet, lorsque le débit n'est pas important, la température de consigne est vite atteinte, alors on essaie de réduire le débit pour que la quantité de matière qui circule dans la tête et le bypass soit chauffée rapidement. Pour se faire, on a refait l'essai et on a remarqué que le temps de chauffage du bypass et de la tête diminue.

Mais le temps de chauffage reste encore long, donc on a procédé par l'utilisation d'un régulateur de température avec l'équipe maintenance pour changer les paramètres de PID.

### b. Réglage PID

La fonction régulation de température permet d'avoir une température constante dans un volume donné.

On a procédé à un réglage du PID du régulateur lié au collier de chauffe de la vis, la bride(Bypass) et la tête

Lorsque le **régulateur de température PID** est réglé de façon optimale, il permet de minimiser l'écart par rapport au point de consigne et offre une réponse rapide aux perturbations ou changements de valeurs de consigne, avec un dépassement minimal

-Rapidité, Stabilité, l'intensité -



Figure 86: régulateur de température PID

Ce réglage est assuré par des essais de service maintenance afin de diminuer le temps de chauffage.

Après ce test de chauffage et ce réglage de débit et de PID on a chronométré le temps de chauffage et on a trouvé

| Zones de l'extrudeuse | Temps alloué à chaque zone pour atteindre les températures 100 °C ,120 °C et celles de la consigne (min) |            |              |                    |           |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------|--------------------|-----------|
|                       | T = 100 °C                                                                                               | T = 120 °C | T = consigne | Valeur consigne °C | Tolérance |
| <b>Cy 1</b>           | 00 :08 :00                                                                                               | 00 :10 :00 | 00 :20:00    | 175                | -5        |
| <b>Cy 2</b>           | 00 :07:00                                                                                                | 00 :09:00  | 00 :19:00    | 185                | -5        |
| <b>Cy 3</b>           | 00 :07 :00                                                                                               | 00 :09:55  | 00 :20:00    | 200                | -5        |
| <b>Cy 4</b>           | 00 :07:00                                                                                                | 00 :08:00  | 00 :20:00    | 200                | -5        |
| <b>Clamp</b>          | 00 :08:50                                                                                                | 00 :10:00  | 00 :20:00    | 200                | -5        |
| <b>Bypass</b>         | 00 :06:00                                                                                                | 00 :07:00  | 00 :20:00    | 195                | -5        |
| <b>Head</b>           | 00 :06:00                                                                                                | 00 :07:00  | 00 :20:00    | 195                | -5        |

Tableau 12: temps de chauffage des zones de l'extrudeuse après réglage PID

Voici les courbes de variation du temps de chauffage dans chaque zone après réglage PID (figure 87) :

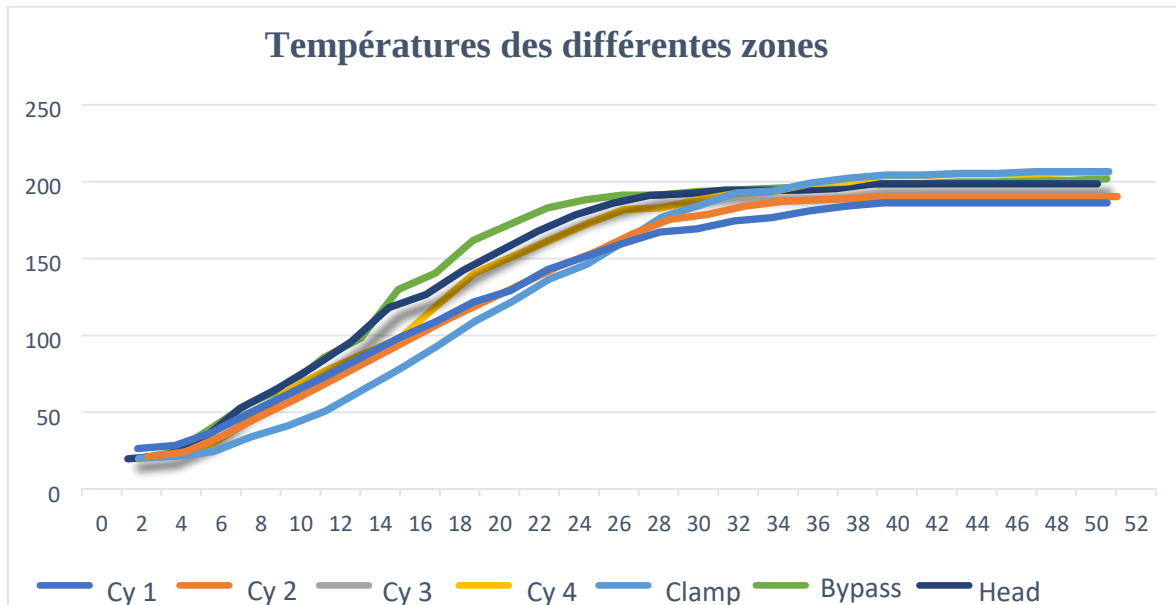


Figure 87: test de chauffage après réglage PID

Donc on remarque une synchronisation au niveau du chauffage des zones de passage de matière ainsi le temps de chauffage ne dépasse pas les 20 minutes.

## 2. Etude du débit de la matière

Le débit de la matière dépend de la vis ; son type et sa géométrie (figure 88).



Figure 88: La forme géométrique de la vis

Dans le cadre de ce lancement on a effectué un essai pour calculer le débit de la matière dans la vis d'extrusion après avoir fait le réglage nécessaire de la vitesse de rotation de la vis et sa synchronisation avec l'ampérage et la température maximale de chauffage.

### a. Ajustement de la rotation de la vis d'extrusion

On a déterminé la vitesse de rotation normale de la vis d'extrusion. En effet, Le point de fonctionnement de la vitesse de rotation de la vis avec la température maximale dans le fourreau nous a donné pour  $T=200^{\circ}\text{C}$  une vitesse  $N=90\text{rpm}$  à l'ampérage de 25-26A. La zone d'ampérage nous donne une idée sur l'intensité consommée pour chaque vitesse de rotation est donc la capacité de la vis.

### b. 1er Test du débit de la matière dans la vis d'extrusion

Avec l'équipe de travail, On a lancé le premier test pour vérifier le débit optimal de la vis d'extrusion pour la nouvelle installation et on a abouti à ces résultats

|                                             |                    | Extrudeuse principale                    |                    |                      |                  |              |
|---------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------|--------------------|----------------------|------------------|--------------|
| Type de PVC : FT3A1                         |                    | Type de vis :<br>50 mm CABELAUTO<br>LE07 |                    |                      |                  |              |
| Vitesse de rotation de la vis en tours /min | débit 1 (g/36 sec) | débit 2 (g/36 sec)                       | débit 3 (g/36 sec) | Moyenne débit (Kg/h) | Température (°C) | Ampérage (A) |
| 10                                          | 148,0              | 145,0                                    | 147,0              | 14,7                 | 180              | 15_16        |
| 20                                          | 211,0              | 207,0                                    | 206,0              | 20,8                 | 183              | 18_19        |
| 30                                          | 247,0              | 260,0                                    | 242,0              | 25,0                 | 186              | 20_21        |
| 40                                          | 320,0              | 317,0                                    | 311,0              | 31,6                 | 186              | 20_21        |
| 50                                          | 404,0              | 408,0                                    | 425,0              | 41,2                 | 191              | 22_24        |
| 60                                          | 474,0              | 475,0                                    | 480,0              | 47,6                 | 188              | 22_24        |
| 70                                          | 539,0              | 552,0                                    | 548,0              | 54,6                 | 194              | 22_23        |
| 80                                          | 631,0              | 613,0                                    | 612,0              | 61,9                 | 194              | 22_23        |

Tableau 13: 1er test du débit de la matière dans la vis d'extrusion

Dans cet essai, on a remarqué une chute de vitesse de 650 à 500 m/min pour 0.5mm<sup>2</sup>, ce qui est anormale à cause de débit qu'on a trouvé qui n'est pas adéquat.

### c. Analyse du problème

Après les 5 pourquoi (WhyWhy Analysis) des causes de chute de la vitesse, on a trouvé que ceci à cause de la qualité de la vis d'où la nécessité de changement de la vis.

En effet la cause principale est l'usure de la vis spécialement dans la zone d'alimentation et une partie de la zone de fusion. Ceci cause un jeu entre les filets de la vis et le fourreau donc une fuite de la matière ce qui diminue le cisaillement entre les granules donc diminution de débit.

Voici la courbe de débit en fonction de la vitesse de rotation dans le 1er test avec la vis actuelle.

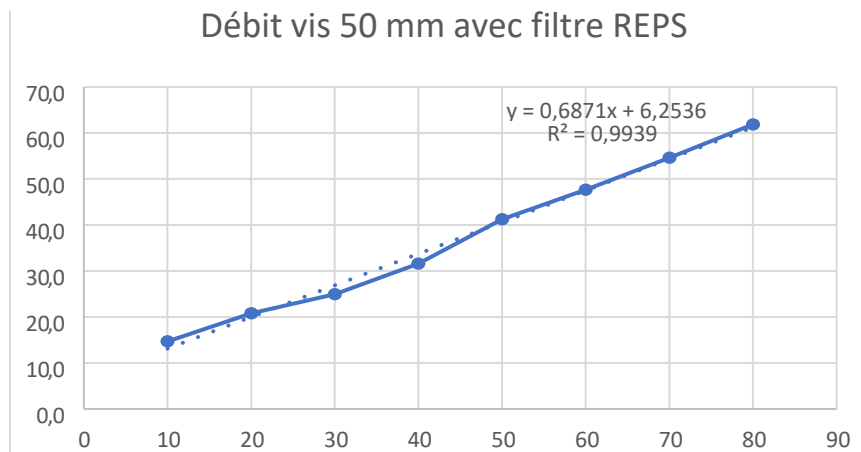


Figure 89: courbe de débit de la vis actuelle en fonction de la vitesse de rotation

### 3. Calcul des dimensions de la vis d'extrusion à état normal

Le mécanisme mis en jeu est assuré globalement grâce à un système vis fourreau.

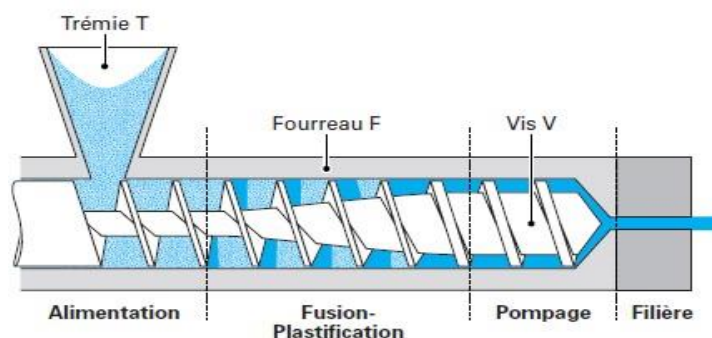


Figure 90: système vis-fourreau

#### a. Le système Vis d'extrusion – Fourreau

Une extrudeuse est essentiellement constituée d'un fourreau cylindrique en acier de haute résistance dans lequel vient tourner une vis entraînée en rotation. Cet ensemble vis fourreau est thermo-régulé par un ensemble de résistances électriques. La matière est introduite dans la trémie qui s'ouvre sur le fourreau à l'entrée de la vis et celle-ci la pousse de façon continue jusqu'à la filière.

Pour obtenir un bon fonctionnement de l'extrudeuse, toute la matière doit être impérativement fondue à la sortie de la zone de compression. Pour y parvenir il est nécessaire que :

- la force de poussée de la matière dans la zone d'alimentation soit suffisante
- le taux de compression de la vis soit adapté à la matière
- la température et la puissance de chauffe du fourreau soient suffisantes
- le jeu entre la vis et le fourreau ne soit pas trop important

#### b. Caractéristiques d'une vis de plastification :

Une vis d'extrusion présente plusieurs caractéristiques :

- Longueur active et diamètre extérieur de vis : La longueur active correspond à l'écart entre le bord aval de l'ouverture d'alimentation (goulotte) et l'extrémité de l'alésage du cylindre. Le rapport  $L/D$  (longueur active divisée par le diamètre) est devenu la caractéristique de désignation.
- Le taux de compression d'une vis : Ce taux est défini comme étant le rapport entre le volume du creux entre filets sur un tour en entrée de vis et le volume du creux entre filets sur un tour en sortie de vis [2].

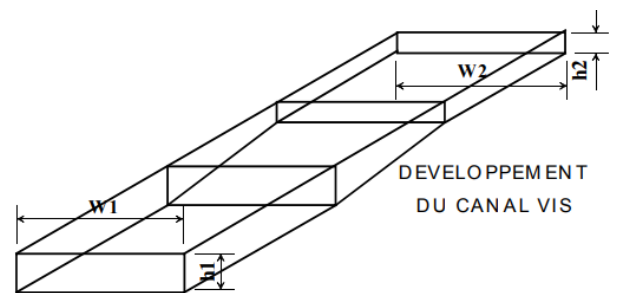


Figure 91: canal de la vis

#### c. Méthode de calcul

On considère que le canal matière est enroulé sur un axe.

Le taux de compression est égal au rapport :  $(h1.W1)/(h2.W2)$  (figure 91).

Par projection de la section du creux de filet sur un plan normal à l'axe de la vis [2] :

$$S1 = (\pi \times D^2)/4 - (\pi \times d1^2)/4$$

$$S2 = (\pi \times D^2)/4 - (\pi \times d2^2)/4$$

$$Tc = S1/S2 = (D^2 - d1^2) / (D^2 - d2^2)$$

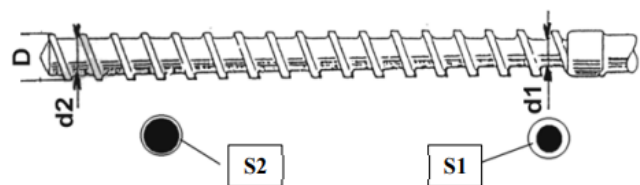


Figure 92: différentes sections de la vis

Le pas détermine l'angle  $\theta$  que fait le filet avec un plan perpendiculaire à l'axe de la vis, si la profondeur du chenal est faible par rapport au diamètre de la vis (ce qui est généralement le cas), on se contente d'une valeur unique, prise au niveau du fourreau :  **$\tan \theta = B / \pi D$**

La profondeur du chenal H :  $H = (D-d)/2$

La largeur du chenal peut être décrite par :  $W = B \cos \theta - e$

La longueur déroulée d'un tour d'hélice s'écrit :  $z = \pi D / \cos \theta = B / \sin \theta$

En pratique, une vis est d'abord caractérisée par son diamètre nominal, ou diamètre externe, D et sa longueur L, ou par le rapport L/D.

D : le diamètre intérieur du fourreau

d : le diamètre du corps, ou diamètre interne, de la vis.

B : le pas de la vis.

e : l'épaisseur du filet.

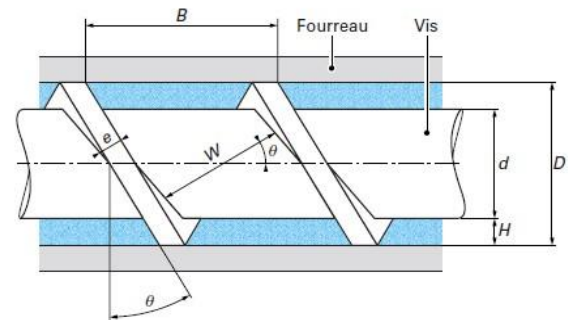


Figure 93: Géométrie de la vis dans le fourreau

On va calculer les dimensions nominales de la vis à l'état normal

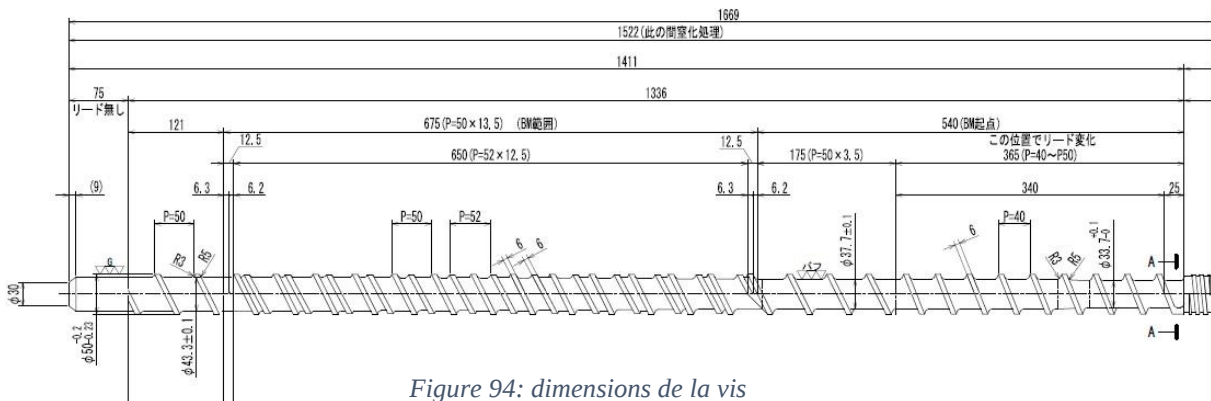


Figure 94: dimensions de la vis

La zone d'alimentation, où la profondeur du chenal est constante ; elle se caractérise par un pas de  $P=40=B$  et de  $L=365\text{mm}$  et de  $D_{int} = 33.7\text{mm}$  Donc :

- La profondeur du chenal de pompage  $H_a$  :

$$H_a = (D - D_{int})/2 = (50 - 33.7)/2 = 8.15\text{mm}$$

- L'angle  $\theta_a$  :

$$\tan \theta_a = B / \pi D = 40 / \pi * 50 = 0.25 \Rightarrow \theta_a = 14^\circ$$

- La largeur du chenal :

$$W_a = B \cos \theta - e = 40 \cdot \cos 14 - 6 = 32.8 \text{ mm}$$

- La longueur déroulée d'un tour d'hélice :

$$z_a = \pi D / \cos \theta = B / \sin \theta = 40 / \sin 14 = 165.34 \text{ mm}$$

La zone de compression, où la profondeur du chenal diminue progressivement ; elle se caractérise par un pas de  $P=50$  et de  $L=175\text{mm}$  et de  $D_{int}=37.7\text{mm}$

- La profondeur du chenal de pompage  $H_c$  :

$$H_c = (D - D_{int}) / 2 = (50 - 37.7) / 2 = 6.15 \text{ mm}$$

- L'angle  $\theta_c$  :

$$\tan \theta_c = B / \pi D = 50 / \pi \cdot 50 = 0.318 \Rightarrow \theta_c = 17.65^\circ$$

- La largeur du chenal :

$$W_c = B \cos \theta - e = 50 \cdot \cos 17.65 - 6 = 41.64 \text{ mm}$$

- La longueur déroulée d'un tour d'hélice :

$$z_c = \pi D / \cos \theta = B / \sin \theta = 50 / \sin 17.65 = 164.9 \text{ mm}$$

La zone de pompage, où la profondeur du chenal est à nouveau constante, mais plus faible qu'en alimentation. On trouve parfois dans cette zone de pompage des éléments de mélange. Elle se caractérise par un pas de  $P=52$  et de  $L=675\text{mm}$  et de  $D_{int}=43.3\text{mm}$  et  $e=6\text{mm}$  Pour calculer le débit nominal, on s'intéresse à la dernière zone : zone de pompage, qui nous donne le débit final de la matière après toutes les étapes de fusion et de malaxage. Donc on procède à calculer les dimensions nominales de la zone pompage :

- La profondeur du chenal de pompage  $H_p$  :

$$H_p = (D - D_{int}) / 2 = (50 - 43.3) / 2 = 3.35 \text{ mm}$$

- L'angle  $\theta_p$  :

$$\tan \theta_p = B / \pi D = 52 / \pi \cdot 50 = 0.33 \Rightarrow \theta_p = 18.3^\circ$$

- La largeur du chenal :

$$W_p = B \cos \theta - e = 52 \cdot \cos 18.3 - 6 = 43.37 \text{ mm}$$

- La longueur déroulée d'un tour d'hélice :

$$z_p = \pi D / \cos \theta = B / \sin \theta = 52 / \sin 18.3 = 165.60 \text{ mm}$$

Après changement on a effectué un autre essai avec la nouvelle vis et on a obtenu les résultats suivants :

|                                             |                       | Extrudeuse principale                    |                       |                         |                      |                 |
|---------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|-----------------|
| Type de PVC : FT3A1                         |                       | Type de vis :<br>50 mm CABELAUTO<br>LE03 |                       |                         |                      |                 |
| Vitesse de rotation de la vis en tours /min | Débit 1<br>(g/36 sec) | débit 2<br>(g/36 sec)                    | débit 3<br>(g/36 sec) | Moyenne débit<br>(Kg/h) | Temp-érature<br>(°C) | Ampérage<br>(A) |
| 10                                          | 148,0                 | 151,0                                    | 148,0                 | 14,9                    | 173                  | 15_16           |
| 20                                          | 221,0                 | 222,0                                    | 225,0                 | 22,3                    | 174                  | 18_19           |
| 30                                          | 282,0                 | 287,0                                    | 279,0                 | 28,3                    | 178                  | 20_21           |
| 40                                          | 366,0                 | 367,0                                    | 373,0                 | 36,9                    | 178                  | 20_21           |
| 50                                          | 490,0                 | 473,0                                    | 474,0                 | 47,9                    | 192                  | 22_24           |
| 60                                          | 540,0                 | 580,0                                    | 580,0                 | 56,7                    | 183                  | 22_24           |
| 70                                          | 612,0                 | 603,0                                    | 611,0                 | 60,9                    | 192                  | 24_25           |
| 80                                          | 735,0                 | 739,0                                    | 720,0                 | 73,1                    | 193                  | 25_26           |

Tableau 14: 2ème test après changement de vis d'extrusion

Voici la courbe de débit en fonction de la vitesse de rotation dans le 2<sup>ème</sup> test avec la nouvelle vis :

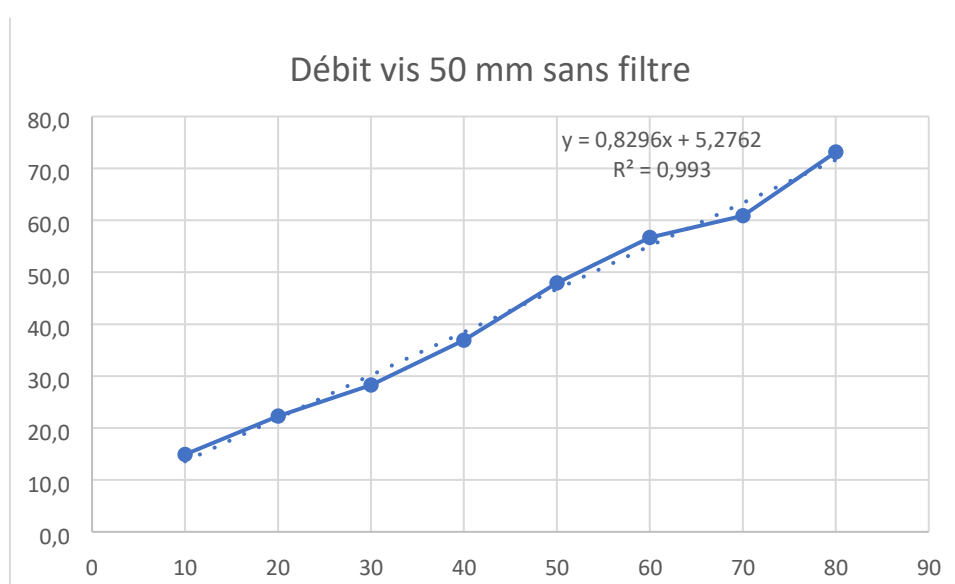


Figure 95: courbe de débit de la nouvelle vis en fonction de la vitesse de rotation

On a remarqué que la nouvelle vis nous a donné un débit plus grand que l'ancienne par un ajout de 11.5kg/h équivalent à 15% de rendement de plus. Ainsi d'après la courbe on remarque que le coefficient a s'améliore  $a_1=0.687$  et  $a_2=0.829$

## II. Etude et analyse du TRS

### 1. Diagnostic

La méthode QQQQCP permet d'avoir sur toutes les dimensions du problème, des informations élémentaires suffisantes pour identifier ses aspects essentiels.

Cette méthode adopte une démarche d'analyse critique constructive basée sur le questionnaire systématique suivant :

|                   |                                                                                                                                          |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Quoi ?</b>     | <b><u>C'est quoi le problème ?</u></b><br><br>-Le taux d'arrêts de la ligne d'extrusion est élevé.                                       |
| <b>Qui ?</b>      | <b><u>Responsable ?</u></b><br><br>Département production.                                                                               |
| <b>Où ?</b>       | <b><u>Lieu du problème ?</u></b><br><br>-Division câble au SEWS CABIND Maroc Ain Harrouda ; Les lignes d'extrusion de la zone isolation. |
| <b>Quand ?</b>    | <b><u>Quand apparaît le problème ?</u></b><br><br>-Lors de la production ;                                                               |
| <b>Comment ?</b>  | <b><u>Comment mesurer le problème et ses solutions ?</u></b><br><br>-Indicateur de performance TRS                                       |
| <b>Pourquoi ?</b> | <b><u>Pourquoi devons-nous résoudre ce problème ?</u></b><br><br>-Réduire le temps d'arrêt de production.                                |

Tableau 15: La méthode QQQQCP pour diagnostiquer le TRS

### 2. Mesure du TRS

Pour réussir cette phase, nous avons rassemblé les informations nécessaires, pour choisir les différentes variables qui doivent être analysées et les indicateurs pertinents à suivre, afin de mesurer la performance actuelle du système.

Le TRS est le seul indicateur qui tient compte de tous les paramètres qui affectent la productivité d'un système. Il dépend des trois qui le composent, si l'un des trois se dégrade le TRS chute.

Pour faire progresser le TRS, il est important d'analyser et d'agir sur le non-TRS qui se compose des arrêts suivants [5] :

- Les arrêts exploitations (maintenance préventive, pause...)
- Les arrêts organisationnels (changement, nettoyage...)
- La non-performance (ralentissements, ...)
- La non-qualité (retraitement, bobines non conformes...)

### 3. Les formules de calculs

Le TRS d'abord est le Taux de Rendement Synthétique, un indicateur destiné à suivre la performance et le taux d'utilisation des équipements. La formule du TRS, exprimée en pourcentage, est la suivante :  $TRS = TD \times TP \times TQ$  Les 3 taux se calculent comme suit :

- Taux de disponibilité = Temps de fonctionnement brute / temps d'ouverture =  $FB / To$

Temps de fonctionnement brute = temps d'ouverture - temps d'arrêt non planifié (pannes + changement,...)

Ou : temps d'ouverture = Temps global - temps d'arrêt planifié (maintenance préventive, test)

Temps d'ouverture : temps théorique de fonctionnement maximum.

- Taux de performance = T. de fonctionnement net / T. de fonctionnement brut =  $FN / FB$

Ou : T. de fonctionnement net =  $T.FB - \text{temps d'attente (perte de performance)}$

Notamment influencé par les micro-arrêts et les baisses de cadences ; pertes de performances (différence entre cadence théorique et cadence réelle due aux arrêts mineurs),

- Taux de qualité = nombre de bobines OK / nombre total de bobines produites.

Notamment influencé par les défauts et les pertes au redémarrage, pertes de qualité : non qualité pendant le fonctionnement, réglages, essais, démarrage...

$TRS = TU / TR$  C'est à dire le rapport entre le temps produisant de la valeur ajoutée à pleine cadence et le temps alloué pour ce travail.

#### a. Taux de disponibilité :

Pour calculer le taux disponibilité, j'ai exploité les données du système de production SIIC afin d'extraire le temps brut de fonctionnement pour chaque semaine, alors nous nous tournons vers les codes déclarés dans le système de production pour mentionner les arrêts planifiés et non planifiés (Les arrêts : Down Time et les changements de série : Setup) (Voir annexe7).

Le tableau suivant indique l'état de disponibilité actuel :

| Période          | Code d'article                                                                                     | Durée d'arrêt planifié (s) | Durée d'arrêt non planifié (s) | Taux de disponibilité |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| <b>semaine 1</b> | IVSSH035/DIVUS035/DIVUS050                                                                         | 344056                     | 93387                          | 64,2%                 |
| <b>Semaine 2</b> | AVSSH050/IVSSH035/AVSSH050<br>AVSSH075/IVSSH075/DIVUS035<br>AVSSH125/DIVUS035/DIVUS050<br>LFT20035 | 55036                      | 225897                         | 59,5%                 |
| <b>Semaine 3</b> | DIVUS050/DIVUS035/DIVUS075<br>DIVUS125/DIVUS035/DIVUS075<br>AVSSH075/IVSSH075/DIVUS035<br>DIVUS050 | 95680                      | 112580                         | 77,88%                |
| <b>Semaine 4</b> | DIVUS050/DIVUS035/IVSSH035                                                                         | 30114                      | 146450                         | 70%                   |

Tableau 16: taux de disponibilité actuel (mois mai2022) de LE07

La figure ci-dessous illustre le niveau du taux de disponibilité pour la ligne LE07 pendant le mois 05 de l'année 2022 (figure 96) :

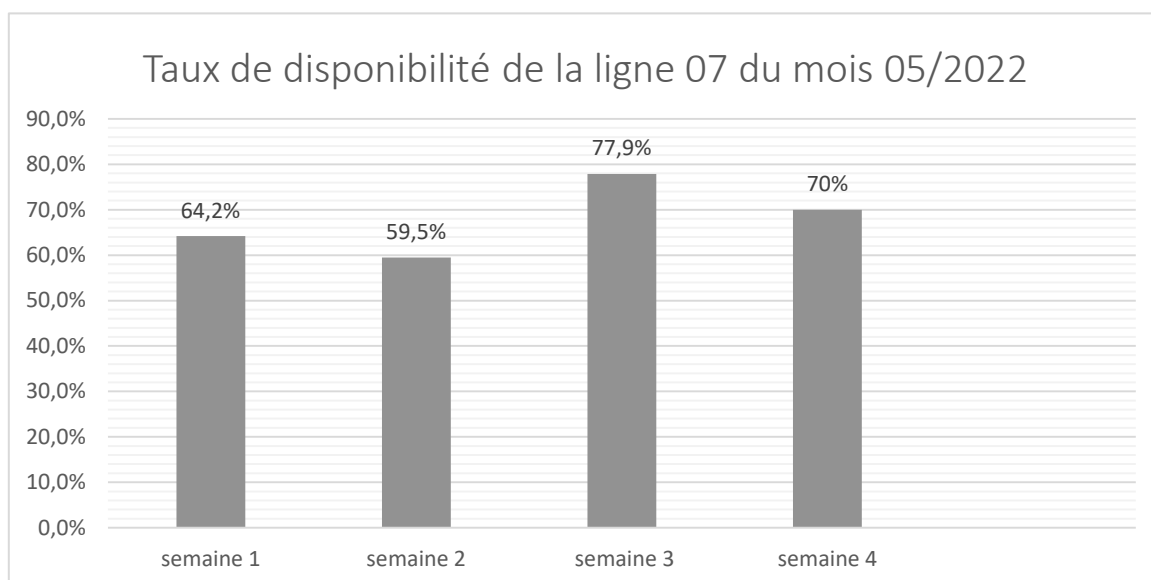


Figure 96: Taux de disponibilité de la ligne LE07 pour le mois de mai2022

#### b. Taux de performance :

J'ai exploité les données du SIIC pour calculer la cadence réelle pour chaque produit et pour la cadence théorique j'ai utilisé la relation : pour chaque article :

La cadence théorique = Durée de production\*Vitesse théorique (la vitesse mentionnée dans la fiche technique)

Le tableau suivant illustre tout calcul nécessaire pour aboutir au taux de performance :

| Période   | code de l'article | Cadence réelle | Cadence théorique | Taux de performance | Taux de performance Moy |
|-----------|-------------------|----------------|-------------------|---------------------|-------------------------|
| Semaine 1 | IVSSH035          | 577188,001     | 715458,333        | 80.6%               | 56%                     |
|           | DIVUS035          | 112856         | 221826,667        | 51%                 |                         |
|           | DIVUS050          | 99866          | 200840            | 49.7%               |                         |
|           | DIVUS075          | 33388          | 61510             | 54.3%               |                         |
|           | AVSSH050          | 93016          | 179158,333        | 52%                 |                         |
| Semaine 2 | AVSSH050          | 40485          | 68280             | 59.2%               | 63.7%                   |
|           | IVSSH035          | 90731,999      | 154058,333        | 58.9%               |                         |
|           | AVSSH50           | 126831         | 189758,333        | 66.8%               |                         |
|           | AVSSH75           | 137841         | 180660            | 76.3%               |                         |
|           | AVSSH125          | 42346          | 66653.33          | 63.5%               |                         |
|           | DIVUS35/50        | 109904         | 197573.33         | 56%                 |                         |

|                  |            |           |            |       |        |
|------------------|------------|-----------|------------|-------|--------|
|                  | IVSSH50/75 | 950       | 1608.33    | 59%   |        |
|                  | LFT20035V  | 340436    | 376471.66  | 90.4% |        |
|                  | DIVUS50    | 981626.67 | 477591     | 49%   |        |
|                  | IIVSSH50   | 8575      | 14776      | 58%   |        |
|                  | DIVUS50    | 629159    | 1026213.33 | 61.3% |        |
| <b>Semaine 3</b> | DIVUS35    | 22669     | 62680      | 36%   | 52.5%  |
|                  | DIVUS75    | 24314     | 67300      | 36%   |        |
|                  | DIVUS7125  | 33630     | 67816.66   | 50%   |        |
|                  | DIVUS35    | 755279    | 1348973.3  | 56%   |        |
|                  | DIVUS75    | 59565     | 109090     | 55%   |        |
|                  | AVSSH75    | 369676    | 444945     | 83%   |        |
|                  | DIVUS35    | 126975    | 262066.66  | 49%   |        |
|                  | DIVUS50    | 614954    | 1128920    | 55%   |        |
| <b>Semaine 4</b> | DIVUS50    | 92274     | 347653.33  | 27%   | 44.83% |
|                  | DIVUS35    | 148989    | 405533.33  | 37%   |        |
|                  | IVSSH35    | 283019    | 489975     | 58%   |        |
|                  | DIVUS35    | 392553    | 800333.33  | 49%   |        |
|                  | DIVUS50    | 18927     | 66920      | 29%   |        |
|                  | IVSSH35    | 163903    | 242716.66  | 68%   |        |

Tableau 17: taux de performance actuel (mai 2022) de LE07

La figure ci-dessous illustre sous forme d'un histogramme les valeurs du taux de performance pour la ligne 07 pendant le mois mai de l'année 2022 (figure 97).

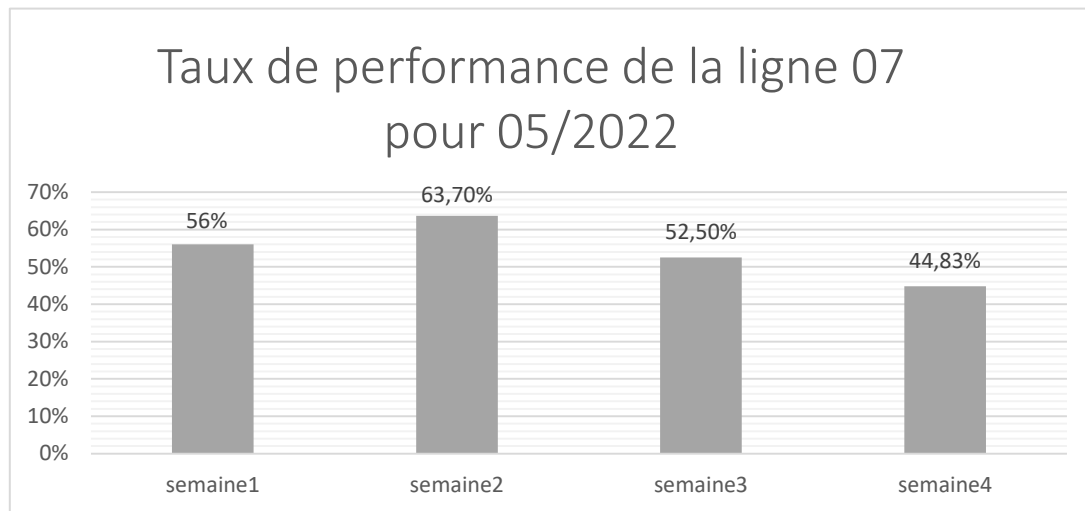


Figure 97: Taux de performance de la ligne LE07 pour le mois de mai 2022

#### c. Taux de qualité :

Pour calculer le taux de qualité j'ai exploité les données issues du département qualité notamment la quantité des produits conformes, non conformes et produits semi-conformes.

Remarque : Les produits semi-conformes sont les produits qui sortent de la zone d'extrusion nécessitent un traitement du poste de dévidage avant d'être considérés comme produits conformes, le poste de dévidage localise les défauts de Spark, soudure, olive... dans la bobine et les éliminent.

$$TQ = \frac{(\text{Nombre de produits conformes} + 0,9 * \text{Nombre de produits quarantaines})}{\text{Nombre de produits réalisés}}$$

Avec : Produit quarantaines : sont les produits dans le poste de dévidage cela veut dire les produits semi- conformes.

Pour une période d'étude qui s'étale sur un mois (mai) de l'année courante, le tableau ci-dessous présente la situation actuelle du Taux de Qualité pour la ligne LE07.

|            | Total des bobines Produisent | Nombre des bobines conforme | Nbr des bobines Dévidé | Nbr des bobines déclaré Non-conforme | Nbr des bobines récupéré | Nbr des bobines Scrapé | Taux de qualité |
|------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------|
| <b>S 1</b> | 177                          | 113                         | 54                     | 10                                   | 8                        | 2                      | 95.8%           |
| <b>S2</b>  | 805                          | 475                         | 298                    | 32                                   | 19                       | 13                     | 94.6%           |
| <b>S 3</b> | 690                          | 482                         | 181                    | 27                                   | 19                       | 8                      | 96.2%           |
| <b>S4</b>  | 686                          | 313                         | 308                    | 65                                   | 64                       | 1                      | 95.3%           |

Tableau 18: taux de qualité actuel (mois mai2022) de LE07

La figure ci-dessous illustre sous forme d'un histogramme les valeurs du taux de qualité pour la ligne 07 pendant le mois mai de l'année 2022 (figure 98).

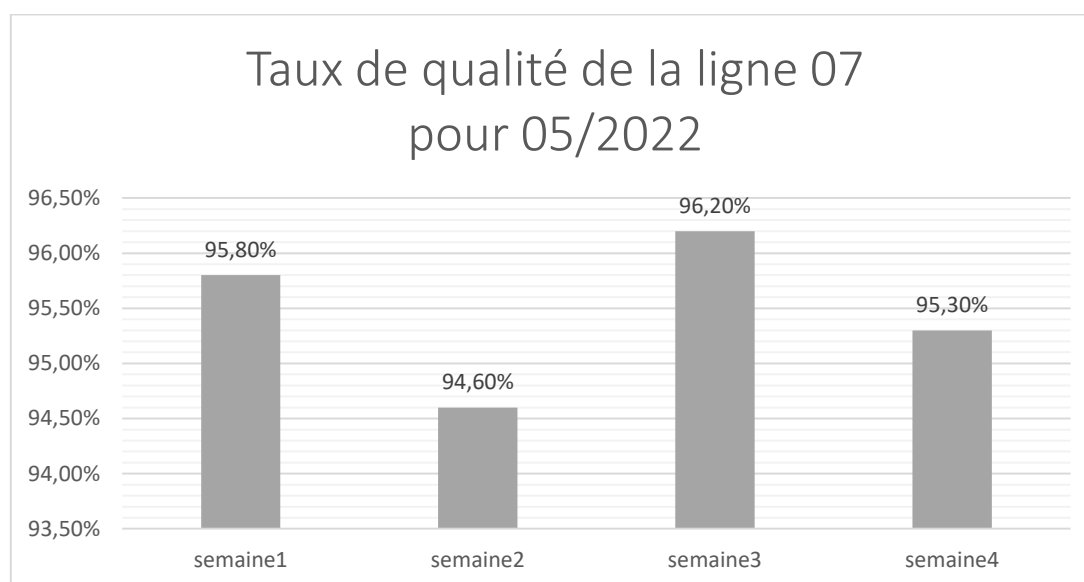


Figure 98: Taux de qualité de la ligne LE07 pour le mois de mai2022

Ce tableau présente une récapitulation des différents taux intermédiaire du TRS pendant le mois 05 de l'année 2022.

| Période         | Taux de disponibilité | Taux de performance | Taux de qualité | TRS |
|-----------------|-----------------------|---------------------|-----------------|-----|
| <b>Mai 2022</b> | 67.9%                 | 54.257%             | 95.475%         | 35% |

Tableau 19 : TRS global de LE07 pour mois 05 /2022

Voici ci-dessous la figure du TRS sous forme d'un histogramme pour la ligne 07 pendant le mois mai de l'année 2022 (figure 99).

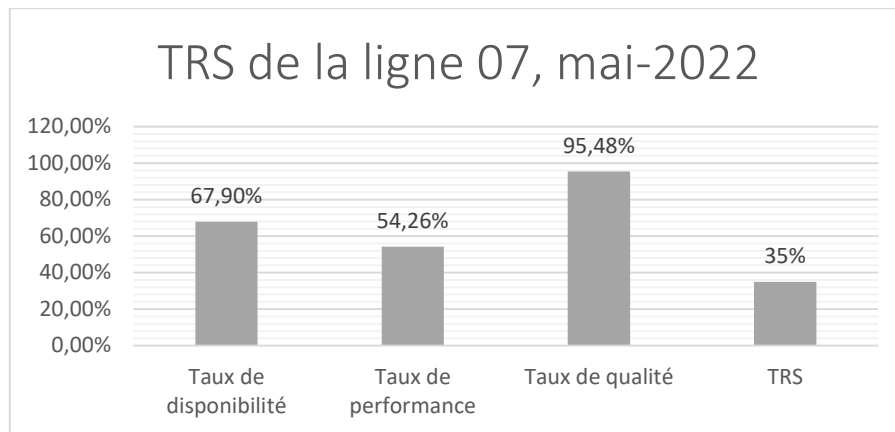


Figure 99 : TRS pour la ligne 07 pendant le mois mai de l'année 2022

Le TRS est de 35 % ce qui signifie que plus de la moitié du potentiel des équipements sont non utilisée. D'où la chance que nous avons de pouvoir :

La nouvelle analyse des causes de pertes de TRS à l'aide des outils d'analyse fournira les pistes prioritaires d'amélioration et de résolution de problèmes.

#### d. Synthèse :

Après avoir calculé le TRS, nous avons constaté que les taux les plus critiques sont le taux de performance et le taux de disponibilité.

Alors notre goulot doit faire l'objet de toutes les attentions. Elle est donc prioritaire lorsqu'il s'agit d'augmenter la vitesse qui doit tendre vers la valeur de la fiche technique et de réduire la durée improductive lors des changements de série, ainsi que lors des arrêts non planifiés et aussi.

C'est dans ce cadre que nous allons réaliser une étude approfondie pour détecter les causes racines des dysfonctionnements et augmenter la productivité des lignes d'extrusion.

### III. Analyse des causes

D'après la phase Mesurer, nous avons déduit que les taux de performance et de disponibilité sont critiques. Du coup, pour réussir la démarche DMAIC la phase analyser est indispensable.

Pour analyser les différentes variables influençant la productivité de la ligne d'extrusion LE07, je commencerai par une analyse PARETO et 5M pour déterminer des causes racines de chute de vitesse et des arrêts non planifiés (Down Time)

## 1. Arrêts non planifié (Down Time)

### a. Analyse des données

Dans notre étude des données on s'est basé sur l'historique des arrêts issu de logiciel de gestion de production SIIC pendant les trois mois de l'année 2022 (03-04-05) et on a pris comme critère la durée de l'arrêt. Pour faire ceci, j'ai utilisé le diagramme de PARETO.

| Code  | Description du type d'arrêt           | Temps(h) | Taux(%) | Cumulé(%) |
|-------|---------------------------------------|----------|---------|-----------|
| 29    | Démarrage intervention méthode        | 177.6    | 38      | 38        |
| 11    | défaut arrêt machine                  | 66.8     | 14      | 52        |
| 3     | Arrêt pour manque matière première    | 56       | 12      | 64        |
| 8     | Rupture de fil                        | 41       | 8,8     | 72,8      |
| 60    | SIIC Problème                         | 40       | 8,6     | 81,4      |
| 6     | Opérateur absent                      | 27       | 5,8     | 87,2      |
| 25    | Nettoyage tête d'extrusion            | 26       | 5,6     | 92,8      |
| 16    | Démarrage intervention maintenance    | 13       | 2,8     | 95,6      |
| 80    | Arrêt pour attente validation qualité | 12       | 2,6     | 98,2      |
| 27    | Nettoyage marqueuse                   | 5        | 1,1     | 99,4      |
| 4     | Arrêt pour manque outillage           | 0.3      | 0,06    | 100%      |
| Total |                                       | 464,7    |         |           |

Tableau 20 : les heures d'arrêts des différentes tâches pendant les mois 03, 04,05 de l'année 2022

La figure ci-dessous illustre le diagramme Pareto des pannes pour la ligne 07 pendant les mois 03, 04,05 de l'année 2022 (figure 99).

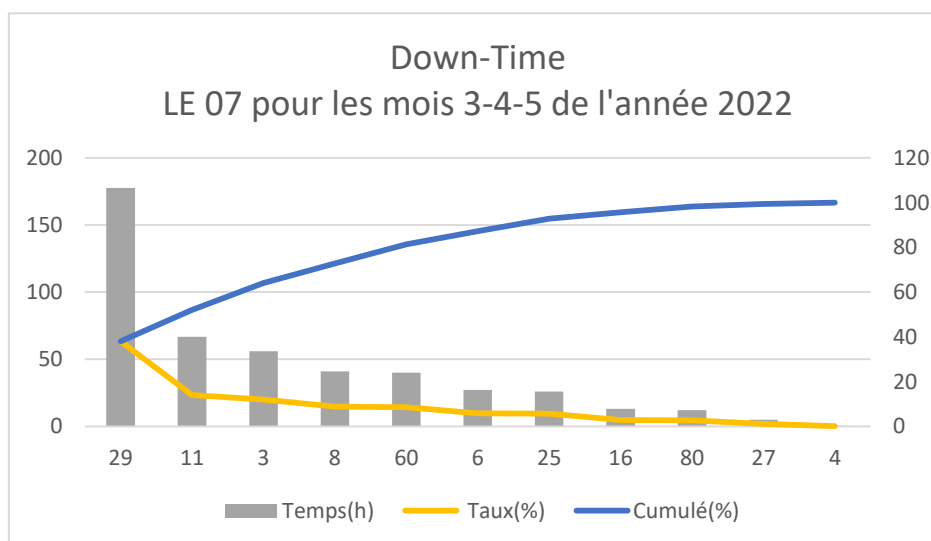


Figure 100: Diagramme PARETO des pannes de LE07

D'après la courbe Pareto et selon la loi 20/80 on trouve que cinq causes d'arrêts (Intervention méthode, défaut arrêt machine, manque matière première, SIIC Problème et rupture de fil) représentent plus que 80% de la durée cumule des arrêts.

### b. Diagramme d'Ishikawa

Notre analyse doit commencer par une analyse qui soit la plus exhaustive possible des sources de dispersion. Quelles sont les causes de chute de vitesse, de défaut arrêt machine et de rupture de fils selon les 5M ?

On a fait un brainstorming avec les opérateurs et les chefs d'équipes afin de récolter toutes les causes menant à ces arrêts. Les figures ci-dessous présentent les diagrammes d'Ishikawa obtenus :

#### ▪ Les causes de chute de vitesse suivant le diagramme d'Ishikawa

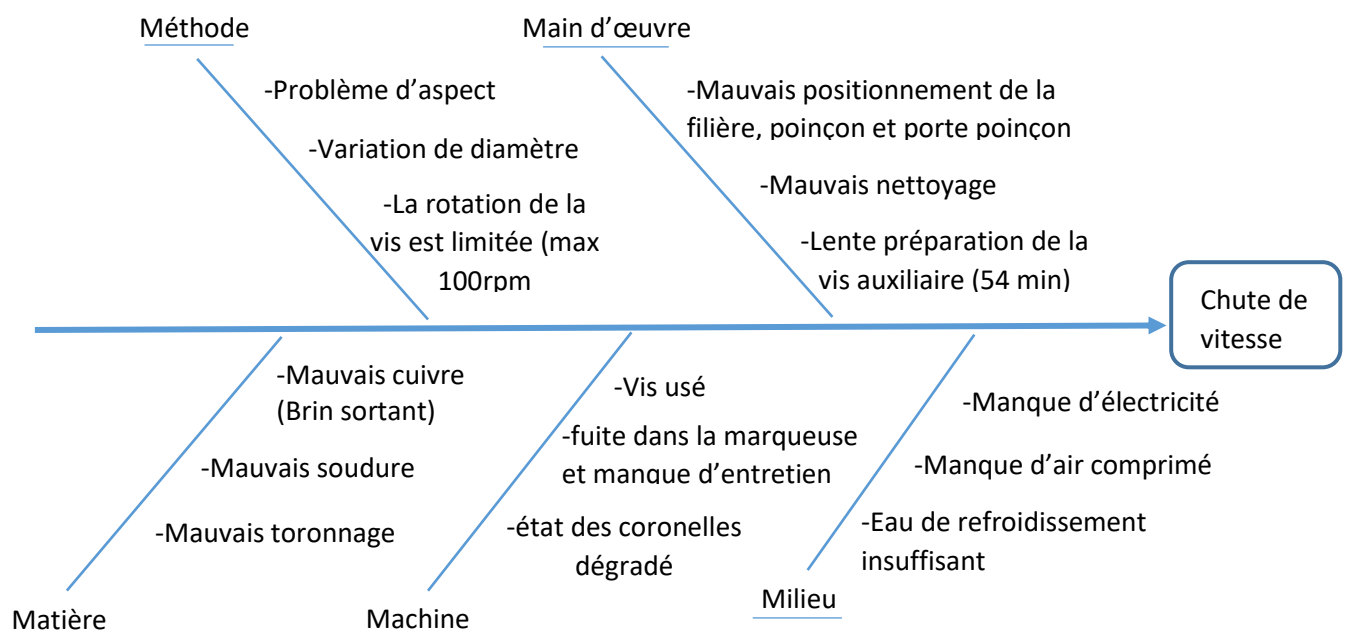


Figure 101: Diagramme ISHIKAWA chute de vitesse

▪ Les causes de défaut arrêt machine suivant le diagramme d'Ishikawa

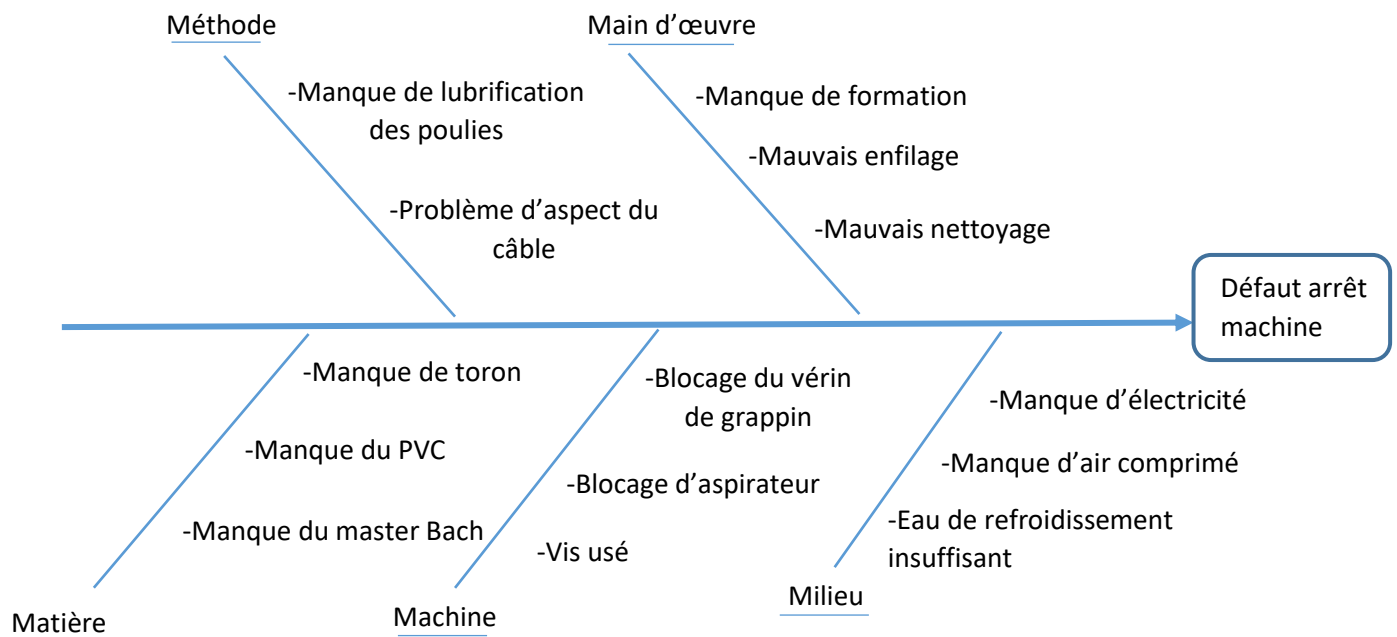


Figure 102: Diagramme ISHIKAWA arrêt machine

▪ Les causes de casse fil suivant le diagramme d'Ishikawa

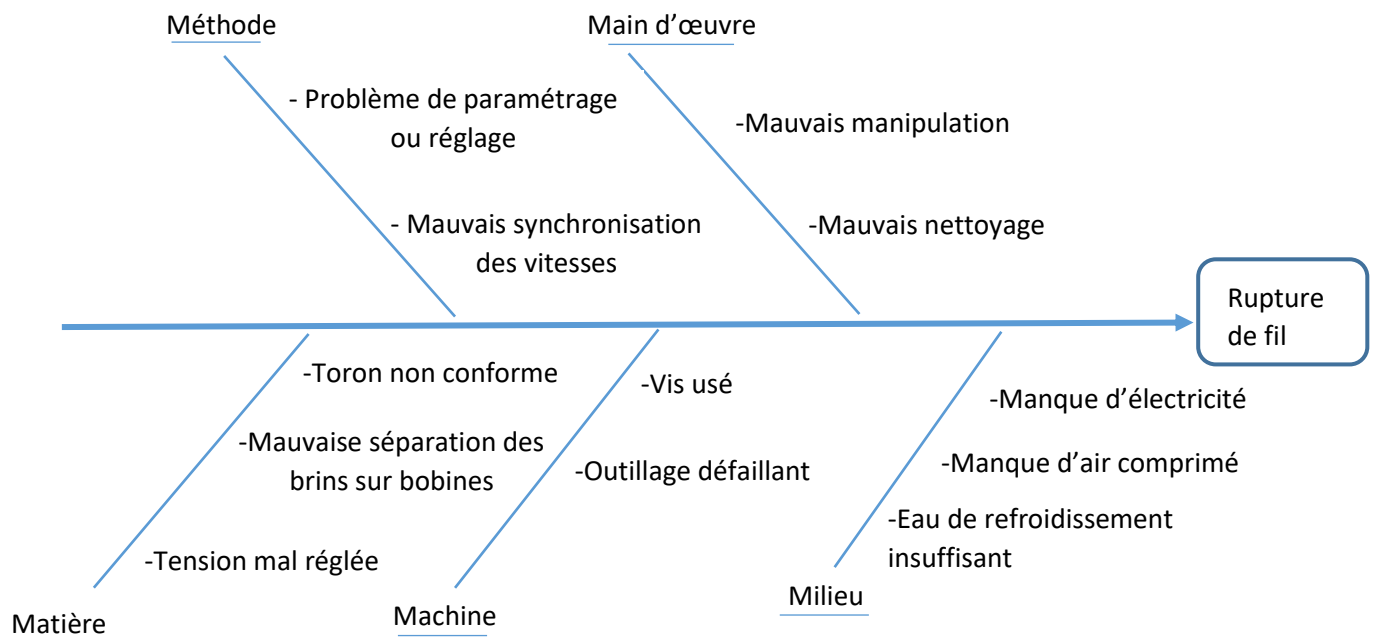


Figure 103: Diagramme ISHIKAWA rupture fil

## 2. Etude AMDEC

Une étude AMDEC avec l'équipe de travail sera consacrée pour analyser quelques modes de défaillances de la ligne LE07.

Au sein d'une entreprise, l'utilisation de l'AMDEC se traduit par :

- une production optimisée, le bon produit du premier coup,
- une amélioration permanente des moyens de production afin de limiter les défaillances,
- une amélioration constante de l'organisation,
- la fixation d'un seuil de qualité à obtenir, la mise en place des moyens pour y parvenir,
- une analyse de chacun des défauts de production,
- la rédaction de recommandations en cas de défaillances

D'après la discussion avec les techniciens et le chef d'équipe et la consultation d'historiques des arrêts, nous avons établi les tableaux suivants pour recenser toutes les causes potentielles de chaque mode de défaillance. Ensuite, il est nécessaire d'évaluer la criticité des modes de défaillance. La criticité est obtenue par d'une triple cotation :

- La Gravité (G) ou sévérité de l'effet du défaut ou de la défaillance
- L'Occurrence (O) ou fréquence d'apparition de la cause
- La Détection (D) : probabilité de non détection de la cause

Criticité = Gravité x Occurrence x Détection

### a. La grille d'évaluation de l'AMDEC

Une fois l'AMDEC mise en place, les résultats obtenus sont classés et analysés grâce aux grilles d'évaluation.

|          | <b>FREQUENCE : F</b>                        |
|----------|---------------------------------------------|
| <b>1</b> | 1 défaillance maxi par mois                 |
| <b>2</b> | 1 défaillance maxi par semaine              |
| <b>3</b> | 1 défaillance maxi par jour                 |
| <b>4</b> | 1 défaillance maxi par shift                |
|          | <b>NON DETECTION : D</b>                    |
| <b>1</b> | Visible par opérateur                       |
| <b>2</b> | Détection aisée par un agent de maintenance |
| <b>3</b> | Détection difficile                         |
| <b>4</b> | Indécelable                                 |
|          | <b>GRAVITE : G</b>                          |
| <b>1</b> | Défaut tolérable                            |
| <b>2</b> | Produit non conforme                        |
| <b>3</b> | Défaut et arrêt                             |
| <b>4</b> | Arrêt > 1 heure                             |

Tableau 21: Grille de criticité

A l'aide de cette grille d'évaluation, on va se limiter sur les modes de défaillance qui ont une criticité supérieure à 16 afin d'identifier les causes les plus importantes auxquelles il faut s'attaquer.

La page suivante présente la grille AMDEC obtenue en marquant les modes de défaillance de défaut arrêt machine, de rupture de fil et bien évidemment de chute de la vitesse

Avec mon parrain industrielle ; le responsable maintenance on a évalué la criticité indiquée dans le tableau AMDEC :

| zone de process | process effectué                                                                       | mode de défaillance                  | cause de défaillance                                             | effet de défaillance                                             | prévention                                                | détection | fréquence | gravité  | non détection | criticité |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------|-----------|----------|---------------|-----------|
| <b>vis</b>      | malaxer la matière première                                                            | Vitesse faible/débit de la MP faible | usure de la vis et température faible                            | problème d'aspect, porosité et défaillance du diamètre extérieur | vérification                                              | visuel    | <b>4</b>  | <b>3</b> | 3             | <b>36</b> |
| grappin         | maintenir la bobine chargé vers le convoyeur et celle vide vers le plateau du bobinoir | blocage                              | blocage du sens de rotation du moteur<br>manque de lubrification | arrêt machine                                                    |                                                           |           | <b>4</b>  | <b>3</b> | 3             | <b>36</b> |
| dévidoir        | réceptionner le toron                                                                  | brin sortant                         | mauvais toronage                                                 | blocage de fil et rupture                                        | vérification du toron avant le positionner dans les rails | visuel    | <b>3</b>  | <b>3</b> | 3             | <b>27</b> |
| dévidoir        | Souder les boues des deux torons                                                       | mauvaise soudure                     | mal finition de la soudure avec du papier de verre               | casse fil dans le poinçon                                        | vérification                                              | alarme    | <b>4</b>  | <b>3</b> | 2             | <b>24</b> |

|                    |                                                                                                          |                                                   |                                                                         |                           |                                        |        |   |   |   |    |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------|--------|---|---|---|----|
| grappin            | maintenir la bobine chargé vers le convoyeur et celle vide vers le plateau du bobinoir                   | blocage de la montée et de l'ouverture du grappin | blocage des vérins                                                      | arrêt machine             |                                        |        | 4 | 3 | 2 | 24 |
| dévidoir           | Souder les boues des deux torons                                                                         | mauvaise soudure                                  | faiblesse de fil intermédiaire                                          | rupture fil               | test de la résistance du fil           | alarme | 3 | 3 | 2 | 18 |
| lame de coupe      | couper le câble pour changer la bobine                                                                   | blocage de la porte                               | dérégage vitesse de la porte (temps d changement de bobine non adéquat) | surchage de la bobine     |                                        |        | 4 | 2 | 2 | 16 |
| pantin             | assurer la synchronisation machine et bobinoir                                                           | vibration de la tige et la poulie                 | pression mal réglée                                                     | casse fil                 | réglage                                | alarme | 2 | 3 | 2 | 12 |
| poulies de renvoie | améliorer le refroidissement du câble par le passage successif du câble par plusieurs poulies de renvoie | Frottement câble                                  | usure des poulies                                                       | casse fil et défaut spark | vérification et changemen t de poulies | alarme | 2 | 3 | 2 | 12 |

|                   |                                                       |                                   |                                        |                                   |                         |        |   |   |   |    |
|-------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--------|---|---|---|----|
| marqueuse         | marquer la référence sur le câble                     | marquage défectueux               | manque de maintenance préventive       | difficulté à identifier le câble  |                         | visuel | 4 | 3 | 1 | 12 |
| filtre            | filtrer la matière première et éliminer les impuretés | brulure ou endommagement          | mauvaise régulation de température     | défaut qualité : spark, olive     | nettoyage et réglage    | voyant | 4 | 2 | 1 | 8  |
| Bride             | purger la matière première                            | blocage bypass                    | mauvais dimensionnement                | fuite                             | ajustement manuel       | visuel | 4 | 2 | 1 | 8  |
| pantin            | assurer la synchronisation machine et bobinoir        | vibration de la tige et la poulie | pression mal réglée                    | problème de trancannage           | vérification et réglage | visuel | 2 | 2 | 2 | 8  |
| unité de freinage | freiner le fil avec les poulies de freinage           | freinage non régulé               | Force mal ajustée/ courroie endommagée | casse fil                         | réglage                 | alarme | 1 | 3 | 2 | 6  |
| porte poinçon     | guider le fil pour l'isoler                           | poinçon mal positionné            | porte poinçon usée                     | mauvais centrage et arrêt machine | vérification            | alarme | 2 | 3 | 1 | 6  |

|                      |                                                                                            |                                          |                                                                            |                                         |                                                     |               |          |          |          |          |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------|----------|----------|----------|----------|
| guide de trancannage | <b>guider le câble lors de son enroulement sur le bobinoir</b>                             | <b>dérèglement du pas de trancannage</b> | <b>Mauvaise synchronisation de Vitesse de ligne avec bobinoir</b>          | <b>problème de trancannage</b>          | <b>réglage automatique</b>                          | <b>visuel</b> | 2        | 2        | 1        | <b>4</b> |
| convoyeur            | faire circuler les bobines vides vers le bobinoir et celle pleines vers le conditionnement | blocage de convoyeur                     | blocage des vérins/blocage des capteurs/ manque de lubrification des rails | problème de circulation et encombrement |                                                     |               | <b>2</b> | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>4</b> |
| marqueuse            | marquer la référence sur le câble                                                          | marquage défectueux                      | mauvais réglage de l'encre / usure des roues de marquage                   | difficulté à identifier le câble        | mesurer la viscosité changer/ les roues de marquage |               | <b>2</b> | <b>2</b> | <b>1</b> | <b>4</b> |

Tableau 22: les modes de défaillance dans LE 07

Nous avons déduit que la majorité des problèmes de défaut arrêt machine et rupture de fil sont généralement au niveau de bobinoir et au dévidoir, il faut mettre en place un plan d'actions afin de réduire la criticité de ces modes de défaillance et par conséquent, une amélioration au niveau de la productivité et en ce qui concerne chute de vitesse la cause racine est l'usure de vis d'extrusion

## IV. Amélioration et innovation

Suite à l'analyse critique du processus de production et au diagnostic au niveau des lignes d'extrusion, nous proposons :

✓ Une mise en place d'un plan d'actions suite à l'analyse AMDEC :

Cela va nous aider à réduire la criticité des modes de défaillance qui génèrent un temps des arrêts non planifiés élevé.

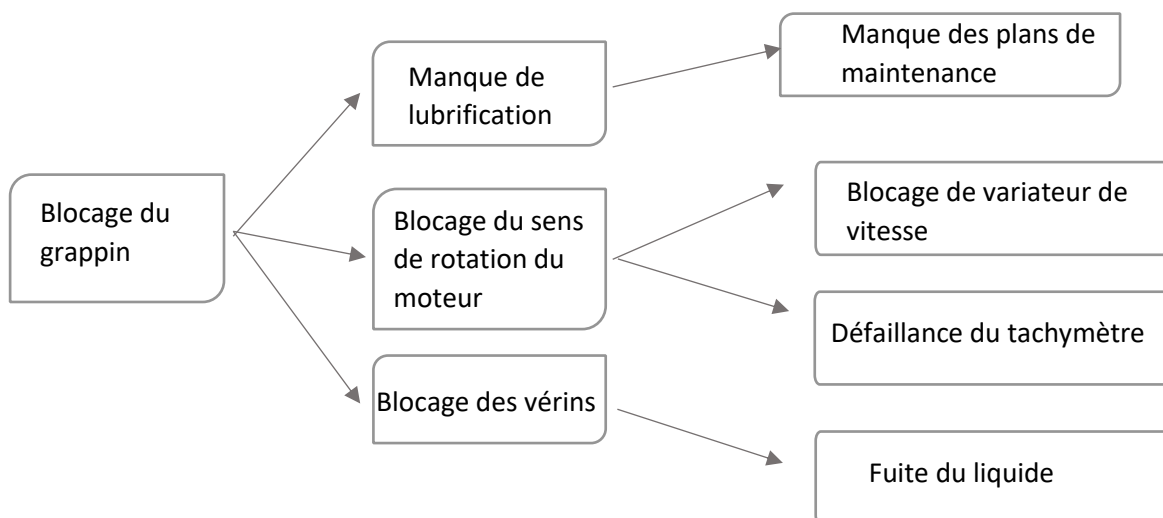
- la gravité par exemple : la gravité d'une fuite de liquide peut être diminuée par la mise en place d'un bassin de rétention ;
- l'occurrence : en augmentant la fiabilité d'une cuve, robinet, ou en renforçant la maintenance préventive ;
- le non détection : en mettant en place des outils de détection, de contrôle ou de surveillance.

### 1. Plan d'actions suite à l'analyse AMDEC

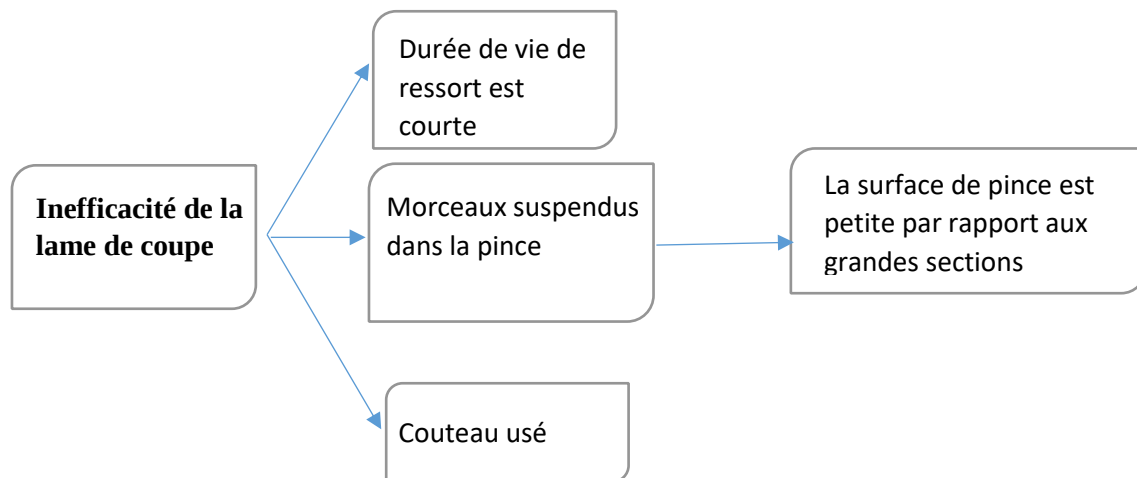
En ce qui concerne le bobinoir, les problèmes trouvés sont au niveau du grappin, la lame de coupe, et le plateau.

Pour chaque mode de défaillance, on va procéder avec les 5 pourquoi pour décortiquer les différentes causes racines :

#### Grappin



## La lame de coupe



### a. Plan d'action du bobinoir

| Item               | Description anomalie                         | Photo                                                                               | Action                                                                             | responsable | Statut  |
|--------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------|
| Blocage du grappin | manque de lubrification au niveau du grappin |  | Mise en place d'un plan Préventif régulier avec 3 niveaux d'intervention           | Aziz Chadli | Encours |
|                    | blocage du sens de rotation du moteur        |  | PRM1 : OP<br>PRM2 : Technicien préventif<br>PRM3 : (rénovation – remise à niveau). |             |         |

|                                      |                                                                                    |                                                                                   |                                                           |             |         |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------|---------|
|                                      | Blocage des vérins qui les sabots et qui positionnent le grappin en haut ou en bas |  |                                                           |             |         |
| <b>Inefficacité de lame de coupe</b> | Couteau usé                                                                        |  | Entretien des couteaux mensuel et changement trimestriel. | Aziz Chadli | Encours |

Tableau 23: Plan d'action du bobinoir

Et en ce qui concerne le dévidoir, on a trouvé deux modes de défaillance qui sont le problème de brin sortant -qui limite la vitesse- provenant du poste amont qui est le toronnage, et la mauvaise soudure lors de soudage des deux boues des torons au début de la ligne d'isolation.

#### Brin sortant

Pour bien cibler la source du brin sortant, on a fait une analyse des données sur la fréquence d'occurrence de ce problème pendant les trois mois 03-04-05 de l'année 2022: On a trouvé que le brin sortant apparaît trop dans les sections 1 et 2 mm<sup>2</sup>, et à partir des programmes de production, nous avons trouvé que ces sections se fabriquent dans les toronneuses CB03, CB51 et CB07.

Donc, on va s'intéresser à analyser et trouver les causes de brin sortant dans ces toronneuses et qui sont :



Figure 104: brin sortant d'un toron

▪ Les causes brin sortant suivant le diagramme d'Ishikawa

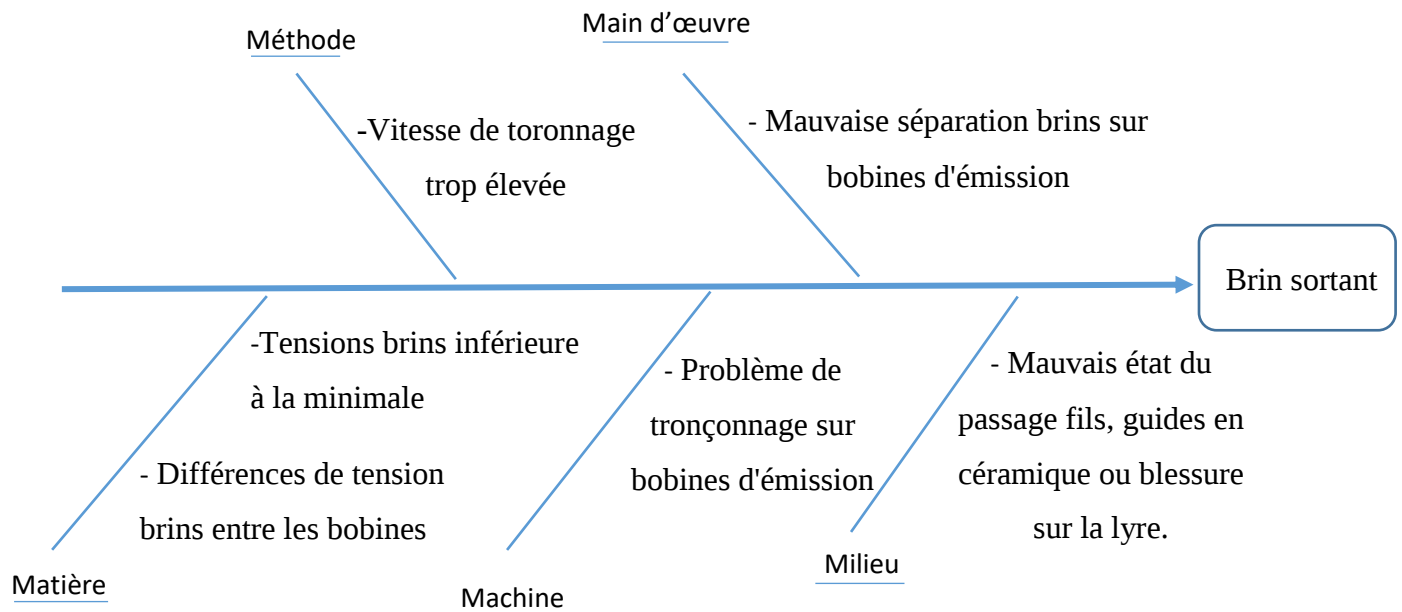


Figure 105: Diagramme ISHIKAWA brin sortant

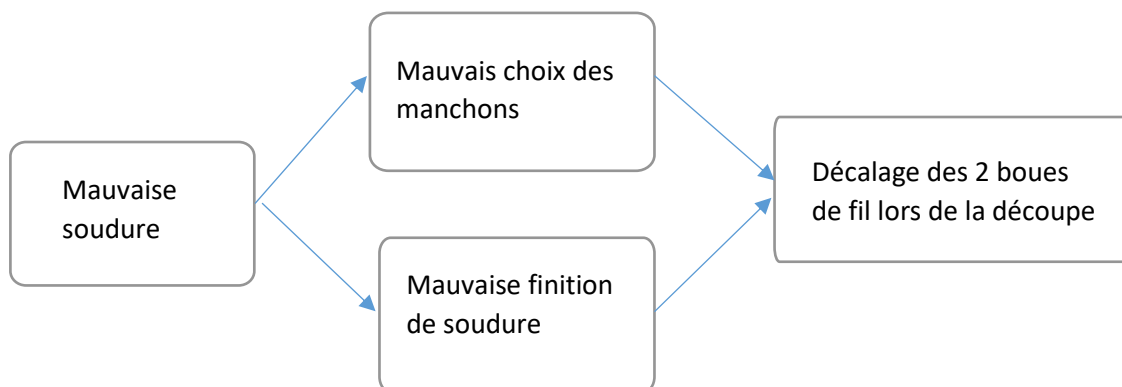
b. Plan d'action du brin sortant

| Item                | Description anomalie                                               | Photo                                                                               | Action                                                                                                                        | responsable        | Statut  |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------|
| <b>Brin sortant</b> | Différences de tension brins entre les tréfilés.                   |  | Formation des opérateurs sur l'adaptation des tensions de fils (la même valeur sur tous les brins)                            |                    |         |
|                     |                                                                    |                                                                                     | Vérifier les moyens de mesure de la tension (calibrage – fonctionnels)                                                        | Youness El idrissi | fait    |
|                     | Vitesse de freinage est désynchronisée avec la pression du pay-off |                                                                                     | Création des standards qui mentionnent la tolérance d'ajustement des paramètres avec formations fréquentielles des opérateurs | Youness El idrissi | Encours |

|  |                                                                     |                                                                                   |                                                                                                                                             |                                   |                     |
|--|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
|  | Passage fils :<br>-Mauvais enfilage<br><br>-Guides céramiques usées |  | -Autocontrôle de l'opérateur avant démarrage<br><br>-Remplacement des guides céramiques en fréquence régulière via des plans de maintenance | Chefs d'équipe<br><br>Aziz Chadli | Fait<br><br>Encours |
|  | Vitesse de toronnage trop élevée                                    |                                                                                   | Abaisser la vitesse de toronnage                                                                                                            |                                   |                     |
|  | Problème de tronçage                                                |  | Ajuster le trancannage (Régler les limites de trancannage le pas de trancannage et Lubrifier l'arbre de trancannage)                        |                                   |                     |

Tableau 24: Plan d'action du brin sortant

### Mauvaise soudure

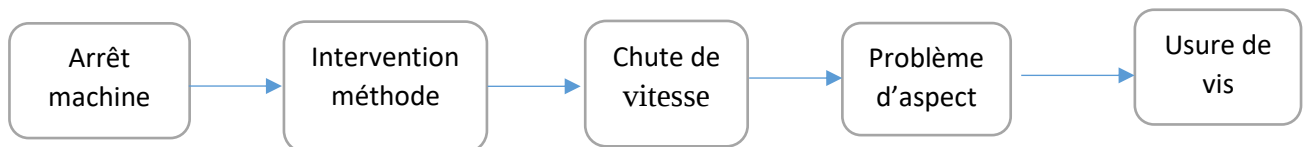


### c. Plan d'action de mauvaise soudure

| Item                | Description<br>anomalie                                         | Photo                                                                              | Action                                             | responsable         | Statut |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------|--------|
| Mauvaise<br>soudure | Mauvais<br>stockage des<br>fils<br>intermédiaires<br>de soudage |   | Acquisition des<br>petites bobines en<br>plastique | Mohammed<br>Fartoum | Fait   |
|                     | Mauvaise<br>découpe des<br>bouts des<br>torons                  |   | Acquisition des<br>nouvelles pinces de<br>découpe  | Aziz Chadli         | Fait   |
|                     | Manchon non<br>adaptée                                          |  | Changer les<br>dimensions du<br>manchon            | Mohammed<br>Fartoum | Fait   |

Tableau 25: Plan d'action de mauvaise soudure

### Chute de vitesse



### d. Plan d'action de chute de vitesse

On va procéder par une étude de la vis d'extrusion (voir étude de vis d'extrusion chapitre 4)

Problème d'aspect de câble (voir annexe 5)

### Conclusion

Dans ce chapitre, on a pu mesurer le TRS actuel de la ligne d'extrusion LE07., on s'est focalisé sur l'étude des causes de temps d'arrêts de la ligne par une étude AMDEC. Et enfin on a élaboré un plan d'action qui concerne tous les services pour participer dans la diminution du temps d'arrêt

Projet de fin d'étude –ingénierie

En Conception Mécanique & Innovation



## *Chapitre 4 : optimisation de la vis d'extrusion/ calcul de capabilité et validation processus*

## Introduction

L'extrusion mono vis est un processus de transformation. La vis d'extrusion est la clé du bon fonctionnement de l'extrudeuse, elle fond, homogénéise et pompe la matière fondue à travers la filière pour donner au produit fini sa forme finale. Le portrait des vis que l'on retrouve sur le marché aujourd'hui n'est pas très diversifié et les vis semblent, en général, mal adaptées aux besoins particuliers des entreprises de transformation et manufacturiers de vis n'ont aucune démarche de conception proprement dite qui leur permet de choisir ou de fabriquer les vis d'extrusion dont ils ont besoin, une conception énormément utilisée est la vis dite "conventionnelle" pour cela on va procéder par un redimensionnement de la vis

La Maîtrise Statistique de Processus est l'ensemble des méthodes et des actions permettant d'évaluer de façon statistique les performances d'un processus de production, et de décider de le régler, si nécessaire, pour maintenir les caractéristiques des produits stables et conformes aux spécifications retenues. La « MSP » est alors un ensemble de techniques utiles pour atteindre une certaine stabilité du procédé et réduire progressivement la variabilité. Pour cela on va s'orienter vers une étude de capabilité pour la validation finale de lancement de ce produit en termes de conformités et de qualité selon les normes internes du groupe SWS international. L'outil de base de la MSP que nous étudierons est la carte de contrôle. Ces cartes représentent un ensemble de tests statistiques paramétriques de conformité

### I. Etude de la vis d'extrusion

Compte tenu de l'importance du processus d'extrusion et de la conception "intuitive" actuelle des vis d'extrusion, "l'esprit" de ce travail est d'établir une approche plus "rigoureuse" de la conception de ces vis pour fixer des critères d'optimisation qui répondent au vrai problème d'extrusion. Le but de cette étude est d'optimiser la vis d'extrusion selon les critères suivants : augmenter le niveau de mélange, réduire la température d'extrusion, augmenter la productivité, éliminer le problème d'usure et la stabilité du procédé d'isolation, en analysant la géométrie de la vis, à savoir : la profondeur et la longueur de la section d'alimentation, de fusion et de pompage, et l'angle de filetage.

Les solutions proposés dans la présente étude ; s'inspire de l'article "OPTIMISATION DES VIS D'EXTRUSION A L'AIDE DE LOGICIELS DE SIMULATION"

## 1. Besoins de l'entreprise

Ce transformateur de PVC désire résoudre un problème majeur qui est le problème d'aspect du câble pour augmenter la qualité de ses produits finis, aussi pour augmenter la cadence de production en améliorant la conception de ses vis d'extrusion

## 2. Objectifs

Augmenter la productivité et la qualité, baisser le nombre de nettoyages requis des lignes d'extrusion, minimiser la température du PVC fondu et minimiser la vitesse de glissement du solide afin de diminuer l'usure dans la zone d'alimentation

## 3. La problématique

Les principales causes qui donnent le problème d'aspect ce qui oblige une diminution de la vitesse linéaire dans la zone d'isolation sont les suivants :

- Mauvaise conception du filetage, On rapporte plusieurs situations où de telles sections semblent être la source d'un «blocage» de la vis d'extrusion ou même d'une dégradation importante de matière d'extrusion.
- Mauvaise qualité du mélange de matière extrudée : Les pigments présents dans la matière sortant de l'extrudeuse doivent être mélangés de manière à obtenir la couleur et la consistance souhaitée sans défauts de surface (espacement, stries et bulles)
- Mauvaise qualité de fonte du pvc : il faut obtenir une qualité de fusion permettant d'obtenir une bonne qualité de surface (selon les critères de l'entreprise), une meilleure résistance à l'impact et une dégradation thermique minimale
- Usure sévère dans la zone d'alimentation : éliminer, si possible, les problèmes d'usure très sévères rencontrés dans la zone d'alimentation des extrudeuses (ou zone de transport des solides)

Les problèmes énumérés précédemment ne se manifestent pas systématiquement sur toutes les lignes de production. Ils sont plutôt localisés suivant la taille de l'extrudeuse

### a. Etude d'usure des vis

Après examen de la vis à l'aide d'observations visuelles, on peut conclure qu'il y a beaucoup plus d'usure sur la vis que sur le baril. Nous avons également remarqué que de nombreuses vis

(notamment celles de diamètre 50 et 60 mm) présentent une usure très notable pouvant atteindre plus de 2 mm

Le corps principal de la vis et du filetage sont très usés ; les sillons laissés par le frottement du PVC surtout le recyclé montrent que le sens d'usure est parallèle au filetage, la matière recyclée s'avère plus abrasive que le PVC vierge en raison de la taille des flocons, de leur forme et de leur distribution aléatoire qui empêche les granulés de se cisailer et de diminuer les vitesses de glissement.

On peut alors dire que la forte usure dans la zone d'alimentation est sans doute due au coefficient d'usure élevé du matériau recyclé. Évidemment, pour réparer cela, vous pouvez utiliser des vis très dures avec une finition spéciale. Cependant, il est également possible de limiter l'ampleur du problème en réduisant la vitesse relative du glissement, qui peut être obtenue simplement par la relation suivante [1]

$$V_{\text{gliss}} = \frac{\text{dérivé de}(m)}{\text{section du canal}} = \frac{\dot{m}}{(\pi * D * \sin(\theta) - e) * H}$$

Avec :  $\dot{m}$ : débit de la matière plastique

Cette relation indique que la vitesse de glissement est indépendante de la vitesse de rotation de la vis et qu'elle dépend uniquement du débit et des paramètres géométriques de la vis. Ainsi, à débit nul, la vitesse de glissement est nulle et le polymère n'effectue qu'un mouvement de rotation pure avec la vis.

Alors pour minimiser  $V_{\text{gliss}}$ , avec un débit donné, il faut augmenter la section d'écoulement en augmentant à la fois la hauteur du canal et l'angle des filets.

La vis a été optimisée lors d'une analyse détaillée des zones (zone de transport des solides, zone de fusion et zone de pompage). Tout d'abord, la zone de pompage du polymère fondu a été étudiée. Le chercheur effectue une optimisation de la hauteur du canal et de l'angle des filets

L'étude de cette zone démontre principalement qu'il existe une hauteur optimale de canal ou encore un angle optimal de filets qui représente en fait, un compromis entre la poussée de solide par tour de vis (qui augmente avec la hauteur et l'angle car le volume déplacé est plus grand et l'effet de la friction des filets est moins)

Des angles de vis élevés favorisent la fusion. Le facteur géométrique le plus important est l'utilisation de sections multi-filets qui réduisent significativement la longueur de fusion et

l'utilisation des filets trapézoïdaux (au lieu d'être rectangulaires) peuvent aussi être intéressants en minimisant les surfaces de contacts avec la vis qui freinent le passage du polymère solide.

La réduction de la vitesse de glissement à l'origine de l'usure dans la zone d'alimentation est un point important et peut facilement améliorer la vitesse de glissement de la zone d'alimentation  $V_{\text{gliss}}$  sur la vis. Pour réduire davantage la vitesse de glissement, nous recommandons d'augmenter l'angle du filetage uniquement dans la section d'alimentation, ce qui augmentera considérablement la surface d'écoulement des solides. Par exemple, on pourrait envisager les 5 premiers tours de vis avec un angle décroissant partant de 17 jusqu'à 14 et donc le pas partant de 49 jusqu'à 40. De cette façon, on s'assure d'une transition douce entre les angles plus grands de la section de transport des solides

#### b. La qualité de fonte

Le PVC est un polymère très thermosensible qui semble donner lieu à des réactions de dégradation à la moindre addition de chaleur pour ça il faut atteindre une température d'extrusion idéale afin de rencontrer les critères mentionnés auparavant (qualité de surface, dégradation thermique minimale et bonne résistance à l'impact).

#### c. Stabilité d'extrusion

Il existe trois variables clés qui définissent la stabilité d'un procédé d'extrusion soient : la pression, la température et le débit. La stabilité du débit est sans doute la plus importante car elle assure une certaine stabilité dimensionnelle de l'extrudât. Il est pratiquement impossible d'opérer une extrudeuse avec une stabilité parfaite de ces paramètres, on tentera alors de minimiser les fluctuations de ceux-ci, une fluctuation de pression engendrera nécessairement une fluctuation de débit si la température est constante

Dans le cas des fluctuations de température, toujours accompagnées de fluctuations de pression et possiblement de fluctuations de débit. La fluctuation du débit ou est un problème fréquemment rencontré en extrusion qui limite la qualité des produits fabriqués

Des actions à prendre afin de réduire les inconvénients de la fluctuation du débit

- Augmentation des températures d'extrusion dans la section de transport des solides afin de fondre davantage les particules solides et diminuer la longueur de fusion ceci favorise l'action d'homogénéisation subséquente dans la vis
- Augmenter la vitesse de rotation de la vis à débit constant. Cette action agit en plusieurs points : réduction de la longueur de fusion, augmentation de la

contrepression (meilleur mélange), augmentation de l'action de mélange avec des cisaillements plus élevés, augmentation des températures

- Diminuer le débit si possible car la longueur de fusion est plus courte
- Utilisation de vis plus longues ce qui permet d'augmenter le temps de résidence de façon à avoir une meilleure homogénéisation et l'atteinte de températures plus élevées qui peuvent aider à la fonte de matière solide
- Diminuer la longueur de la section d'alimentation sera très efficace afin d'éliminer les surpressions

#### d. Mélange en extrusion

Le besoin de mélange dans l'extrusion est évident. De nombreux problèmes rencontrés par l'entreprise peuvent s'expliquer par un mauvais mélange. Le mélange dans la vis de l'extrudeuse s'effectue principalement en phase liquide, du moment où le polymère fond, l'écoulement du polymère au-dessus des filets de la vis offrent de meilleures conditions de mélange, cependant, le débit de matière passant au-dessus du filet ne représente qu'un faible pourcentage du débit total en sortie de filière et il en résulte un pauvre mélange. Il faut aussi comprendre que même en privilégiant des débits plus élevés au-dessus des filets, l'homogénéité du mélange ne sera pas aussi bonne. Une couche de polymère se formerait autour du baril et le centre de l'écoulement ne participerait que rarement à l'écoulement au-dessus du filet.

Cependant, la vis de l'extrudeuse n'est toujours pas un bon mélangeur. Le premier est l'inhomogénéité, ce qui est évident lorsque l'on considère les polymères près du baril qui subit beaucoup de recirculation et le polymère près du centre qui en subit beaucoup moins. Le besoin d'ajouter des sections de mélange aux vis d'extrusion est maintenant mieux compris, il va favoriser une certaine réorientation des interfaces et d'appliquer des déformations au polymère

#### e. Ajout et Modélisation du mélangeur

Le principe commun des mélangeurs fixés à la vis est de créer un écoulement permettant un certain niveau de déformation qui peut aisément se quantifier mathématiquement par le nombre de subdivisions que subit le polymère dans le mélangeur et une réorientation des interfaces

Le but visé par l'utilisation de ces mélangeurs est le bris de particules solides ou de gouttelettes liquides par le passage dans une région à haute contraintes de cisaillement et d'assurer une certaine homogénéité de cette dispersion

▪ Évaluation des mélangeurs :

| Type de mélangeur     | Perte de pression | Points morts | Balayage du baril | Facilité d'utilisation | Cout de fabrication | Uniformité du mélange |
|-----------------------|-------------------|--------------|-------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|
| Anneau d'étranglement | --                | 0            | -                 | +                      | +                   | -                     |
| Mélangeur Egan        | -                 | ++           | ++                | +                      | +                   | ++                    |
| Mélangeur UC          | -                 | -            | ++                | +                      | +                   | ++                    |
| Mélangeur Dray        | -                 | +            | +                 | +                      | +                   | -                     |
| Mélangeur Zorro       | ++                | ++           | ++                | +                      | -                   | ++                    |
| Mélangeur EKV         | --                | --           | +                 | +                      | +                   | +                     |
| Mélangeur planétaire  | 0                 | ++           | ++                | +                      | -                   | ++                    |

Tableau 26 : Comparaison des différents mélangeurs

Légende : ++ = très bon ; + = bon ; 0 = neutre ; - = faible ; -- = très faible.



Figure 106: Exemple d'un mélangeur

Une étude qui utilise 19 conceptions de vis différentes, son résultats révèlent que le mélange est optimisé par des mélangeurs de type Egan

La température d'extrusion est minimisée par une vis plus efficace mais surtout, par une conception intelligente du mélangeur, la vis permet de gagner environ 5°C sur la température d'extrusion. Le mélangeur permet d'éviter de mauvaises conceptions, de sorte qu'il n'y ait pas d'échauffements importants. Ainsi le mélangeur, bien qu'il produise un échauffement systématique du PVC (14°C), est un élément qui permet de gagner, dans la réalité, 10 ou même 15°C sur la température d'extrusion [1]

#### 4. Les paramètres de la vis d'extrusion et la conception proposés

|                                          | la zone d'alimentation | La zone de fusion | La zone pompage                                                      |
|------------------------------------------|------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>Longueur (mm)</b>                     | 300                    | 245               | 675                                                                  |
| <b>Pas (mm)</b>                          | Allant de 49 à 40      | 46                | 2 filet ; 1 <sup>er</sup> : P = 52<br>2 <sup>ème</sup> : P = 50 à 40 |
| <b>L'angle <math>\theta</math> (deg)</b> | Allant de 17,3 à 14    | 16,3              | 1 <sup>er</sup> : 18,3<br>2 <sup>ème</sup> : 17,6 à 14               |
| <b>Diamètre interne (mm)</b>             | 33,7 à 35,7            | 35,7 à 37,7       | 37,7 à 43,3                                                          |
| <b>Diamètre nominale (mm)</b>            | 50                     | 50                | 50                                                                   |

Tableau 27: Les paramètres optimisés de la vis d'extrusion

Voici ci-dessous la conception de la vis d'extrusion sur le logiciel CATIA V5 :

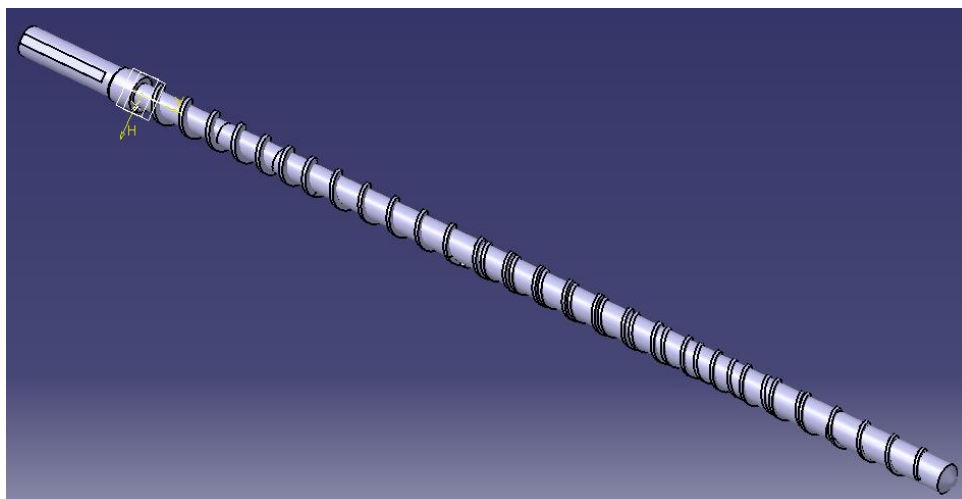


Figure 107: la nouvelle conception proposée de la vis d'extrusion multi-sections sur CATIA V5

## II. Calcul de capabilité et validation processus

Le principe de base des cartes de contrôle c'est qu'il n'est pas possible d'éliminer complètement la variabilité, mais les cartes de contrôle sont des outils efficaces pour réduire la variabilité autant que possible, jusqu'à un niveau jugé acceptable. Les cartes de contrôle sont utilisées pour suivre l'évolution des procédés dans le temps et les contrôler de façon éclairée afin d'apporter des actions correctives avant de produire des pièces hors tolérances.

Dans cette étape, on va se concentrer sur les trois tests critiques et vérifier la dispersion et le centrage des mesures des différents échantillons par le calcul de Cp et Cpk

### 1. Epaisseur d'isolation

Ce test permet de mesurer l'épaisseur minimale et maximale de l'isolant, donc pour mesurer cette épaisseur on procède comme suit :

1. Séparer le cuivre de l'isolant pour chaque échantillon.
2. Couper l'isolant sous forme des rondelles minces.
3. Déposer 5 rondelles dans le projecteur profil.
4. Mesurer pour trois positions l'épaisseur minimale et prendre la moyenne
5. Répéter ces mesures pour 30 échantillons.

| Numéro échantillon<br>n | Mesure | N° | Mesure | N° | Mesure |
|-------------------------|--------|----|--------|----|--------|
| 1                       | 0,290  | 11 | 0,296  | 21 | 0,301  |
| 2                       | 0,286  | 12 | 0,290  | 22 | 0,308  |
| 3                       | 0,304  | 13 | 0,310  | 23 | 0,305  |
| 4                       | 0,273  | 14 | 0,294  | 24 | 0,296  |
| 5                       | 0,288  | 15 | 0,269  | 25 | 0,306  |
| 6                       | 0,292  | 16 | 0,300  | 26 | 0,288  |
| 7                       | 0,294  | 17 | 0,305  | 27 | 0,287  |
| 8                       | 0,303  | 18 | 0,288  | 28 | 0,285  |
| 9                       | 0,289  | 19 | 0,298  | 29 | 0,292  |
| 10                      | 0,306  | 20 | 0,304  | 30 | 0,299  |

Tableau 28: mesures de l'épaisseur isolant pour 30 échantillons

On va commencer par détermination des valeurs qui nous permet de calculer la capabilité

LST : limite de tolérance supérieure, LST= 0.350mm

LIT : limite de tolérance inférieure, LIT=0.230mm

La moyenne  $X_m$  représente la tendance centrale des données  $X_i$  et se calcule ainsi

$$X_m = \frac{\sum_1^n X_i}{n} = 0.30\text{mm}$$

Où  $n$  = nombre de mesure dans la population

L'écart-type est une mesure de la dispersion des données qui s'obtient par l'équation suivant

$$\sigma = \frac{\sum_1^n (X_i - X_m)^2}{n - 1} = 0,008$$

Aptitude d'un procédé : L'aptitude d'un procédé se définit par sa capacité de générer des produits à l'intérieur des limites de spécification. On exprime l'aptitude du procédé par des indices  $C_p$  et  $C_{pk}$

L'indice  $C_p$  compare la largeur de la plage de spécification à la largeur de la distribution des mesures dont on considère que les extrémités sont  $X_m + 3\sigma$

$$C_p = \frac{LST - LIT}{6\sigma} = \frac{0,35 - 0,23}{6 * 0,008} = 2,5 > 2$$

Donc le processus est capable

On remarque que le  $C_p$  ne tient pas compte de la position de la moyenne. D'où le développement de l'indice  $C_{pk}$ .

$$LCPK = \frac{X_m - LIT}{3\sigma} = \frac{0,3 - 0,23}{3 * 0,008} = 2,66$$

$$UCPK = \frac{LST - X_m}{3\sigma} = \frac{0,35 - 0,3}{3 * 0,008} = 2,22$$

$C_{pk} = \min(LCPK, UCPK) = 2.22 > 1.67$  donc la distribution est centrée

Idéalement,  $C_{pk}$  égale  $C_p$ , et toute différence indique que la moyenne s'écarte du centre des spécifications.

La figure ci-dessous illustre la loi normale des valeurs d'épaisseur d'isolation (figure 107).

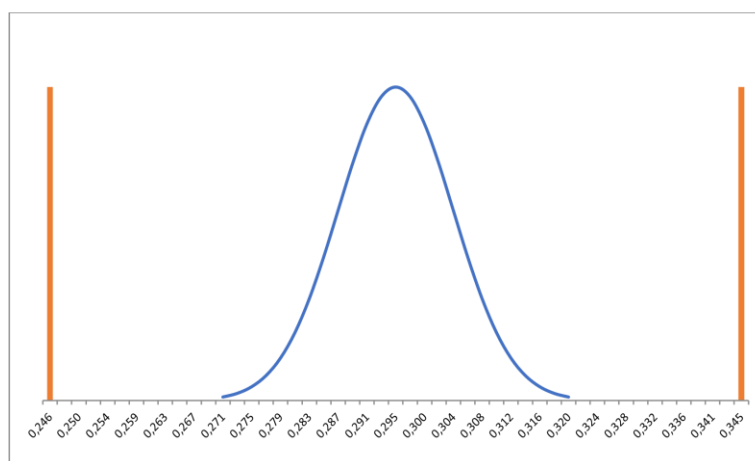


Figure 108: loi normale des mesure d'épaisseur d'isolation

## 2. Diamètre extérieur

Ce test permet de mesurer le diamètre extérieur du câble, donc pour mesurer ce diamètre, on utilise le micromètre laser qui nous donne les valeurs numériques exactes :

| Numéro échantillon<br>n | Mesure | N° | Mesure | N° | Mesure |
|-------------------------|--------|----|--------|----|--------|
| 1                       | 1,324  | 11 | 1,326  | 21 | 1,328  |
| 2                       | 1,326  | 12 | 1,329  | 22 | 1,325  |
| 3                       | 1,329  | 13 | 1,323  | 23 | 1,326  |
| 4                       | 1,323  | 14 | 1,324  | 24 | 1,324  |
| 5                       | 1,324  | 15 | 1,325  | 25 | 1,328  |
| 6                       | 1,328  | 16 | 1,322  | 26 | 1,327  |
| 7                       | 1,326  | 17 | 1,320  | 27 | 1,325  |
| 8                       | 1,326  | 18 | 1,321  | 28 | 1,328  |
| 9                       | 1,322  | 19 | 1,325  | 29 | 1,330  |
| 10                      | 1,328  | 20 | 1,326  | 30 | 1,326  |

Tableau 29: mesure du diamètre extérieur pour 30 échantillons

LST : limite de tolérance supérieure, LST= 1.35mm

LIT : limite de tolérance inférieure, LIT=1.30mm

La moyenne  $\bar{X}_m$  représente la tendance centrale des données  $X_i$  et se calcule ainsi

$$Xm = \frac{\sum_1^n Xi}{n} = 1.33\text{mm}$$

L'écart-type est une mesure de la dispersion des données qui s'obtient par l'équation suivant

$$\sigma = \frac{\sum_1^n (Xi - Xm)^2}{n - 1} = 0,002$$

$$Cp = \frac{LST - LIT}{6\sigma} = \frac{1,35 - 1,3}{6 * 0,002} = 3,37 > 2$$

Donc le moyen est capable

$$LCPK = \frac{Xm - LIT}{3\sigma} = \frac{1,33 - 1,3}{3 * 0,002} = 3,43$$

$$UCPK = \frac{LST - Xm}{3\sigma} = \frac{1,35 - 1,33}{3 * 0,002} = 3,37$$

$Cpk = \min (LCPK, UCPK) = 3,37 > 1.67$  donc la distribution est centrée

La figure ci-dessous illustre la loi normale des valeurs du diamètre extérieur (figure 108).

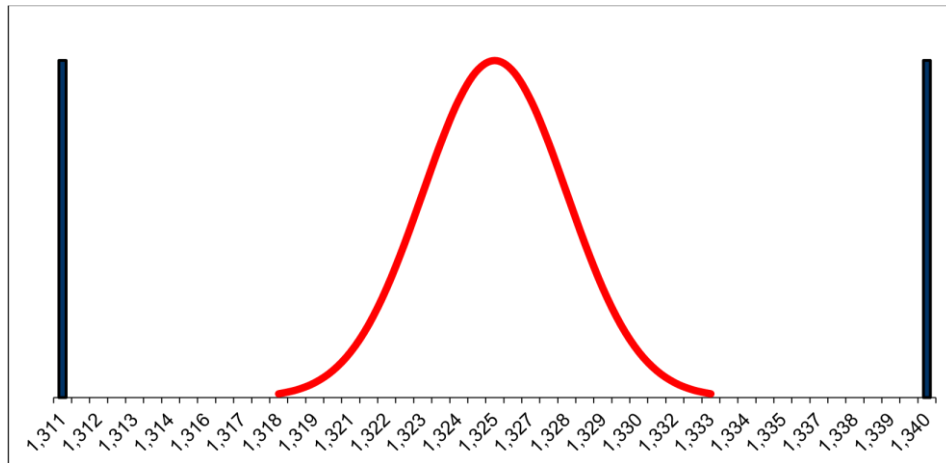


Figure 109: loi normale des mesures du diamètre extérieure

### 3. Résistance ohmique

Ce test permet de mesurer la résistance ohmique du fil conducteur, donc pour la mesurer, on utilise un appareil qui s'appelle ohmic résistance avec la méthode suivante :

- Prendre 180cm de câble.
- Dénuder 28cm des deux extrémités du câble.

- Fixer les deux boues du fil conducteur dans l'appareil.
- Lancer la mesure et répéter ceci pour 30 échantillons

| Numéro échantillon<br>n | Mesure | N° | Mesure | N° | Mesure |
|-------------------------|--------|----|--------|----|--------|
| 1                       | 53,796 | 11 | 53,656 | 21 | 53,530 |
| 2                       | 53,766 | 12 | 53,549 | 22 | 53,510 |
| 3                       | 53,762 | 13 | 53,526 | 23 | 53,488 |
| 4                       | 53,755 | 14 | 53,514 | 24 | 53,479 |
| 5                       | 53,766 | 15 | 53,574 | 25 | 53,922 |
| 6                       | 53,767 | 16 | 53,594 | 26 | 53,915 |
| 7                       | 53,545 | 17 | 53,564 | 27 | 53,917 |
| 8                       | 53,555 | 18 | 53,522 | 28 | 53,715 |
| 9                       | 53,565 | 19 | 53,520 | 29 | 53,727 |
| 10                      | 53,663 | 20 | 53,540 | 30 | 53,725 |

Tableau 30: mesure de la résistance ohmique pour 30 échantillons

LST : limite de tolérance supérieure, LST= 54.4  $\Omega$ /m

LIT : limite de tolérance inférieure, LIT = 50  $\Omega$ /m

La moyenne  $X_m$  représente la tendance centrale des données  $X_i$  et se calcule ainsi

$$X_m = \frac{\sum_1^n X_i}{n} = 53.65 \text{ } \Omega/\text{m}$$

L'écart-type est une mesure de la dispersion des données qui s'obtient par l'équation suivant

$$\sigma = \frac{\sum_1^n (X_i - X_m)^2}{n - 1} = 0,136$$

$$C_p = \frac{LST - LIT}{6\sigma} = \frac{54,4 - 50}{6 * 0,136} = 5,38 > 2$$

Donc le moyen est capable

$$LCPK = \frac{X_m - LIT}{3\sigma} = \frac{53,65 - 50}{3 * 0,136} = 8,92$$

$$UCPK = \frac{LST - X_m}{3\sigma} = \frac{54,4 - 53,65}{3 * 0,136} = 1,84$$

$Cpk = \min (LCPK, UCPK) = 1,84 > 1.67$  donc la distribution est centrée

La figure ci-dessous illustre la loi normale des valeurs d'épaisseur d'isolation (figure 109).

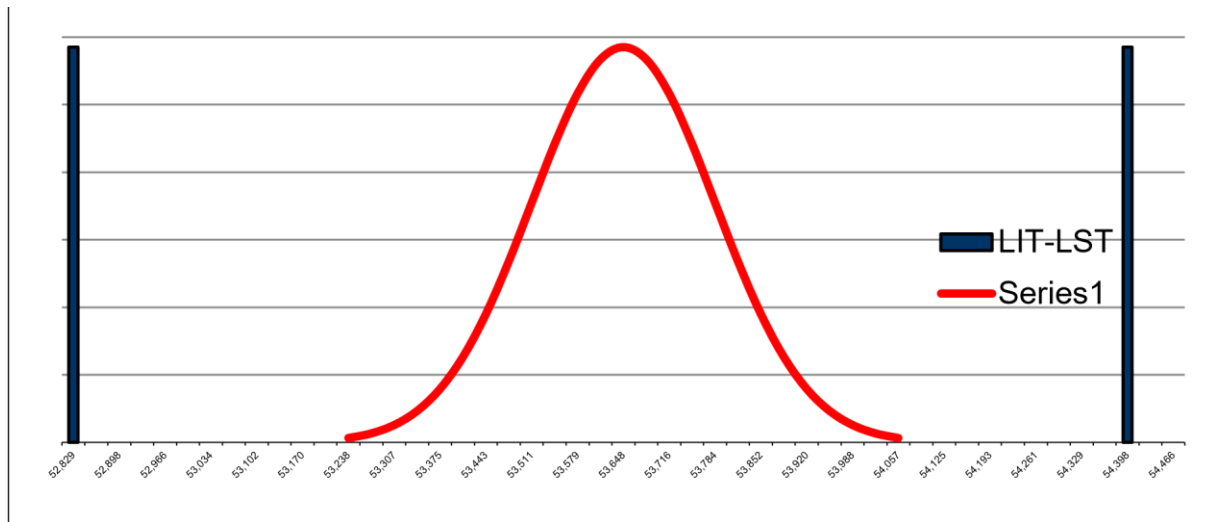


Figure 110: loi normal des mesures de la résistance ohmique

### Déduction :

Après avoir trouvé les valeurs de Cpk dans les normes internationales des exigences. On ne peut que valider la capacité de la ligne LE07. Toutefois, afin de respecter les normes SWS, on a envoyé les résultats au service qualité du groupe SWS pour les valider à l'échelle internationale.

### Conclusion

En guise de conclusion, dans ce chapitre on a pu proposer des solutions techniques de telle sorte à assurer l'installation optimale et améliorer la performance de la nouvelle ligne au niveau écoulement, échauffement et refroidissement de la matière plastique aussi valider l'installation en termes de qualité.

Projet de fin d'étude –ingénierie

En Conception Mécanique & Innovation



## *Chapitre 5 :*

### *Modélisation et dimensionnement d'une Construction Métallique isolée/Conception des gardes corps*

## Introduction

L'amélioration continue du processus et l'optimisation des performances industrielles de l'usine reste un souci éternel. Pour se faire, la deuxième partie du projet consiste à ouvrir un chantier Kaizen. Dans ce chapitre on va opter d'une part, pour une réalisation d'une construction métallique isolée, d'autre part la conception des gardes corps.

### Poste 1 : Modélisation et dimensionnement d'une Construction Métallique Isolée

Autrefois, la charpente métallique était utilisée dans les constructions industrielles. En effet, elle a l'avantage d'être résistante aux intempéries et de s'accorder aux petits comme aux grands bâtiments. Elle peut aussi convenir à tout type d'isolation permettant de maintenir une utilisation quotidienne.

#### Etat avant

Trois bureaux (deux pour bureau méthode et un pour la maintenance) sont équipés d'ordinateurs et les fichiers sont stockés de manière aléatoire dans des endroits non protégés de l'usine donc la modélisation d'une structure métallique est indispensable pour protéger les bureaux et organiser l'espace de travail



Figure 111: espace déclaration

Aussi que tous les opérateurs, techniciens et ingénieurs se plaignent de nuisances sonores dans l'usine qui peut être la cause d'un malentendu et une source d'incompréhension quand il vient à rencontrer un membre administratif avec les opérateurs. Ils doivent faire beaucoup d'efforts pour arriver à un accord, pour qu'ils puissent s'entendre ils ont dans l'obligation de parler à haute voix et parfois, les informations n'arrivent pas ou arrivent incomplètes dans ces conditions de nuisance sonore, ce problème se manifeste dans plusieurs cas comme la formation de sécurité qui s'établit dans un bureau localisé à l'usine, la formation ou sensibilisation du personnel... le bruit dans des postes dépasse 85 dB.

J'ai chronométré le temps qu'un chef de production passe en discussion avec son équipe pendant la deuxième semaine du mois juin

| période       | Nombre de réunions | Temps total (min) |
|---------------|--------------------|-------------------|
| <b>Jour 1</b> | 3                  | 109               |
| <b>Jour2</b>  | 2                  | 67                |
| <b>Jour 3</b> | 3                  | 87                |
| <b>Jour4</b>  | 5                  | 135               |
| <b>Jour5</b>  | 3                  | 58                |
| <b>Jour6</b>  | 2                  | 40                |

Tableau 31: crouométrage des temps des réunion à l'intérieur de l'usine

Le responsable de production m'a confirmé la nécessité de cette structure et la praticité de la solution

## Etat après

La réalisation d'une construction professionnelle dans l'usine est nécessaire pour protéger les bureaux des bruits des machines et aussi pour organiser les dossiers et les tableaux de la maintenance préventive...

La mise en œuvre de l'isolation permet de maintenir un **confort d'utilisation** au quotidien. Afin d'éviter des nuisances sonore et aussi des déperditions de chaleur, les montées de température lors des périodes de grosses chaleurs et aussi va nous servir bien en diminution du temps des réunions à l'intérieure de l'usine



Figure 112: structure métallique isolée en panneau sandwich

## I. Isolation de la construction métallique

### 1. Doublage d'un mur

Le revêtement des murs avec de l'isolant peut réduire le bruit. Il existe le doublage prêt à coller et le doublage à l'aide d'une ossature. Habiller les murs avec des ossatures consiste à poser une ossature bois ou métallique sur le mur existant (une ossature métallique garantira un meilleur confort acoustique). Ensuite, nous placerons un panneau isolant souple. Surtout, cet isolant ne doit pas être comprimé pour garantir ses performances acoustiques

Les performances thermiques et acoustiques d'un vitrage ne sont pas corrélées. Le triple vitrage par exemple, est plus performant thermiquement que le double vitrage mais ne vous apportera pas de plus-value sur le plan acoustique. Les meilleurs résultats acoustiques seront obtenus en plaçant une double fenêtre avec un espace d'au moins 15 cm

De la même manière que pour les fenêtres, des joints peuvent permettre à moindre frais d'améliorer isolation acoustique.

## 2. Les meilleurs isolants phoniques

On souhaite isoler la charpente car tous les fonctionnaires souffrent d'inconfort sonore lors des réunions et discussions et je voudrais en profiter pour corriger aussi les problèmes de désorganisation des documents et ordinateurs. La manière de procéder et les matériaux utilisés pour l'isolation phonique vont concilier aussi l'isolation thermique et heureusement, certains isolants sont performants dans les deux cas.

Les ondes sonores sont d'abord réfléchies et absorbées par la première partie de paroi rigide. Le matériau "ressort" est un isolant flexible qui se trouve entre les deux murs et absorbe ensuite le bruit du reste. Enfin, une deuxième paroi rigide peut réfléchir une autre partie sur l'isolant souple. Parmi les meilleurs isolants qu'on peut utiliser on trouve :

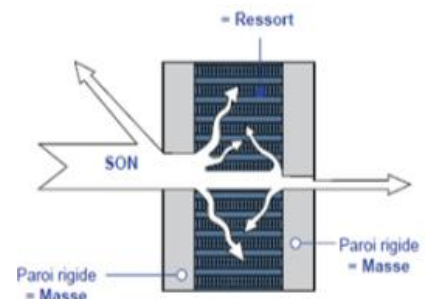


Figure 113: principe d'affaiblissement acoustique : système masse-ressort-masse

- La ouate de cellulose : Probablement le meilleur choix pour l'isolation phonique. A épaisseur et densité égales, ce matériau isolant surpassera la laine de verre.
- Le liège : largement utilisé pour traiter les problèmes acoustiques
- La fibre de bois : Il existe de nombreux produits différents, ce qui permet de trouver celui qui convient aux problèmes acoustiques. C'est l'un des meilleurs matériaux d'insonorisation
- La paille : La mise en œuvre lors de la construction de la maison en paille garantit un très bon confort acoustique



Ouate de cellulose



Liège



Fibre de bois



Paille

Figure 114: quelque isolant

- Laine de mouton : cet isolant se révèle aussi efficace que des produits conventionnels.
- Pan-terre : Le système est un panneau rigide composé de cellulose et de lin, spécialement développé pour une utilisation acoustique, il est donc très efficace mais a un prix élevé
- Laine de verre / laine de roche : les laines minérales sont des isolants qui se révèlent efficaces sur le plan acoustique depuis un certain nombre d'années.
- La brique : on peut l'utiliser soit dans un système « masse » avec par exemple une brique mono mur, soit dans un système « masse-ressort-masse » avec une double cloison séparée d'un isolant.

- Le béton cellulaire : utilisable en cloison ou pour un mur, ce matériau est aussi efficace que la brique en affaiblissement.
- Le parpaing : il présente de bonnes valeurs d'affaiblissement acoustique, légèrement meilleures que la brique ou le béton cellulaire.
- Les briques chaux-chanvre : Ces briques présentent de nombreux avantages et peuvent être utilisées pour diviser les espaces et les murs d'une maison. C'est un nouveau matériau très prometteur car l'indice d'affaiblissement mesuré est très bon, supérieur à celui de la brique et du béton poreux.

Les comparaisons entre les différents matériaux sont assez risquées car la mise en œuvre et le contexte de ceux-ci vont beaucoup jouer dans l'atténuation du bruit.

### 3. La solution adoptée et son avantages

Pour isoler notre structure en charpente métallique nous avons choisi d'utiliser les panneaux sandwich avec soit la laine de verre ou de roche comme matériau isolant. Le choix sera fait en fonction des besoins définis lors de la création de cahier des charges.

Le panneau sandwich est constitué d'une couche de matériau isolant entre 2 plaques de matériaux profilés. C'est un qui peut servir aussi bien en bardage qu'en couverture. Selon la qualité du matériau isolant il peut avoir des performances en isolation acoustique et thermique, étanchéité, résistance au feu. La plaque extérieure peut être de différentes couleurs apportant ainsi un plus en esthétique architecturale.



Figure 115: Les panneaux sandwich

La laine de verre est un matériau isolant thermique d'aspect laineux. Obtenue par la fusion de sable et de verre recyclé. Elle est utilisée pour le traitement de correction thermique, phonique et d'absorption acoustique.



Figure 116: La laine de verre

La laine de verre est l'une des isolants les plus prisés du moment. Elle procure à la fois une isolation thermique et acoustique. En effet, elle réduit la transmission du son extérieur et garde la température souhaitée.

Une isolation en laine de verre requiert un certain savoir-faire. Néanmoins, les travaux peuvent être faits soi-même. Pour ce faire, il convient de bien préparer la structure d'accueil de l'isolant pour qu'elle puisse tenir en place. Ensuite, il faut insérer la laine de verre entre les chevrons des panneaux

La laine de roche est issue d'un matériau naturel «Le Basalte ».

Elle est utilisée comme isolant acoustique et thermique, mais également dans le cadre de la **protection contre l'incendie**.

On la trouve sous forme

- de rouleaux,
- de panneaux rigides de différentes épaisseurs,
- de coquilles dans le cadre du calorifugeage
- et de flocons pour l'épandage mécanique ou manuel.



Figure 117: La laine de roche

Elle est dotée d'une performance thermique et acoustique. Elle offre un bon niveau de température en saison estivale et hivernale.

Pour isoler une charpente métallique avec de la laine de roche, voici les démarches à suivre :

- S'assurer de l'état de la charpente

Avant d'effectuer la pose, il est indispensable de s'attarder sur l'état de la toiture. Cette dernière ne doit en aucun cas porter de traces d'humidité ou être envahie par les insectes. Cela risquerait de nuire à la qualité et la performance de l'isolant.

- Définir le nombre de couches à poser

Ensuite, il faut définir le nombre de couches à poser en fonction de certains critères : zone géographique, condition climatique, attentes et budget. L'isolation en simple couche est plus économique et facile. Avant tout, il faut mesurer les écarts entre les chevrons et découper l'isolant. Ensuite, la laine découpée doit être placée délicatement entre les chevrons.

## II. La modélisation de la construction

### 1. Caractéristiques géométriques

Les types courants de structure comportent les portiques, les poutres treillis et la construction treillis... Sur la base de discussions avec mon parrain industriel et son équipe qui ont montré la nécessité de cette structure, nous avons abouti à ces dimensions : La forme en plan de la structure est de forme rectangulaire et elle sera constituée de quatre parties

- Une zone pour la disposition des ordinateurs
- Une zone de maintenance préventive ; changement des composants, affichage des Plans de Maintenance Préventive...
- Vestiaire
- Une zone pour l'organisation des dossiers et la documentation

- Longueur totale de la structure (long- pan) : 10 m
- Largeur totale (pignon) : 8 m
- Hauteur totale du hangar : 2m
- Hauteur des poteaux : 2 m
- Surface totale du hangar : 80m<sup>2</sup>

## 2. Matériaux utilisé

Je choisis L'acier pour la construction de cette structure, L'acier est utilisé seulement pour les éléments de structure et pour le revêtement on va utiliser les panneaux sandwich.

La nuance choisie pour la réalisation de ce projet est S235.

| Nuance d'acier (EN10025) | Epaisseur t en mm |             |              |             |
|--------------------------|-------------------|-------------|--------------|-------------|
|                          | t < 40 mm         |             | 40 < t < 100 |             |
|                          | Fy (N /mm2)       | Fu (N /mm2) | Fy (N /mm2)  | Fu (N /mm2) |
| <b>Fe 360</b>            | 235               | 360         | 215          | 340         |
| <b>Fe 430</b>            | 275               | 430         | 255          | 410         |
| <b>Fe510</b>             | 355               | 510         | 355          | 490         |

Tableau 32: Valeurs nominales de fy et fu

### i. Durabilité :

L'acier de construction doit satisfaire les conditions suivantes :

- Le rapport  $f_u / f_y > 1,2$
- La déformation ultime doit être supérieure à 20 fois la déformation élastique ( $\geq 20$ )
- A la rupture l'allongement relatif ultime doit être supérieur ou égal à 15 %.

### ii. Propriétés mécaniques :

- Masse volumique :  $\rho = 7850 \text{ Kg/m}^3$
- Module d'élasticité longitudinale :  $E = 210000 \text{ MPa}$
- Coefficient de poisson :  $\nu = 0,3$
- Coefficient de dilatation thermique  $\alpha = 12.10^{-6} \text{ par } ^\circ\text{C}$
- Module d'élasticité transversale  $G = E/2(1+\nu)$
- La résistance à la traction :  $f_u = 360 \text{ MPa}$ .
- La limite d'élasticité :  $f_y = 235 \text{ MPa}$ .

Les nuances de l'acier courantes et leurs résistances limites sont données par le règlement Eurocode 03.

### 3. Eléments de l'ouvrage

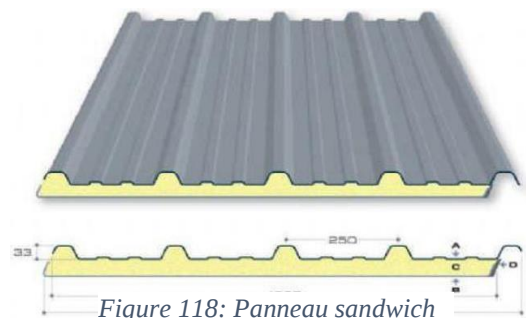
#### a. Couverture :

La couverture sera réalisée par des panneaux sandwichs, appelés aussi panneaux double peau monoblocs, ils sont constituées :

- De deux tôles de parement intérieur et extérieur.
- D'une âme en mousse isolante.
- De profils latéraux destinés à protéger l'isolant et réaliser des assemblages aisés.

Les panneaux sandwichs nous offrent plusieurs avantages on site :

- Le par vapeur
- L'isolation et l'étanchéité.
- Une bonne capacité portante.
- Un gain de temps appréciable au montage.



#### b. Les poteaux, les traverses, les pannes, les lisses et les contreventements

Sont des profils métalliques avec une section constante

#### c. Evaluations des charges

Pour la conception et le calcul de l'ouvrage objet de notre étude, les charges et actions suivante seront à considérer.

- Charges permanentes (poids propre des éléments constituant ; structuraux et aussi les éléments incorporés aux éléments porteurs tels que la couverture et le bardage.
- Bardage et couverture en panneaux sandwich :  $12.5 \text{ Kg /m}^2$
- Charges d'exploitation (la poussière de cuivre)
- Actions climatique (du vent).

Ces derniers ont une grande influence sur la stabilité de l'ouvrage. Pour cela, une étude approfondie est élaborée pour la détermination de ces différentes actions.

#### d. Assemblage

Un assemblage est un dispositif qui permet de réunir et de solidariser ces profiles entre elles, en assurant la transmission et la répartition correcte des diverses sollicitations. Les principaux types d'assemblages sont :

### i. Boulonnage

Le boulonnage est le moyen d'assemblage le plus utilisé en construction métallique du fait de sa facilité de mise en œuvre et des possibilités de réglage qu'il ménage sur site. Les boulons servant à créer une liaison de continuité entre élément au à assurer la transmission intégrale des efforts d'une partie à l'autre d'une construction.

### ii. Soudage

Le soudage est une opération qui consiste à joindre deux parties d'un même matériau avec un cordon de la soudure constituée d'un métal d'apport

### iii. Rivetage

Il assure une force de serrage et un assemblage par frottement des pièces rassemblées. Actuellement, cette technique est complètement abandonnée.

Pour l'assemblage de cette structure j'ai utilisé le boulonnage et le soudage

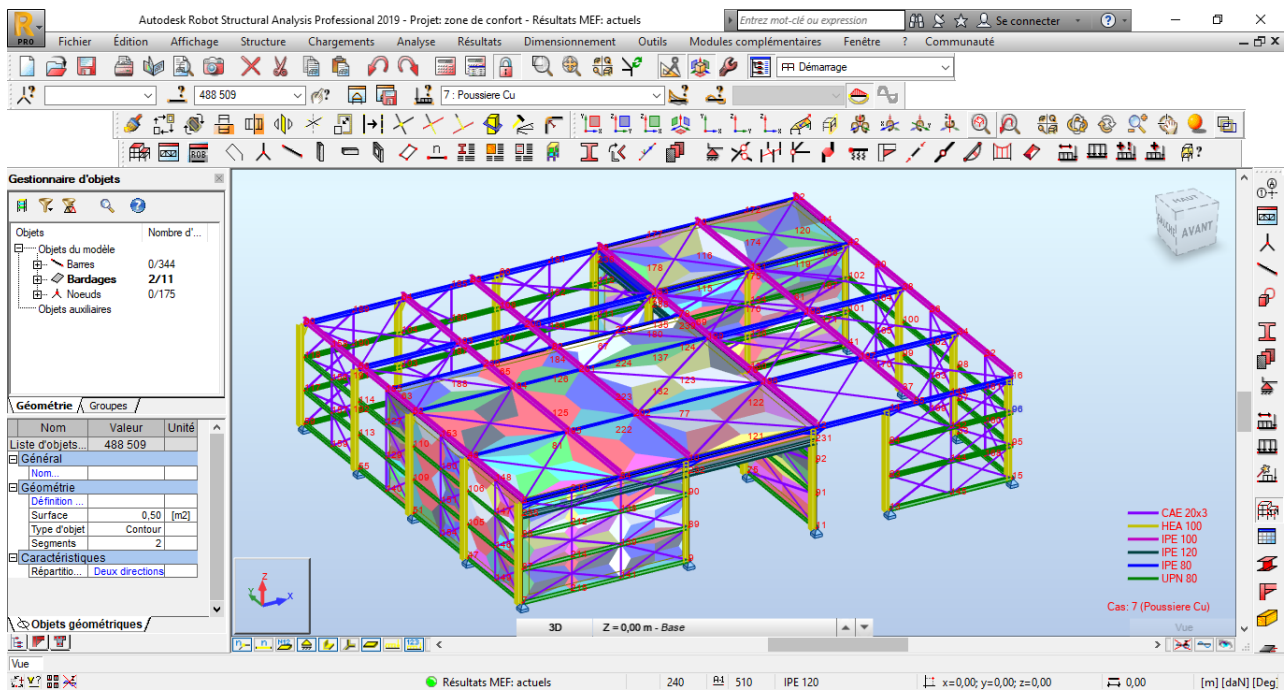


Figure 119: modélisation et dimensionnement de la structure sur Robot Structural Analysis

Les résultats de dimensionnement (voir annexe 4)

#### 4. Calcul du cout de la structure isolée

Voici un tableau des prix des profilés utilisée pour la construction :

| Poutre  | Prix/barre (dollar) | Longueur (m) |
|---------|---------------------|--------------|
| HEA 100 | 69,6                | 6            |
| IPE 100 | 51,7                | 6            |
| IPE80   | 38,3                | 6            |
| UPN 80  | 14,9                | 3            |

Tableau 33: les prix en dollar des profilés par m

Alors le cout de la structure métallique est de 711727 DH

Et voici le cout des éléments pour l'isolation :

- La laine de verre : 23 dollar/m<sup>2</sup>
- La laine de roche :
  - panneau rigide : 60 DH/m<sup>2</sup>
  - Panneau semi rigide : 41,76 DH/m<sup>2</sup>
- Les panneaux sandwich : 568,16 DH/m<sup>2</sup>

Alors le cout d'isolation si on utilise par exemple la laine de roche comme matériau isolant entre les deux panneaux, est de 10454.144 DH pour les panneaux et 1104 DH pour les panneaux rigide de la laine de roche

Le cout total d'isolation est de 11558.144 DH

Et donc le cout total de la structure isolée est de 723285.144 DH

#### Poste 2 : conception des gardes corps

Les garde-corps pour les machines et les installations industrielle est indispensable ayant la fonction de protection des personnes vis-à-vis des risques de chute aux endroits où il y a des composants avec des angles vifs. Les garde-corps de sécurité peuvent être utilisés pour un grand nombre de raisons dans des contextes logistiques, il est utile non seulement pour protéger les personnes mais aussi pour protéger la machine ou l'installation elle-même au cas d'accident lors du transport des bobines ou autre ; ils sont utilisés pour séparer les personnes (opérateurs, chefs d'équipes, responsables...) de machines industrielles telles que dans notre cas les installations de lubrification.

Etat avant

## Registre d'anomalies

Le tableau ci-dessous représente l'ensemble des anomalies détectés à l'usine câble.

| Date       | Description de l'anomalie                                                         | Description de la correction                                                                           | Date d'implémentation |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 14/03/2022 | Présence d'une fuite de lubrifiant au niveau de la garniture de TM03.             | Changement de la garniture                                                                             | 02/04/2022            |
| 30/03/2022 | Présence des filtres usés dans la zone extérieure.                                | Mettre en place des big bag pour mettre les filtres usés au niveau de centenaire des produits chimique | 30/03/2022            |
| 16/04/2022 | Présence d'une fuite de lubrifiant au niveau de la bride de resy TM01             | Serrage de bride et vérification d'étanchéités                                                         | 16/04/2022            |
| 27/04/2022 | Présence d'une fuite au niveau de la conduite d'eau de la machine LE02            | Serrage de la conduite d'eau                                                                           | 27/04/2022            |
| 09/05/2022 | Présence d'une caisse d'encre usée au niveau du sol sans bac de rétention en LE04 | Mettre la caisse d'encre directement au niveau du centenaire des produits chimiques                    | 09/05/2022            |
| 20/05/2022 | Présence des filtres usés dans la zone de tréfilage en TM01                       | Mettre les filtres usés au niveau de des déchets dangereux                                             | 20/05/2022            |

|            |                                                                                   |                                                                                                                                             |            |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 21/05/2022 | Présence de lubrifiant usé à côté de resy de la machine TM01                      | Sensibilisation de mettre le lubrifiant au niveau de cubitanaire dans la zone de stockage des produits chimiques ainsi mettre l'anti-mousse | 21/05/2022 |
| 01/06/2022 | Présence d'une fuite d'eau dans la zone TM04                                      | Réparation de la fuite                                                                                                                      | 01/06/2022 |
| 11/06/2022 | Présence de lubrifiant usé à côté de la zone de RBD à cause d'un fût non conforme | Changement de fût                                                                                                                           | 11/06/2022 |
| 13/06/2022 | Fuite de lubrifiant lors de nettoyage de resy de la machine RBD                   | Nettoyage de la zone                                                                                                                        | 13/06/2022 |
| 15/06/2022 | Présence de lubrifiant usé à côté de resy de la machine TM03                      | Sensibilisation de mettre le lubrifiant au niveau de cubitanaire dans la zone de stockage des produits chimiques ainsi mettre l'anti-mousse | 15/06/2022 |
| 17/09/2022 | Présence des filtres usés dans la zone de tréfilage en TM01                       | Mettre les filtres usés au niveau de centenaire des déchets dangereux                                                                       | 17/09/2022 |

Tableau 34: les anomalies détectées lors des visites à l'usine câble

Après l'analyse des anomalies, il est bien clair que l'anomalie la plus répétitive est celle de la fuite de lubrifiant. C'est pour cette raison que nous avons proposée au responsable HSE de lancer l'action à mettre un flotteur au niveau des resy, afin de détecter le niveau du lubrifiant et active la rotation du filtre et je vais également procéder à un design de garde du corps pour certaines installation de lubrification.



Figure 120: situation avant

### Etat après

Le garde-corps va être installé sur la circonférence de Resy ; une installation de refroidissement, il est impératif de faire installer ce garde-corps à cause du lubrifiant qui s'écoule parfois sur terre, il est essentiel de le poser en suivant la réglementation imposée pour cela il faut connaître les règles de construction applicables. Les justifications apportées sont en général : Adéquation du garde-corps et de son implantation en fonction de son environnement ; hauteur de protection, tenue mécanique, tenue des fixations et ancrage dans le support.

Selon la norme NF P01-012 (relative au dimensionnement), un garde-corps doit être haut d'au moins 1 mètre sur une plateforme. C'est la hauteur à partir de laquelle la sécurité des personnes peut être garantie. Cette exigence est applicable pour les garde-corps de fenêtre, les garde-corps rampants, les garde-corps de paliers, les garde-corps métalliques provisoires ou encore les garde-corps pour les installations et machines industrielle [3].

Il faut noter que le remplissage de la rambarde n'est obligatoire que lorsque la hauteur de chute est supérieure à 1 mètre ou l'inclinaison de la pente supérieure à 45 degrés alors le remplissage de notre garde-corps n'est pas imposé



Figure 121: situation après

### III. La modélisation des garde-corps

#### 1. Le niveau de résistance exigé pour un garde-corps

Le degré de résistance des garde-corps est indiqué aux articles de la **norme NF P01-013**. Pendant la fabrication de garde-corps, il faut opter pour des matériaux adéquats alliant résistance, robustesse et esthétique. Au nombre des matériaux les plus souvent utilisés, on peut recenser l'inox et le fer qui viennent en tête, suivis par l'aluminium et le bois, qui se font quand même plus rares. En outre, en fonction du lieu d'implantation, un niveau minimum de résistance est exigé : pour les garde-corps installés dans des lieux publics, le degré de résistance est d'au moins 1700 N/m, tandis que les installations d'une résidence privée peuvent présenter un niveau de résistance de 400 N/m [3].

#### 2. La conception proposée

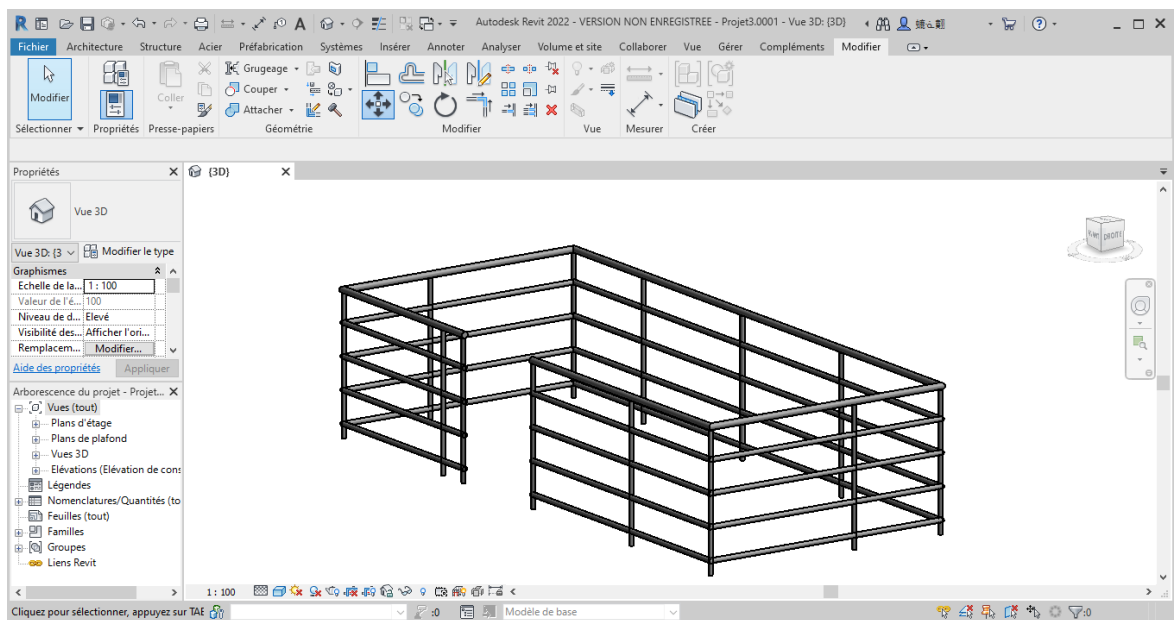


Figure 122: la conception du garde-corps sur REVIT

#### 3. L'installation

L'installation d'un garde-corps est une tâche très sérieuse qui ne doit pas être prise à la légère il est donc recommandé d'obtenir l'aide d'un professionnel pour ce type de projet. Le technicien spécialisé vous offre non seulement la garantie d'une installation parfaite, mais également celle du respect des normes en vigueur. Enfin, en cas d'accident causé par un garde-fou non conforme aux normes, la responsabilité du propriétaire ou celle du professionnel l'ayant installée pourra être engagée.

#### Conclusion :

En guise de conclusion, dans ce chapitre nous avons ouvert un chantier Kaizen pour proposer des solutions dans le cadre d'amélioration des performances industrielle de l'usine.

Projet de fin d'étude –ingénierie  
En Conception Mécanique & Innovation



## *Chapitre 6 :*

### *Suivi des actions et*

### *Étude technico économique du projet*

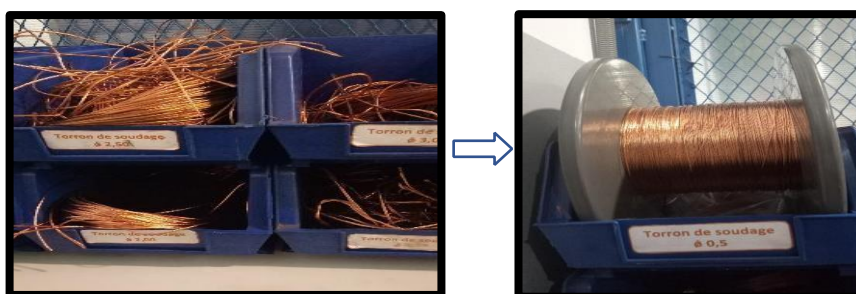
## Introduction

Dans ce chapitre on va suivre les actions d'amélioration et les différentes réalisations des plans d'action, ainsi qu'on va faire une étude technico économique pour chiffrer les gains en termes de cout.

### I. Suivi de la réalisation des actions :

#### Action N°1 : Acquisition des petites bobines

Création d'espace de stockage et acquisition des petites bobines en plastique : Cette solution va permettre une bonne maintenabilité des fils intermédiaires de soudage.



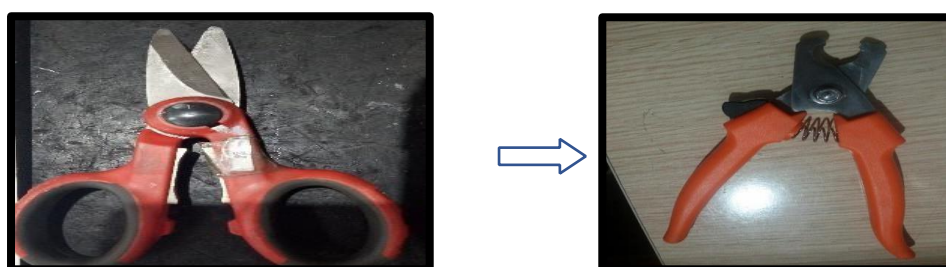
Avant

Après

Figure 123: bobines de stockage de fil intermédiaire

#### Action N°2 : Acquisition des nouvelles pinces de découpe

Avant, il y avait le problème d'une mauvaise découpe des deux boues pour le soudage à cause de la pince, on a changé les pinces avec une autre qui réalise une découpe horizontale.



Avant

Après

Figure 124: Nouveau pince de découpe des bouts de torons en cuivre

### Action N°3 : Changer la taille du manchon

Après une discussion avec les opérateurs, on a déduit que le type des manchons est inappropriée vu sa petite grandeur, car il est difficile à introduire les deux boues des torons au centre du manchon pour réaliser la soudure avec la petite taille du manchon en blanc. On a discuté avec le responsable méthode de remplacer cette référence avec une autre qui a une grandeur plus grande, pour assurer le maintien du manchon et par suite la facilité d'insérer le cuivre.

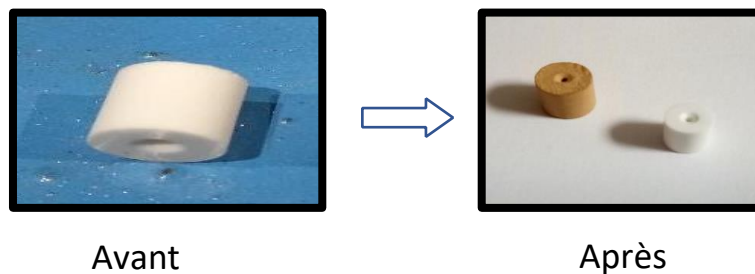


Figure 125: changement du type de manchon de soudure

## II. Etude technico économique

L'objectif de cette dernière phase est de présenter les résultats obtenus après la mise en place des actions d'amélioration et d'identifier les moyens pour mettre sous contrôle le processus afin de s'assurer de l'efficacité et de la stabilité des solutions proposées.

### 1. Impact de la mise en place de LE07

La mise en place de la ligne augmente le taux de production de l'usine.

#### i. Estimation du cout de production de LE07

| Production de bobine                 | DIVUS Section 0.35 mm <sup>2</sup> | DIVUS Section 0.5mm <sup>2</sup> |
|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| <b>Temps de production de bobine</b> | 23 min pour 15Km                   | 18min pour 9 Km                  |
| <b>Temps de production de 10Km</b>   | 15min                              | 20min                            |
| <b>Cout de production DH /Km</b>     | 30                                 | 50                               |
| <b>Cout de production par heure</b>  | 30*40=1200 DH                      | 50*30=1500Dh                     |

Tableau 35: estimation du temps et du cout de production de LE07 par produit

Donc le cout moyen de production est 1350DH /heure.

La ligne est en marche 24h/24h avec un temps d'arrêt planifié de 25h /mois

Dans le mois de juin, le total d'heure d'ouverture est 695h avec un temps d'arrêt de 0.24h (898s)

Donc on aura 694 h 45 min de production net d'où le gain de la production est de  $694.75 \times 1350 = 937912.5$  DH/moi

|                                            |                    |
|--------------------------------------------|--------------------|
| Cout de production /km                     | <b>40DH/km</b>     |
| Cout de production / heure                 | 1350 DH/h          |
| Temps de production net /mois              | 695.75h            |
| Cout de production total de la ligne /mois | <b>937912.5 DH</b> |

Tableau 36: estimation totale du cout de production de LE07

## 2. Impact des solutions d'améliorations d'AMDEC

L'historique des arrêts non planifiés qu'on a relevé du système de production SIIC, montre que la fréquence d'arrêt à cause de défaut arrêt machine et rupture de fils est parmi les plus critiques. De ce fait, on a rédigé un plan d'action qui consiste à minimiser ces arrêts.

Après l'implantation de notre plan d'actions proposé, dans le mois de Mai on a contrôlé la fréquence de ces arrêts à la fin de ce mois.

D'après les calculs qu'on a effectués, on a trouvé que le nombre de ces arrêts a diminué ce qui représente un gain considérable. Les tableaux suivants résument les résultats :

| Arrêt                  | Fréquence/<br>Mois avant | Fréquence<br>d'arrêt/mois après | Gains en<br>fréquence/ans |
|------------------------|--------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| <b>Arrêt machine</b>   | 105                      | 76                              | 348                       |
| <b>Rupture de fils</b> | 307                      | 222                             | 1020                      |

Tableau 37: gain en fréquence après l'implantation du plan d'action

| Arrêt                  | temps<br>d'arrêt/mois<br>avant | Temps<br>d'arrêt/mois après | Gain annuel en<br>temps |
|------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| <b>arrêt machine</b>   | 240480 s                       | 174061 s                    | 797028 s                |
| <b>Rupture de fils</b> | 147600 s                       | 106733 s                    | 490404 s                |

Tableau 38: Calcul de gain en temps après l'implantation du plan d'action

Alors, la somme du gain annuel en appliquant les plans d’actions et les solutions d’améliorations d’AMDEC est **1287432 s** du gain du temps des arrêts non planifiés.

Afin d’estimer le gain annuel tiré, on prend comme cout horaire de production dans la LE 07 comme suivant :

|                                    |               |
|------------------------------------|---------------|
| Coût de main d’œuvre horaire       | 26 DH         |
| Coût d’énergie électrique horaire  | <b>100 DH</b> |
| Coût total de production par heure | <b>126 DH</b> |

Tableau 39: Calcul de gain annuel AMDEC

Donc le profit annuel sera : **357.62\*126 = 45060.12 DH**

### 3. Impact des solutions sur le TRS

Le tableau suivant représente une comparaison entre les composants du TRS avant et après les améliorations :

| « Ligne<br>D’Extrusion 07» | Avant |         |         |     | Après         |            |              |               |
|----------------------------|-------|---------|---------|-----|---------------|------------|--------------|---------------|
|                            | TD    | TP      | TQ      | TRS | TD            | TP         | TQ           | TRS           |
|                            | 67.9% | 54.257% | 95.475% | 35% | <b>75,59%</b> | <b>70%</b> | <b>95.5%</b> | <b>50.53%</b> |

Tableau 40: Résultat de TRS avant et après les améliorations

La figure ci-dessous illustre l’évolution du TRS après les améliorations (figure 125).

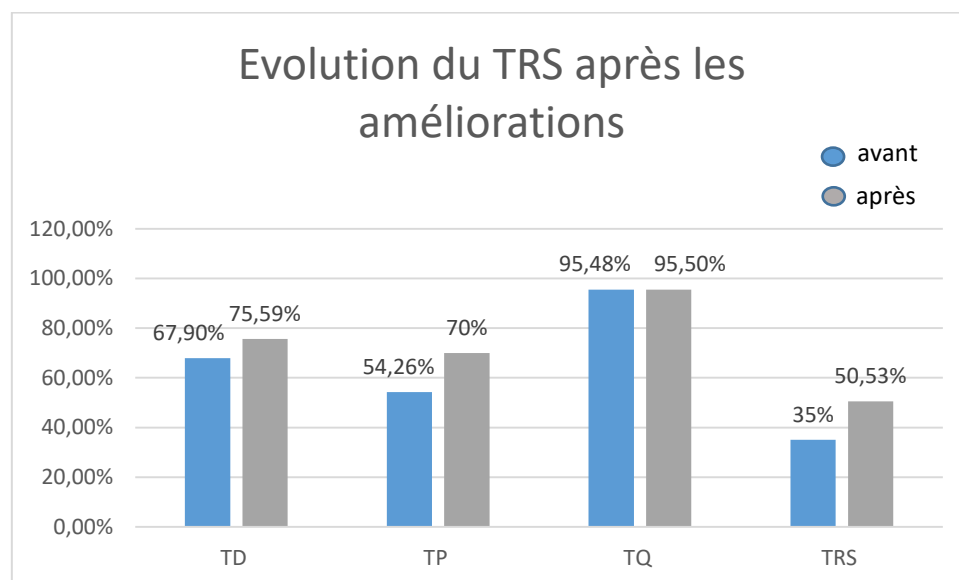


Figure 126: Évolution du TRS après les améliorations

## 4. Gains escomptés :

### a. Gains non chiffrables

Les gains non quantifiables se manifestent aux niveaux de l'organisation des flux de matières et les stocks des encours, en effet les solutions proposées vont assurer une amélioration des flux pour produire au juste temps.

### b. Gains Chiffrables

L'objectif de cette partie est d'évaluer les gains escomptés en termes de temps de production qui résulte de la réduction du temps de changement des références et l'élimination des temps improductifs.

D'après département de la logistique :

| <i>Gain mensuel de la ligne /mois</i> | <i>Gain annuel de la ligne</i> | <i>Gain mensuel au niveau de l'usine</i> | <i>Gain annuel au niveau de l'usine</i> |
|---------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 971662.5DH                            | 11659950 DH                    | 288040 DH                                | 3456480 DH                              |

*Tableau 41: le gain de la mise en place de LE07*

Le tableau suivant résume les différents gains escomptés :

| ACTIONS               | Gain annuel Total    |
|-----------------------|----------------------|
| Mise en place de LE07 | 3456480 DH           |
| Plans d'actions AMDEC | 45060.12 DH          |
| <b>Total</b>          | <b>3501540.12 DH</b> |

*Tableau 42: Calcul de gain annuel après l'installation et les améliorations*

## Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté le suivi les actions d'amélioration qu'on a instauré ainsi qu'on les a contrôlés. Et on a fini par une étude technico-économique pour chiffrer les gains annuels du projet.

## Conclusion & Perspectives

Notre projet prend fin, après avoir installé la nouvelle ligne d'extrusion LE07 dans la première partie du projet ; validé les tests de démarrage et de fonctionnement normal, nous avons fait une étude des paramètres optimaux de fonctionnement dans le troisième chapitre dont lequel on a amélioré le temps de chauffage de l'extrudeuse et aussi le débit de matière, nous avons mesuré le TRS de la ligne d'extrusion qui se compose de trois taux à savoir : taux de Disponibilité, taux de performance et taux de qualité et déterminé le taux le plus pénalisant du taux global (TRS) nous avons fait une analyse détaillée des causes racines des différents dysfonctionnements identifiés et lancé des plans d'action à instaurer, on a pu augmenter le TRS de 35 % à 50 % avec un gain annuel de **3501540.12 DH**, nous avons procédé par une étude de vis d'extrusion pour obtenir des meilleur paramètre et aussi pour avoir un bon aspect du câble et à la fin on a validé l'installation de la ligne en termes de qualité par une étude de capabilité. Dans la deuxième partie nous avons proposé des solutions d'amélioration à déférentes anomalies à savoir le dimensionnement d'une construction métallique isolé et la conception des garde-corps

Beaucoup de solutions parmi celles que nous avons proposées ont été validés par mon parrain industrielle ; le responsable de maintenance et aussi par le responsable méthode

Pour aller plus loin en termes de perspectives notre ambition est de réaliser une installation optimale pour que notre processus soit stable, normale et capable ainsi d'améliorer la productivité et la performance, en ce qui concerne l'approche KAIZEN il y a toujours d'autres problèmes à résoudre mais à cause du temps limité pour ce stage PFE on ne peut pas saisir tous les opportunités

Pour conclure, le bilan de ce projet est positif ; une expérience qui m'a apporté beaucoup de variété culturelle à la fois dans mon savoir-faire et mon savoir-être

## Bibliographie et Webographie

- [1] optimisation des vis d'extrusion à l'aide de logiciels de simulation, 1998\_Thibodeau
- [2] L'extrusion des thermoplastiques,  
[https://www.academia.edu/40713189/Lextrusion\\_des\\_thermoplastiques\\_1\\_PRESENTATION\\_DU\\_PROCEDE](https://www.academia.edu/40713189/Lextrusion_des_thermoplastiques_1_PRESENTATION_DU_PROCEDE)
- [3] Guide-Garde-Corps, union des métalliers, programme recherche développement métier
- [4] <http://www.sews-cabind.com>
- [5] Calcul du TRS, TRG, OEE | MES Consulting SAS | France

## La liste des annexes

Annexe 1 : Les contrôles journaliers et mensuels

Annexe 2 : Exemple de mesure d'épaisseur min et la concentricité de DIVUS 05 mm<sup>2</sup>

Annexe 3 : matrice de changement de couleur. Epaisseur normal (plus de 0,4 mm)

Annexe 4 : les résultats du dimensionnement de la structure

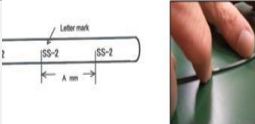
Annexe 5 : problème d'aspect du câble

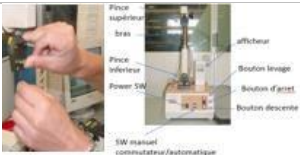
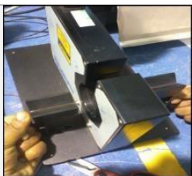
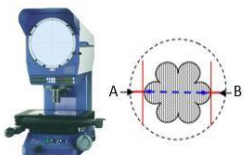
Annexe 6 : lay-out du LE 07

Annexe 7 : les arrêts planifiés et non planifiés (Les arrêts : Down Time et les changements de série : Setup)

## Annexe 1

### ❖ Les contrôles journaliers :

| Nom du contrôle     | Le type de contrôle                                                                               | Le moyen de contrôle                         | Le but du contrôle                                                                                               |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>L'aspect</b>     |  Non destructif  | La main/ la loupe                            | Vérifier l'aspect du câble                                                                                       |
| <b>La couleur</b>   |  Non destructif  | La règle de couleur                          | Vérifier si la couleur correspond au standard                                                                    |
| <b>Le marquage</b>  |  Non destructif  | La loupe/ La règle graduée                   | Vérifier l'apparence du marquage (s'il correspond au standard et s'il est clair)<br>/ Mesurer le pas du marquage |
| <b>La strie*</b>    |  Non destructif | La loupe/ La règle de couleur/ Le microscope | Vérifier le nombre de strie/ sa couleur/ sa largeur                                                              |
| <b>L'interstice</b> |  Destructif    | Le microscope                                | Vérifier s'il y a un brin sortant                                                                                |

|                                  |                                                                                     |            |                                 |                                                                                  |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>L'allongement du brin</b>     |    | Destructif | <b>Machine d'allongement</b>    | <b>Mesurer la capacité du brin à s'allonger sous charge avant sa rupture</b>     |
| <b>L'allongement du pvc</b>      |    | Destructif | Machine de traction             | Mesurer la capacité du PVC (l'isolant) à s'allonger sous charge avant sa rupture |
| <b>La résistance électrique</b>  |    | Destructif | Machine de mesure de résistance | Mesurer la résistance électrique du conducteur de cuivre                         |
| <b>Le diamètre de brin</b>       |   | Destructif | Micromètre laser                | Mesurer le diamètre de chaque brin du conducteur                                 |
| <b>Le diamètre du conducteur</b> |  | Destructif | Projecteur de profil            | Mesurer le diamètre intérieur du câble                                           |

|                              |                                                                                   |                |                  |                                                    |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|----------------------------------------------------|
| <b>Le diamètre extérieur</b> |  | Non destructif | Micromètre laser | Mesurer le diamètre du câble                       |
| <b>La porosité</b>           |  | Destructif     | Le microscope    | Vérifier s'il y a des trous de vide dans l'isolant |

❖ Les contrôles mensuels :

| Nom du contrôle                                                       |                                                                                     | Le type de contrôle | Le moyen de contrôle                                                      | Le but du contrôle                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>L'abrasion</b>                                                     |    | Destructif          | Machine d'abrasion                                                        | Contrôler le niveau de dégradation de l'isolant contre le frottement par le calcul du nombre de cycle pour qu'il y ait de pertes de la surface d'isolant                                                                                                     |
| <b>La flamme</b>                                                      |    | Destructif          | Testeur d'inflammabilité (vertical et à 45°) (selon la demande de client) | Evaluer la résistance de l'isolant à la propagation du feu en calculant le temps et la vitesse de propagation et également la taille de flamme engendrée                                                                                                     |
| <b>La pression à haute température</b>                                |    | Destructif          | Testeur de pression/ étuve                                                | Evaluer la résistance du câble à la pression à la haute température en voyant s'il y a une cassure dans les parties pressées                                                                                                                                 |
| <b>Cold flexibility after accelerated ageing ( Le choc thermique)</b> |  | Destructif          | Étuve                                                                     | Déterminer les zones sensibles aux vieillissements, ainsi que toute sorte de défaillances défauts mécaniques ou électriques consécutifs à la formation de gel ou d'eau, déformation de composants du câble, fissures dans les matériaux, défauts d'isolation |

## Withstand voltage

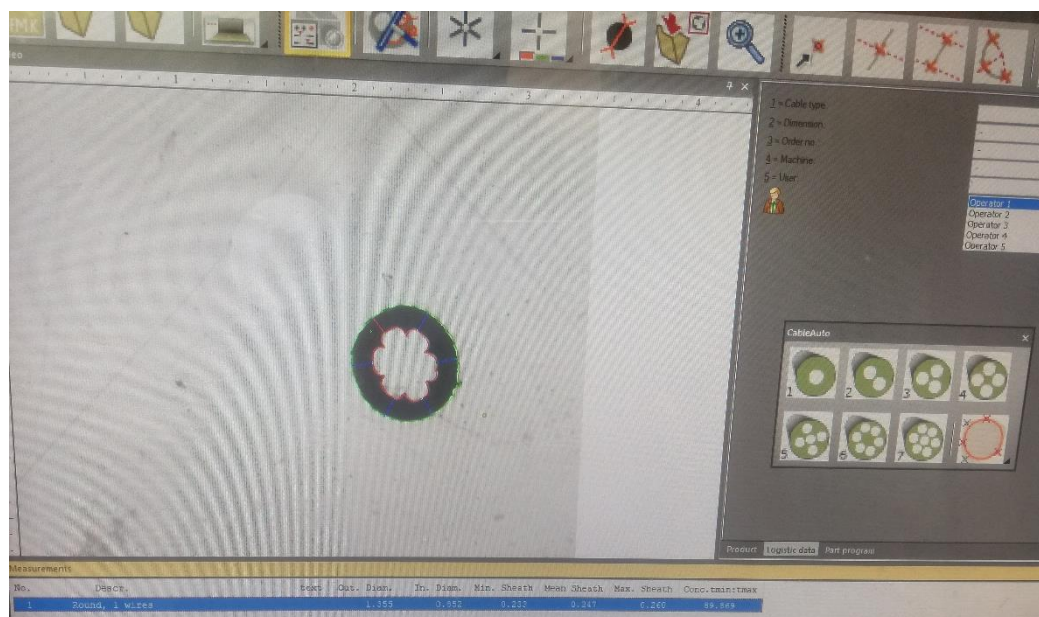


## Destructif

## Diélectromètre.

Evaluer la capacité de l'isolant à supporter une surtension de moyenne durée sans que se produise un amorçage, ce test est provoqué après les tests précédents pour vérifier s'il y avait des endommagements dans l'isolant.

## Annexe 2 : mesures du DIVUS



| FICHE DE CONTRÔLE JOURNALIER -PRODUIT FINI-                                                                                        |                                                     |                                |                                      |                                                                                                                                        |      |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------------|----|----|----------|-----|-----|----------|-----|--|
| <div style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">DIVUS 0,50</div>                                               |                                                     |                                |                                      |                                                                                                                                        |      |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
| Date                                                                                                                               |                                                     |                                |                                      |                                                                                                                                        |      |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
| EQUIPE                                                                                                                             |                                                     |                                |                                      |                                                                                                                                        |      |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
| Inspecteur QA                                                                                                                      |                                                     |                                |                                      |                                                                                                                                        |      |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
| N° de lot                                                                                                                          |                                                     |                                |                                      |                                                                                                                                        |      |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
| N° OF                                                                                                                              |                                                     |                                |                                      | Contrôle du : Démarrage <input type="checkbox"/> Changement Toron <input type="checkbox"/> Changement couleur <input type="checkbox"/> |      |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
| Couleur                                                                                                                            |                                                     |                                |                                      |                                                                                                                                        |      |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
| Date et temps de production 1ere bobine                                                                                            |                                                     |                                |                                      |                                                                                                                                        |      |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
| Toron N°                                                                                                                           |                                                     |                                |                                      |                                                                                                                                        |      |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
| No                                                                                                                                 | Item                                                | Tolérances                     |                                      |                                                                                                                                        | Unit | Données de mesure |    |    | Résultat |     |     | Jugement |     |  |
|                                                                                                                                    |                                                     | Min                            | Norm                                 | Max                                                                                                                                    |      | 1                 | 2  | 3  | min      | med | max | OK       | NOX |  |
| Un lot produit même équipe, même conditions (Type, section, couleur machine)                                                       | 1 Couleur                                           | similaire à la règle color hue |                                      |                                                                                                                                        | -    |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
|                                                                                                                                    | 2 Apparence                                         | Surface                        | pas d'endommagement                  |                                                                                                                                        |      | -                 |    |    |          |     |     |          |     |  |
|                                                                                                                                    |                                                     | Conducteur                     | Pas d'oxydation, pas de brin sortant |                                                                                                                                        |      | -                 |    |    |          |     |     |          |     |  |
|                                                                                                                                    | 3 Porosité (vérifier état de surface, pvc bleeding) | Pas de défaut                  |                                      |                                                                                                                                        | -    |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
|                                                                                                                                    | 4 Diamètre conducteur                               | -                              | 0,85                                 | 0,87                                                                                                                                   | mm   |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
|                                                                                                                                    | 5 Diamètre extérieur                                | 1,26                           | 1,31                                 | 1,40                                                                                                                                   | mm   |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
|                                                                                                                                    | 6 Epaisseur minimum                                 | 0,18                           | 0,23                                 | -                                                                                                                                      | mm   |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
|                                                                                                                                    | 7 Epaisseur Moyenne                                 |                                | 0,20                                 | -                                                                                                                                      | mm   |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
|                                                                                                                                    | 8 Concentricité                                     | 70                             | -                                    | -                                                                                                                                      | %    |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
|                                                                                                                                    | 8 Strip Force                                       | 5                              | -                                    | 50                                                                                                                                     | N    |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
| Un lot produit même équipe, même conditions (Type, section, Toron, machine)                                                        | 8 Stripe                                            | Largueur                       | 0,30                                 | 0,50                                                                                                                                   | 0,70 | mm                |    |    |          |     |     |          |     |  |
|                                                                                                                                    |                                                     | Nombre de strie                |                                      |                                                                                                                                        |      |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
|                                                                                                                                    | 10 Yield strength of conductor                      | 73                             | -                                    | -                                                                                                                                      | N    |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
| même bobine, mêmes conditions (Type, section, machine)                                                                             | 11 Nombre de brin                                   | 7                              | -                                    | -                                                                                                                                      | -    |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
|                                                                                                                                    | 12 Allongement des brins                            | 15                             | -                                    | -                                                                                                                                      | %    | 1-                | 2- | 3- |          |     |     |          |     |  |
|                                                                                                                                    | 13 Conductor breakage                               | 123                            | -                                    | -                                                                                                                                      | N    |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
|                                                                                                                                    | 14 Conductor resistance                             | -                              | -                                    | 37,1                                                                                                                                   | MOHM |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
|                                                                                                                                    | 15 Insulation tensile strength                      | 20,0                           | -                                    | -                                                                                                                                      | MPa  |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
|                                                                                                                                    | Insulation elongation                               | 220,0                          | -                                    | -                                                                                                                                      | %    |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
| Validation du Leader QA : _____ Validation technicien qualité : _____                                                              |                                                     |                                |                                      |                                                                                                                                        |      |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
| Si les valeurs ne correspondent pas aux spécifications du standard, veuillez déclarer sur SIC le produit non conforme et l'isoler. |                                                     |                                |                                      |                                                                                                                                        |      |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |
| * Le technicien QA effectue un troisième contrôle (1 fois / jour / équipe/ inspecteur QA)                                          |                                                     |                                |                                      |                                                                                                                                        |      |                   |    |    |          |     |     |          |     |  |

Annexe 3 : matrice de changement de couleur Epaisseur normal (plus de 0,4 mm)

|               | NOIR | MARRON | BLEU | VERT | ROUGE | VIOLET | GRIS | ORAN<br>GE | JAUNE | VERT<br>CLAIR | ROSE | BLEU<br>CIEL | BLANC |
|---------------|------|--------|------|------|-------|--------|------|------------|-------|---------------|------|--------------|-------|
| NOIR          |      | A      | A    | A    | A     | A      | A    | N          | N     | N             | N    | N            | N     |
| MARRON        | A    |        | A    | A    | A     | A      | A    | N          | N     | N             | N    | N            | N     |
| BLEU          | A    | A      |      | A    | A     | A      | A    | N          | N     | N             | N    | N            | N     |
| VERT          | A    | A      | A    |      | A     | A      | A    | N          | N     | N             | N    | N            | N     |
| ROUGE         | A    | A      | A    | A    |       | A      | A    | A          | N     | N             | N    | N            | N     |
| VIOLET        | A    | A      | A    | A    | A     |        | A    | A          | N     | N             | N    | N            | N     |
| GRIS          | N    | N      | N    | A    | A     | N      |      | N          | N     | N             | N    | N            | N     |
| ORAN<br>GE    | N    | N      | N    | N    | N     | N      | A    |            | A     | N             | N    | N            | N     |
| JAUNE         | N    | N      | N    | N    | N     | N      | N    | N          |       | N             | N    | N            | N     |
| VERT<br>CLAIR | N    | N      | N    | N    | N     | N      | N    | N          | N     |               | N    | N            | N     |
| ROSE          | N    | N      | N    | N    | N     | N      | N    | N          | N     | N             |      | N            | N     |
| BLEU<br>CIEL  | N    | N      | N    | N    | N     | N      | N    | N          | N     | N             | N    |              | N     |
| BLANC         | N    | N      | N    | N    | N     | N      | N    | N          | N     | N             | N    | N            |       |

A – Changement de couleur automatique Acceptable.

N – Changement de couleur automatique non Acceptable. L'arrêt de l'extrudeuse est nécessaire.

## Annexe 4 : les résultats du dimensionnement

### CALCUL DES STRUCTURES ACIER

NORME: CM66

TYPE D'ANALYSE: Vérification des familles

FAMILLE: 1 poteau

PIECE: 34

POINT:

COORDONNEE:



#### PARAMETRES DE LA SECTION: HEA 100

ht=8.0 cm

bf=4.6 cm

ea=0.4 cm

es=0.5 cm

Ay=4.78 cm<sup>2</sup>

Iy=80.14 cm<sup>4</sup>

Wely=20.03 cm<sup>3</sup>

Az=3.04 cm<sup>2</sup>

Iz=8.49 cm<sup>4</sup>

Welz=3.69 cm<sup>3</sup>

Ax=7.64 cm<sup>2</sup>

Ix=0.70 cm<sup>4</sup>

#### DEPLACEMENTS LIMITES



##### Flèches (REPERE LOCAL):

uy = 0.0 cm < uy max = L/200.00 = 1.0 cm

Vérifié

Cas de charge décisif: 4 Bardage

uz = 0.0 cm < uz max = L/200.00 = 1.0 cm

Vérifié

Cas de charge décisif: 4 Bardage



##### Déplacements (REPERE GLOBAL): Non analysé

**Profil correct !!!**

### CALCUL DES STRUCTURES ACIER

NORME: CM66

TYPE D'ANALYSE: Vérification des familles

FAMILLE: 2 panne

PIECE: 66 Pannes\_66

POINT:

COORDONNEE:



#### PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 100

ht=10.0 cm

bf=5.5 cm

ea=0.4 cm

es=0.6 cm

Ay=6.27 cm<sup>2</sup>

Iy=171.01 cm<sup>4</sup>

Wely=34.20 cm<sup>3</sup>

Az=4.10 cm<sup>2</sup>

Iz=15.92 cm<sup>4</sup>

Welz=5.79 cm<sup>3</sup>

Ax=10.32 cm<sup>2</sup>

Ix=1.21 cm<sup>4</sup>

#### DEPLACEMENTS LIMITES



##### Flèches (REPERE LOCAL):

uy = 0.0 cm < uy max = L/200.00 = 2.5 cm

Vérifié

Cas de charge décisif: 1 PERM1

uz = 0.1 cm < uz max = L/200.00 = 2.5 cm

Vérifié

Cas de charge décisif: 4 Bardage



##### Déplacements (REPERE GLOBAL): Non analysé

**Profil correct !!!**

## CALCUL DES STRUCTURES ACIER

NORME: CM66

TYPE D'ANALYSE: Vérification des familles

FAMILLE: 3 traverse

PIECE: 9 traverses\_9

POINT:

COORDONNEE:



PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 80

ht=8.0 cm

bf=4.6 cm

ea=0.4 cm

es=0.5 cm

Ay=4.78 cm<sup>2</sup>

Iy=80.14 cm<sup>4</sup>

Wely=20.03 cm<sup>3</sup>

Az=3.04 cm<sup>2</sup>

Iz=8.49 cm<sup>4</sup>

Welz=3.69 cm<sup>3</sup>

Ax=7.64 cm<sup>2</sup>

Ix=0.70 cm<sup>4</sup>

### DEPLACEMENTS LIMITES



**Flèches (REPERE LOCAL):**

uy = 0.0 cm < uy max = L/200.00 = 1.7 cm

Vérifié

**Cas de charge décisif:** 4 Bardage

uz = 0.0 cm < uz max = L/200.00 = 1.7 cm

Vérifié

**Cas de charge décisif:** 1 PERM1



**Déplacements (REPERE GLOBAL):** Non analysé

**Profil correct !!!**

## CALCUL DES STRUCTURES ACIER

NORME: CM66

TYPE D'ANALYSE: Vérification des familles

FAMILLE: 4 lisse

PIECE: 153 lisses\_153

POINT:

COORDONNEE:



PARAMETRES DE LA SECTION: UPN 80

ht=8.0 cm

bf=4.5 cm

ea=0.6 cm

es=0.8 cm

Ay=7.20 cm<sup>2</sup>

Iy=106.00 cm<sup>4</sup>

Wely=26.50 cm<sup>3</sup>

Az=4.80 cm<sup>2</sup>

Iz=19.40 cm<sup>4</sup>

Welz=6.36 cm<sup>3</sup>

Ax=11.00 cm<sup>2</sup>

Ix=2.16 cm<sup>4</sup>

### DEPLACEMENTS LIMITES



**Flèches (REPERE LOCAL):**

uy = 0.0 cm < uy max = L/200.00 = 1.7 cm

Vérifié

**Cas de charge décisif:** 4 Bardage

uz = 0.0 cm < uz max = L/200.00 = 1.7 cm

Vérifié

**Cas de charge décisif:** 1 PERM1



**Déplacements (REPERE GLOBAL):** Non analysé

**Profil correct !!!**

## CALCUL DES STRUCTURES ACIER

NORME: CM66

TYPE D'ANALYSE: Vérification des familles

FAMILLE: 5 contreventement

PIECE: 125 contreventement\_125

POINT: COORDONNEE:



#### PARAMETRES DE LA SECTION: CAE 20x3

ht=2.0 cm

bf=2.0 cm

ea=0.3 cm

es=0.3 cm

Ay=0.60 cm<sup>2</sup>

Iy=0.39 cm<sup>4</sup>

Wely=0.28 cm<sup>3</sup>

Az=0.60 cm<sup>2</sup>

Iz=0.39 cm<sup>4</sup>

Welz=0.28 cm<sup>3</sup>

Ax=1.13 cm<sup>2</sup>

Ix=0.03 cm<sup>4</sup>

#### DEPLACEMENTS LIMITES



**Flèches (REPERE LOCAL):**

uy = 0.0 cm < uy max = L/200.00 = 0.3 cm

Vérifié

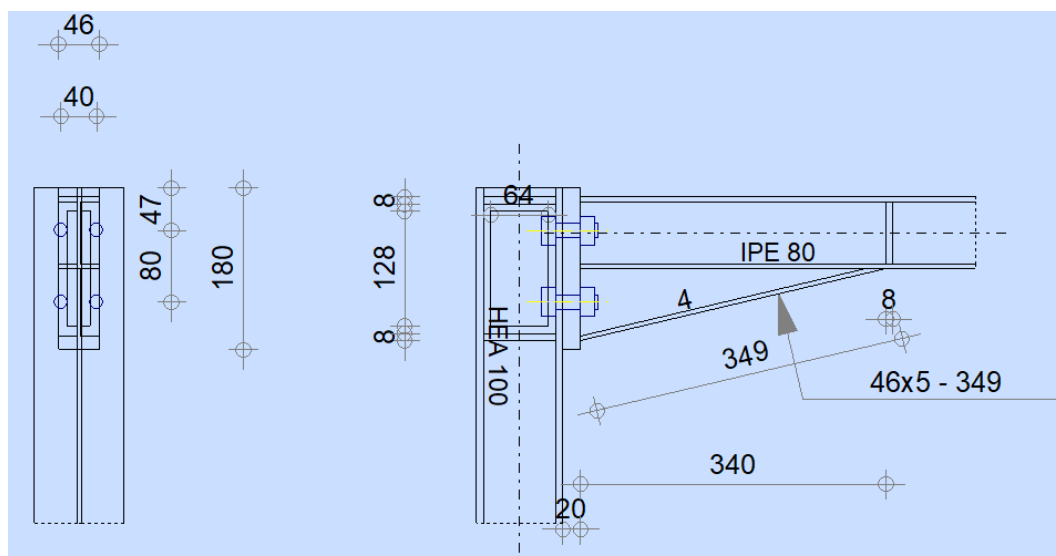
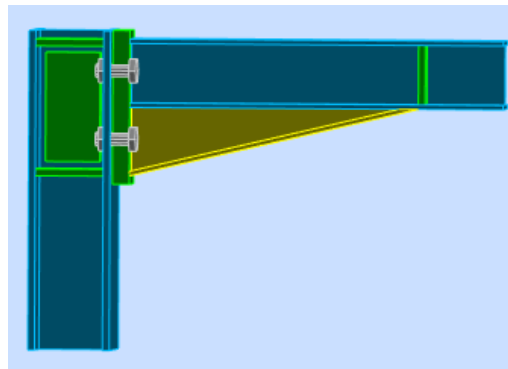
**Cas de charge décisif:** 4 Bardage



**Déplacements (REPERE GLOBAL):** Non analysé

**Profil correct !!!**

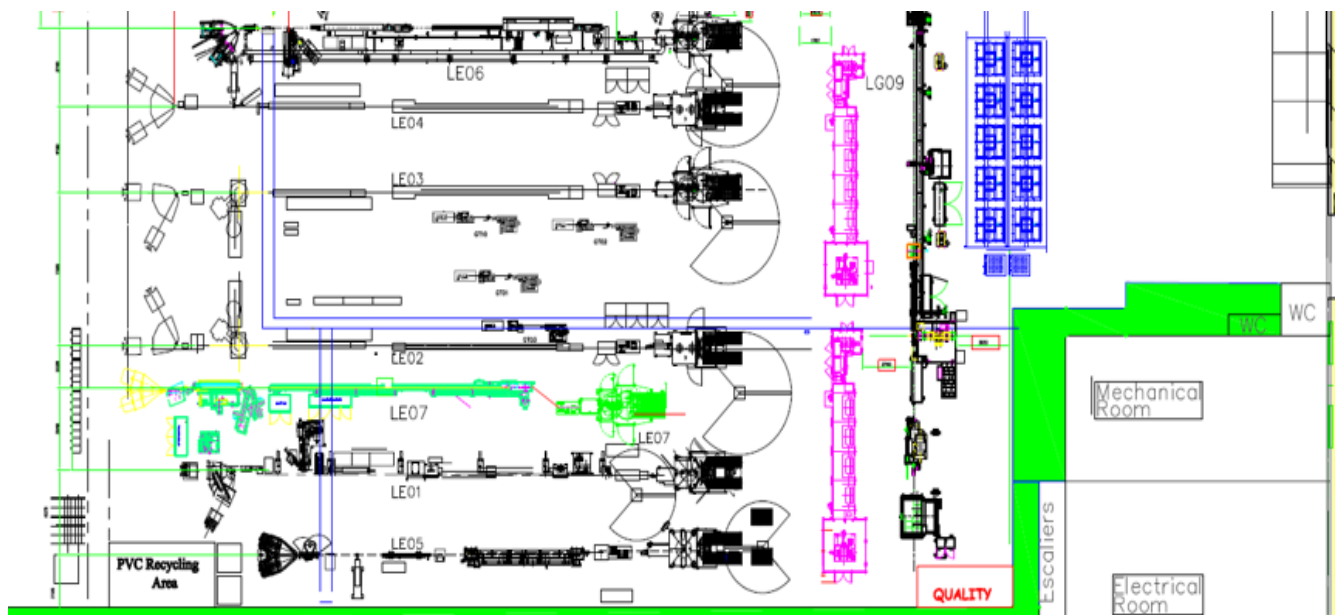
Exemple d'assemblage :



## Annexe 5 : problème d'aspect du câble



## Annexe 6 : lay-out du LE07



## Annexe 7 : les arrêts planifiés et non planifiés

| arrêtes non planifiés |                                              | temps de changement |                               | arrêtes planifiés |                                               |
|-----------------------|----------------------------------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------|
| 3                     | Arrêt pour manque matière première           | 7                   | Changement de spécification   | 1                 | Pause pour le repas                           |
| 4                     | Arrêt pour manque outillage                  | 9                   | Prep. s/fabrication (chnagmei | 2                 | Maintenance préventive                        |
| 8                     | Rupture de fil                               | 13                  | Changement des filtres        | 5                 | Manque de puissance (électricité,,;)          |
| 10                    | Autocontrôle                                 | 14                  | Arrêt pour changement de co   | 6                 | Opérateur absent                              |
| 11                    | défaut arrêt machine                         | 15                  | Changement de type d'embal    | 19                | Maintenance 1er niveau                        |
| 16                    | Démarrage intervention maintenanc            | 28                  | Changement de toron           | 20                | Fin de production                             |
| 17                    | Stockage des palettes                        |                     |                               | 30                | Test methode                                  |
| 18                    | Préparation pour la modification des bobines |                     |                               | 40                | Manque bobines vides                          |
| 21                    | Demande d'intervention                       |                     |                               | 41                | Manque Baskets vides                          |
| 24                    | Nettoyage tête d'extrusion (methode SWS)     |                     |                               | 50                | Changement de bain de tréfilage               |
| 25                    | Nettoyage tête d'extrusion                   |                     |                               | 55                | Torons non validé par le sce Qualité          |
| 27                    | Nettoyage marqueuse                          |                     |                               | 31                | Fin test methode                              |
| 60                    | SIIC Problème                                |                     |                               | 22                | Ies NC de récupération                        |
| 80                    | Arrêt pour manque validation                 |                     |                               | 23                | Soudure                                       |
| 85                    | Manque transfert magasin                     |                     |                               | 70                | service traitement des bobines pour le client |
|                       |                                              |                     |                               | 26                | Fin intervention maintenance                  |