



Table des matières

AVANT-PROPOS	2
Remerciements.....	3
Introduction générale.....	7
CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA SOCIETE PLASTEX	8
1. Historique :.....	9
2. La carte d'identification de PLASTEX MAROC :.....	9
3. L'activité :	10
4. Organigramme de la société :	10
5. Responsabilités des différents Départements :.....	11
6. Les étapes de fabrication de la garniture d'embrayage :.....	14
CHAPITRE 2 : CONTEXTE DU PROJET ET CAHIER DES CHARGES	19
I. Problématique et objectifs du projet :	20
1. Problématique :.....	20
2. Contexte et objectif du projet :.....	21
2.1. Calcul du rendement des matières premières :.....	21
2.2. Stabilité poids préformage :.....	22
3. Etape de projet :	25
CHAPITRE 3 : ETUDES FONCTIONNELLE	26
I. Cabine d'imprégnation :	27
1. Description de fonctionnement général de la cabine d'imprégnation :.....	27
2. Schéma bloc générale de la machine :.....	28
3. Diagramme de bête à corne :.....	29
4. Diagramme de pieuvre de la machine d'imprégnation :.....	29
II. Préformeuse automatique:.....	30
1. Définition du système :	30
2. Description de fonctionnement général de la préformeuse automatique :.....	31
3. Diagramme de bête à corne :.....	32
4. Diagramme de pieuvre de la machine préformeuse :.....	33
CHAPITRE 4: RESULTATS DES ANALYSE AMDEC / PARETO.....	34
I. Méthode d'analyse AMDEC/ABC :.....	35
1. Généralités :	35
2. la présentation de la méthode AMDEC :.....	35
a) Avantages de la méthode AMDEC :	35
b) Quand appliquer AMDEC ? :	35



c) Définition des termes relatifs à la méthode AMDEC :	36
3. Échelle de Cotation :	36
4. Les tableaux AMDEC :	37
5. Méthode de Pareto (Méthode ABC) :	41
CHAPITRE 5 : ESSAIS EXPERIMENTAUX REALISES	44
I. Le lien entre la viscosité, la température et la durée de vie de mélange :	45
1. Notion de viscosité :	45
1.1. Les types de viscosité :	45
a) La viscosité dynamique :	45
b) La viscosité cinématique :	46
1.2. mesure de la viscosité :	46
a) Introduction :	46
b) Principe de fonctionnement du viscosimètre Brookfield :	47
c) Commande de l'appareil :	47
d) Comment effectuer une mesure avec le viscosimètre Brookfeild :	48
e) Description des essais effectués :	49
II. Le lien entre la viscosité, et recouvrement du fil imprégner :	55
1. Description de l'essai effectué :	55
2. Les essais effectués :	55
3. Conclusion :	58
III. Le lien entre le recouvrement et le niveau du mélange dans le bac :	58
1. Description de l'essai effectué :	59
2. Conclusion :	62
CHAPITRE 6 : SOLUTIONS TECHNIQUES (ACTIONS D'AMELIORATIONS)	63
I. Conception de l'outillage d'imprégnation :	63
1. Etat actuel :	63
1.1. Description du système :	63
1.2. Problèmes lie au système :	64
1.3. Nouvelle conception de l'outillage :	64
a) La base :	64
b) Le Support base :	65
c) La lame :	65
d) Le Support lame :	66
e) La tige de fixation :	66
f) La tige de guidage :	67
g) L'écrou :	67
h) Dessin d'ensemble :	68



II. Stabilité du fil imprégné :	68
1. Action d'amélioration :	68
2. Stabilité du fil imprégné :	70
CONCLUSION GENERALE	70
LISTE BIBLIOGRAPHIQUE	71
LISTE WEBBLOGRAPHIQUE	73
Annexe	74



Introduction générale

Ce rapport présente le travail que nous avons réalisé durant le stage professionnel effectué au sein de la société **Plastex Maroc**. Le stage nous a permis d'une part de mettre en pratique les connaissances théoriques acquises lors de la formation du Master Ingénierie Mécanique, et d'autre part d'acquérir une première expérience dans le milieu professionnel avec la participation aux activités de suivi de la qualité et aux tâches d'amélioration continue des conditions de production.

Le sujet du stage était l'amélioration du taux de rendement dans le processus de fabrication des rondelles d'embrayage.

Dans le premier chapitre du rapport, nous allons commencer par une présentation de l'organisme d'accueil qui est **PLASTEX Maroc** ainsi que le processus de fabrication.

Puis nous entamerons une description du sujet de PFE en spécifiant ses objectifs, son cahier de charge et la méthodologie à suivre pour les atteindre.

D'autre part nous allons faire une étude fonctionnelle et description de toutes les machines critique trouvés.

Par la suite nous allons identifier les échelles de notation et élaborer les résultats des analyses. Et nous allons commencer par la détermination des échelles de gravité, fréquence et non détection, ensuite les tableaux **AMDEC** des machines.

Enfin nous allons analyser ces tableaux par la méthode **ABC** et vous donner des recommandations qu'on a faites lors de ce stage.

Et pour terminer, nous présenterons en détails le programme du PFE en détaillant les tâches à effectuer, et leurs durés d'exécution.



CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA SOCIETE PLASTEX

Cette partie du rapport est destinée à décrire le cadre général du Projet de fin d'études.

En premier lieu, nous allons commencer par une présentation de l'organisme d'accueil de ce stage qui est **PLASTEX Maroc** et le processus de fabrication.

Ensuite nous entamerons une description du sujet de PFE en spécifiant ses objectifs, son cahier de charge et la méthodologie à suivre pour les atteindre.

A la fin, nous présenterons en détails le programme du PFE en détaillant les tâches à effectuer, et leurs durés d'exécution.



1. Historique :

Implanté à Tanger, **PLASTEX MAROC** bénéficie d'une situation géographique stratégique et s'étend sur 5000 m². C'est l'une des plus grandes sociétés d'Afrique dans le secteur de friction.

Certifié ISO/TSI 6949 :2002 depuis 2004, **PLASTEX** s'engage à fournir à ses clients la réponse appropriée à leurs attentes dans les meilleures conditions suivant le respect total des standards de qualité en vigueur dans le secteur automobile, c'est une société anonyme, créée en 1980, son capital est de 20 MDHs, son activité principale était limitée à la fabrication de garniture de friction pour camion.

Une première extension d'envergure a été mise en place pour la fabrication de garniture d'embrayage sous B.B.A Group.

En 1995 et dans le but d'améliorer structurellement la position de la société sur le plan industriel et commercial, un accord de coopération technique et commerciale a été signé avec APTEC GmbH pour le développement et la fabrication de garnitures d'embrayage écologiques (sans solvants et sans plomb).

Son activité de production a été étendue en 1999 aux matériaux tissés pour l'industrie, en 2002 aux garnitures de friction sous forme de rouleaux et en 2006 à l'assemblage des mâchoires de frein pour VL.

2. La carte d'identification de PLASTEX MAROC :

➤ Raison sociale de PLASTEX	:	PLASTEX MAROC
➤ Forme Juridique	:	Société Anonyme
➤ Capital social	:	20.000.000,00 dirhams
➤ Siège social	:	Zone Industrielle, lot n° 46, Allée n° 2
➤ Adresse postale	:	B.P n° 342, 90 000 Tanger Maroc
➤ Téléphone	:	+212 (0)39 35 11 36 / 36 28 89
➤ Fax	:	+212 (0)39 35 07 02
➤ E- mail	:	quality@iam.net.ma



3. L'activité :

PLASTEX est une unité de fabrication de produits de friction :

- Garnitures de friction pour embrayage ;
- Garnitures de friction pour frein à tambour ;
- Matériaux tissés pour l'industrie ;
- Assemblage de mâchoires de frein pour véhicule de tourisme ;
- PLASTEX importe et distribue également divers produits comme complément de gamme.

4. Organigramme de la société :

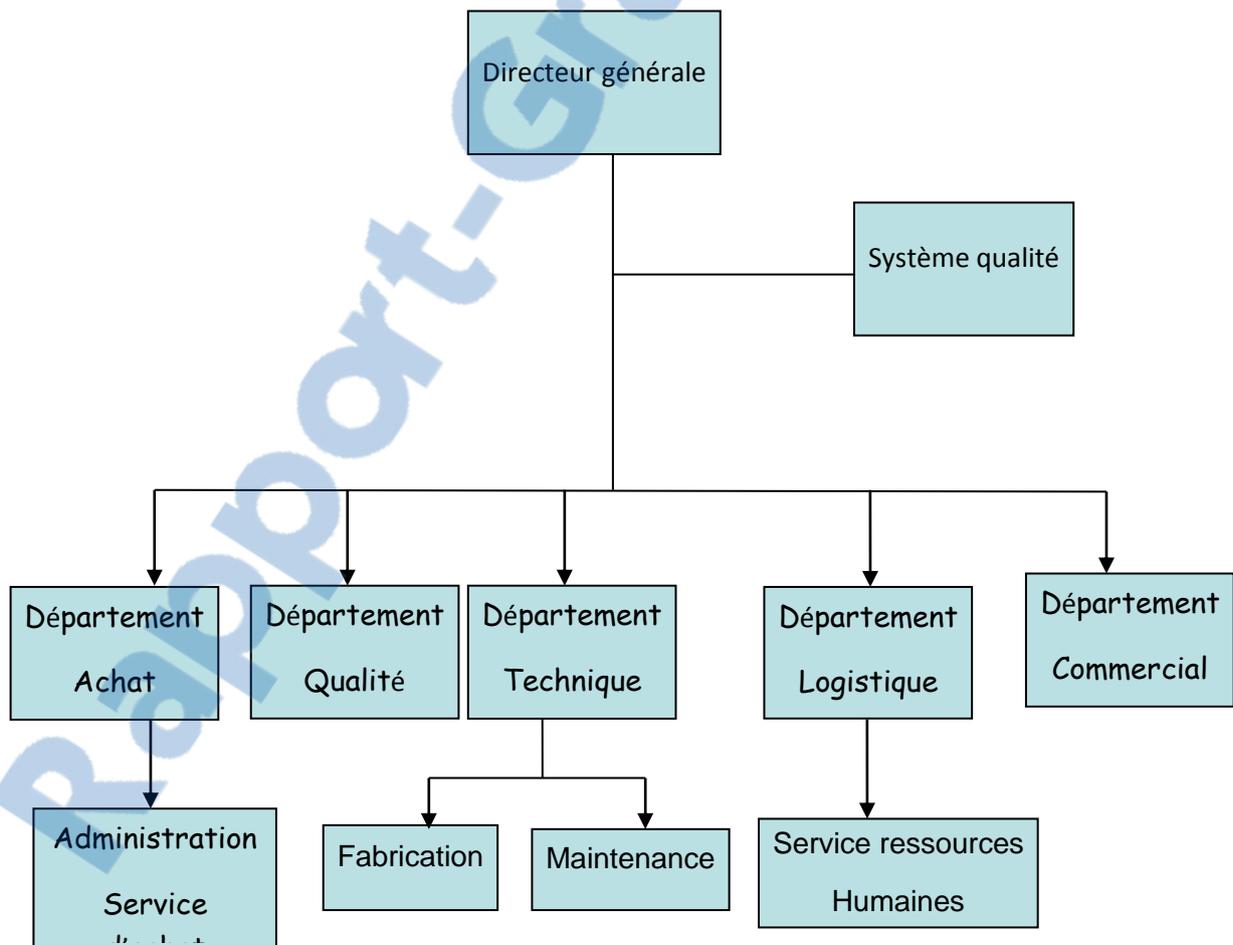


Figure 1: Organigramme de PLASEX



5. Responsabilités des différents Départements :

Chaque entreprise est obligée de partager les responsabilités entre son personnel pour pouvoir contrôler chacun par son travail affectée et pour cela PLASTEX Maroc organise ces postes entre certains départements parmi eux :

Département qualité :

L'objectif du département qualité est de donner satisfaction complétée aux clients.

Cet objectif doit reposer sur :

- La maîtrise de gestion quotidienne à tous les niveaux et par tout le monde ;
- La réalisation du programme annuel des objectifs (PAO) par tous les départements ;
- Le respect de tous les concepts de la qualité ;
- L'amélioration continue du niveau de qualification de l'ensemble du personnel.

Département production :

Le département production est dirigé par le directeur de production qui :

- Veille à la qualité des produits fabriqués ;
- Contrôle et optimise la productivité des opérateurs ;
- Veille au respect de l'application des instructions de travail ;
- Optimise la gestion des flux de production ;
- Veille sur l'état de l'équipement et sur la propriété des lieux de travail ;
- Contrôle la véracité des fiches de production ;
- Anime au respect les cercles de qualité.

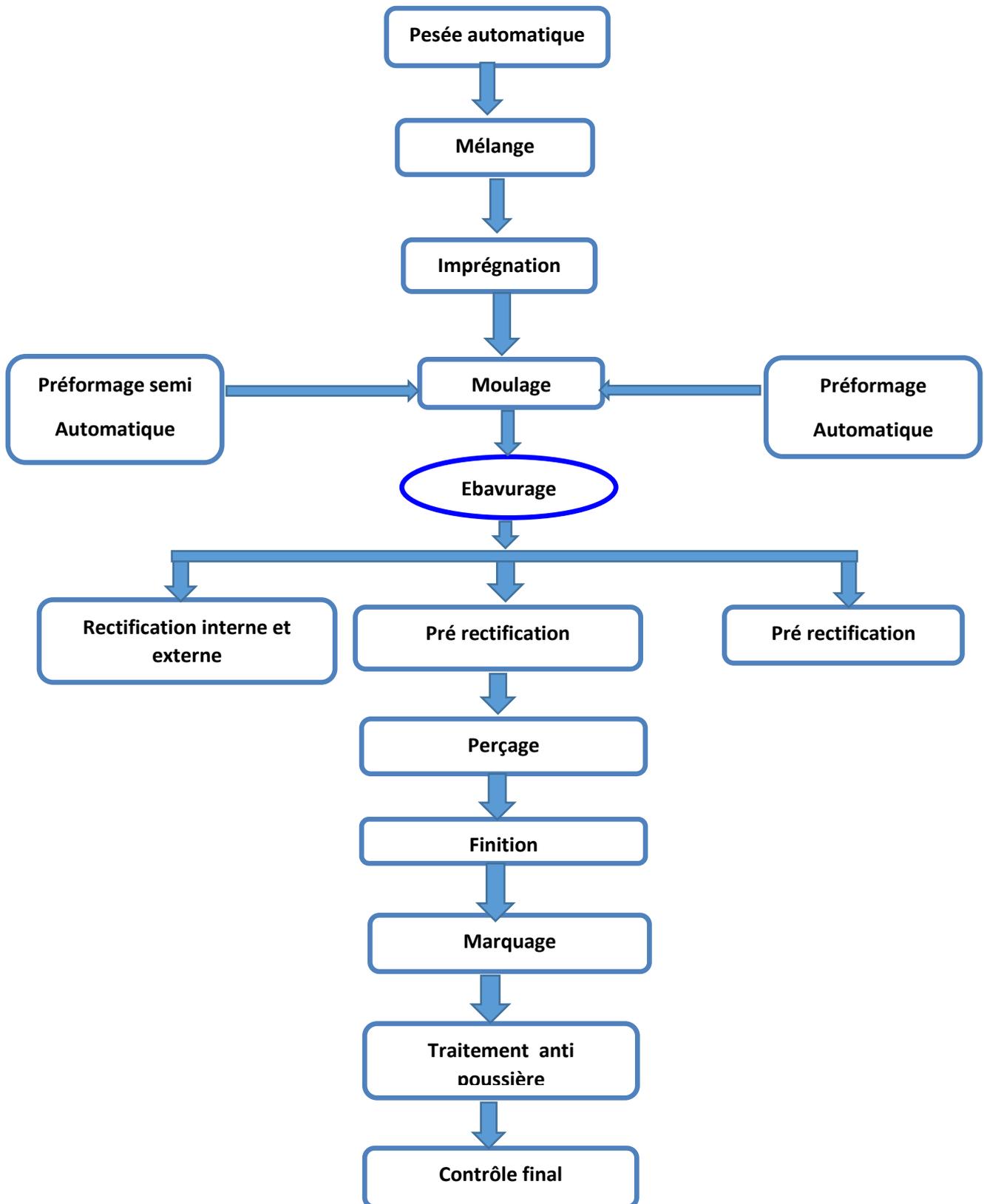


Figure 2: Procédé de fabrication



Département maintenance :

Le département maintenance est dirigé par le directeur de maintenance qui :

- Veille à l'application des normes de qualité totale ;
- Supervise l'ensemble des opérations d'entretien courant, de réparation préventive et de maintenance prédictive des moyens de production et de maintenance ;
- Optimise les coûts de maintenance et de réparation dans le cadre des contraintes de production, d'hygiène et de sécurité ;
- Recherche la motivation du personnel placé sous sa responsabilité ;
- Mobiliser les ressources humaines et matérielles pour atteindre une meilleur productivité et efficacité.

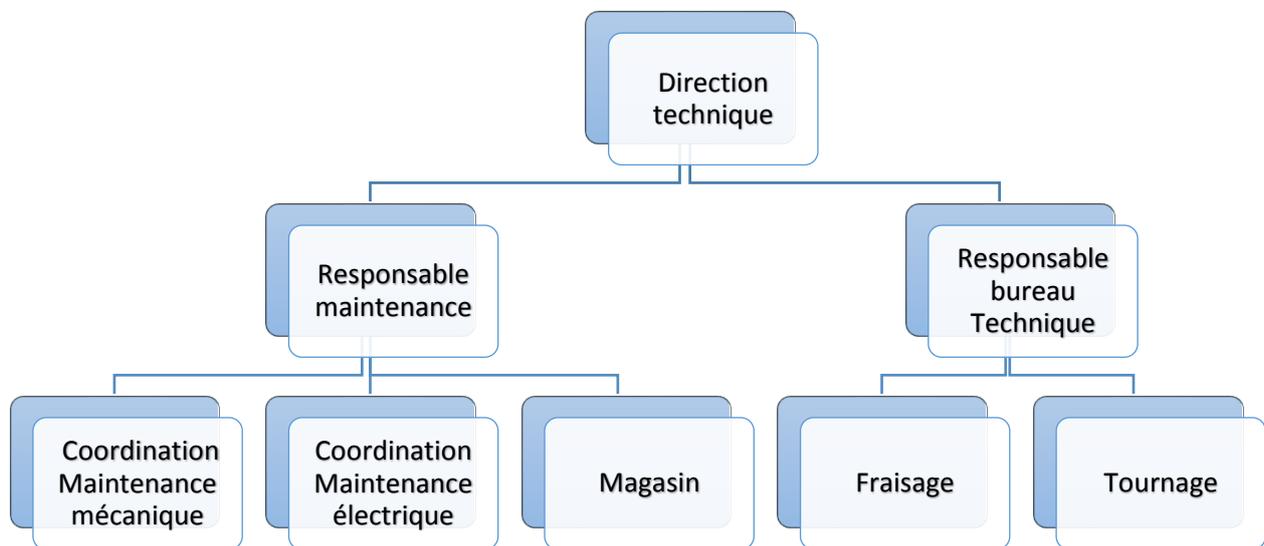


Figure 3 : Organigramme de maintenance.



6. Les étapes de fabrication de la garniture d'embrayage :

Pesée :

Cette étape a pour but de faire la pesée de la matière Première (par exemple : Résine, Latex, Ammoniac,...)
Selon la qualité indiquée sur la feuille de formulation
Donnée par le responsable qualité.



Matières premières du mélange

Mélange :

L'étape du mélange consiste à faire l'addition des
Matières premières (produits chimiques : Soufre,
Carbone noir, Barytine,...). Pour se faire on utilise
Un mélangeur, afin d'obtenir une pâte visqueuse noire.



Mélange

Imprégnation :

On fait passer un fil dans un bac rempli du mélange
Obtenu précédemment, et le tout est ensuite canalisé
Dans la cabine d'imprégnation qui est chauffée pour
Permettre à la pâte de bien se former sur le fil.
A la sortie de la cabine on obtient finalement un fil
Imprégné qui subit un contrôle visuel
(Pour repérer les problèmes de taches blanches, de





Composants étrangers, de recouvrement, etc.).

Bobine de fil imprégné

Préformage :

Il y a 2 types de préformages :

- Le préformage automatique pour la grande majorité des rondelles ;
- Le préformage semi-automatique uniquement pour les rondelles de grandes dimensions.

Cette opération est très importante, car elle permet la mise en forme de la rondelle dans les dimensions et le poids voulus. Le fil imprégné est déroulé dans un gabarit, la machine de préformage mesurant la taille de fil imprégné. Quand on atteint la valeur programmée l'automate stoppe le déroulement et procède à la coupure du fil. Le support permet de faire le tissage pour obtenir une rondelle préformée à l'aspect flexible.



Rondelles préformées



Machine de préformage automatique

Moulage :

Les préformes sont ensuite placées dans des presses hydrauliques, au nombre de 6. Chacune des presses a des caractéristiques (capacité, pression nécessaire, durée du cycle, dimensions acceptées, etc.) différentes.

Il y a deux types de presses :

- Les presses à moules ouverts, qui laissent des bavures sur le contour de la rondelle ;
- Les presses à moules fermés qui délivrent normalement des rondelles sans bavures.

Quel que soit le type de presse utilisée, son fonctionnement est régi par un automate programmable.

Tout d'abord l'opérateur imbibe les matrices du moule avec le démouleur à chaque nouveaux cycle avant de les charger avec les préformes afin d'éviter tout collage de matrice avec la rondelle. Il introduit les pièces préformées, et démarre le processus du moulage. L'automate va alors assurer la fermeture et le maintien de la presse à une certaine pression (selon la presse utilisée) pendant un certain temps, puis l'ouverture pour permettre le premier dégazage pendant 5 secondes. Il va reproduire ce cycle 4 fois pour finalement obtenir un produit rigide que l'on peut démouler à chaud.



Machine de moulage

Ebavurage :

Cette opération permet d'éliminer manuellement les débordements de matières premières sur le contour des rondelles.



Rondelles avec bavures

Traitement thermique

Les rondelles sont placées à l'intérieur d'un four. Le four est programmable suivant des cycles. Ces cycles sont fixés de manière à optimiser la cinétique chimique de ce processus sans dégrader les propriétés de la rondelle.



Four

Rectifications

On peut diviser cette opération en deux étapes : L'une pour la rectification de face qui consiste à donner à la rondelle les dimensions géométriques indiquées sur l'ordre de fabrication; et l'autre pour la rectification du diamètre qui permet comme son nom l'indique de rectifier les diamètres intérieurs et extérieurs.

Perçage

Cette étape permet de percer la garniture, les positions, dimensions et formes de ces trous étant réalisés selon la demande du client.



Rondelle percée



Traitement anti-voilage

Elle a pour but d'éliminer le phénomène de voilage de la rondelle. La réalisation de cette étape se fait de manière suivante : on introduit les rondelles voilées dans un bain contenant une quantité suffisante de solution (glycérine + eau) pendant 20 minutes, on sort ensuite les rondelles du bain et à l'aide d'outil adapté on « dévoile » pendant 24 heures.

Traitement anti-poussière

Pour enlever toute trace de poussière sur les pièces on

Les introduit dans un bac contenant de la colle à froid

Dans un bac mélangé à de l'eau ordinaire. Une fois sorties

On les laisse sécher à l'air libre.



Marquage

On marque la rondelle avec le logo, la dimension de la garniture et le code de contrôle en utilisant la peinture blanche. Ce marquage s'effectue manuellement.



Cabine d'imprégnation

Contrôle qualité



C'est le contrôle final de la pièce, où l'opérateur vérifie les diamètres intérieurs et extérieurs, l'état de la face, les trous de perçage, le parallélisme et les autres composantes de la rondelle. Les rondelles rejetées ne sont pas réutilisées dans le processus de fabrication.



Contrôle final

CHAPITRE 2 : CONTEXTE DU PROJET ET CAHIER DES CHARGES



I. Problématique et objectifs du projet :

1. Problématique :

PLASTEX assurait depuis des années l'usinage et la distribution des garnitures de frein pour camion, puis son activité s'est étendue à la fabrication des garnitures d'embrayage, des matériaux tissés pour l'industrie et des garnitures de friction sous forme de rouleaux. En tant qu'un acteur majeur dans la fabrication de matériaux de friction, **PLASTEX** trace une stratégie sur le long terme avec comme objectifs d'être à la pointe de la technologie et de répondre aux attentes du marché avec des produits de qualité. Dans cette perspective, elle veille à améliorer les processus de fabrication et la performance des produits. Ainsi, garantir le compromis entre une bonne maîtrise des pertes et une gestion de maintenance, s'avère-il la clé d'une meilleure productivité ?

La fabrication de rondelles d'embrayages commence par la fabrication du fil imprégné qui servira de base pour la rondelle d'embrayage. Plutôt que de raisonner uniquement en terme de rendement brut (Quantité Acceptée / Quantité Contrôlée), donc en se basant uniquement sur le contrôle final sans tenir compte des pertes de matières en cours de production, **PLASTEX** a décidé de travailler en plus avec le rendement matières, montrant le taux de matières premières « gaspillées » au cours du processus. Même dans une



situation idéale, ce rendement matières ne peut par définition être égal à 100% car certaines pertes matières sont obligatoires dans le processus actuel (au niveau du perçage notamment).

2. Contexte et objectif du projet :

2.1. Calcul du rendement des matières premières :

Le rendement matières, indicateur particulièrement utile, est cependant peu ou mal exploité par l'entreprise. Il existe en effet deux formules pour le trouver :

- **Celle dite de la logistique**, qui récupère le poids total des rondelles contrôlées et qui le divise par la consommation nette en matières premières ;
- **Celle de la production**, qui calcule le rendement matières au préformage et qui soustrait ensuite les pertes mesurées aux différentes étapes de la chaîne.





CALCUL DU RENDEMENT DES MATIERES PREMIERES

Logistique

1. Consommation Nette des Matières Premières (C°.Nette MP) :

FORMULE		POIDS
Total des Livraisons des MP à la Production (en Kg)		477 617,60
+	Stock Initial des MP dans la Zone de Production (en Kg)	5 602,50
+	Stock Initial du Fil Imprégné (en Kg)	165,00
-	Stock Final des MP dans la Zone de Production (en Kg)	6 656,21
-	Stock Final du Fil Imprégné (en Kg)	3 383,20
=	Consommation Nette des MP (en kg)	473 345,69

2. Production Nette des Rondelles d'embrayage (P°. Nette RE) :

FORMULE		POIDS
Poids total des RE Contrôlées (en Kg)		307 826,75
-	Stock Initial des Encours de la RE	11 349,61
+	Stock Final des Encours de la RE	12 534,38
=	Production Nette des RE (en Kg)	309 011,52

3. Rendement des Matières Premières :

FORMULE		Taux en %
Production Nette des RE (en Kg)		309 011,52
/	Consommation Nette des MP (en kg)	473 345,69
=	Rendement des Matières Premières :	65,28%

Tableau 1: calcul du rendement des matières premières du service logistique.

CALCUL DU RENDEMENT DES MATIERES PREMIERES

Production

1. Rendement préformage

FORMULE		Taux en %
Volume préformé		178 904,67
*	Densité	1,75
/	Poids préformé (en Kg)	404 638,50
=	Rendement préformage	77,37%

2. Volume rebuté :

FORMULE		Taux en %
Volume contrôlé		175 901,42
/	Volume rebuté	7 994,26
=	Rebut en volume (%)	4,54%

3. Rendement des Matières Premières :

FORMULE		Taux en %
Rendement préformage		77,37%
-	Chutes (en %)	1,00%
-	Rebut en Volume (%)	4,54%
=	Rendement des Matières Premières :	71,83%

Tableau 2: calcul du rendement des matières premières du service production.

2.2. Stabilité poids préformage :



Un problème pouvant mener à des pertes de matières a été constaté, celui de la stabilité des poids au préformage.

Pour chaque référence il y a un poids cible. Et lors du moulage, on commence à voir apparaître des défauts de pression s'il y a un écart trop important d'épaisseur entre les différentes rondelles d'un même moule. Il y a donc un poids minimum et un poids maximum pour éviter les écarts trop grand. Dès que la machine préforme une rondelle, elle la pèse et vérifie si elle est dans les limites de tolérance. Elle empile les « bonnes » rondelles d'un côté et les « mauvaises » de l'autre. Les bonnes rondelles sont moulées ensemble, et les mauvaises sont triées manuellement par catégorie de poids afin d'être moulées ensemble aussi.

Après avoir effectué des mesures précises sur une référence (200x137x3.35), voici la répartition des poids au préformage obtenu.

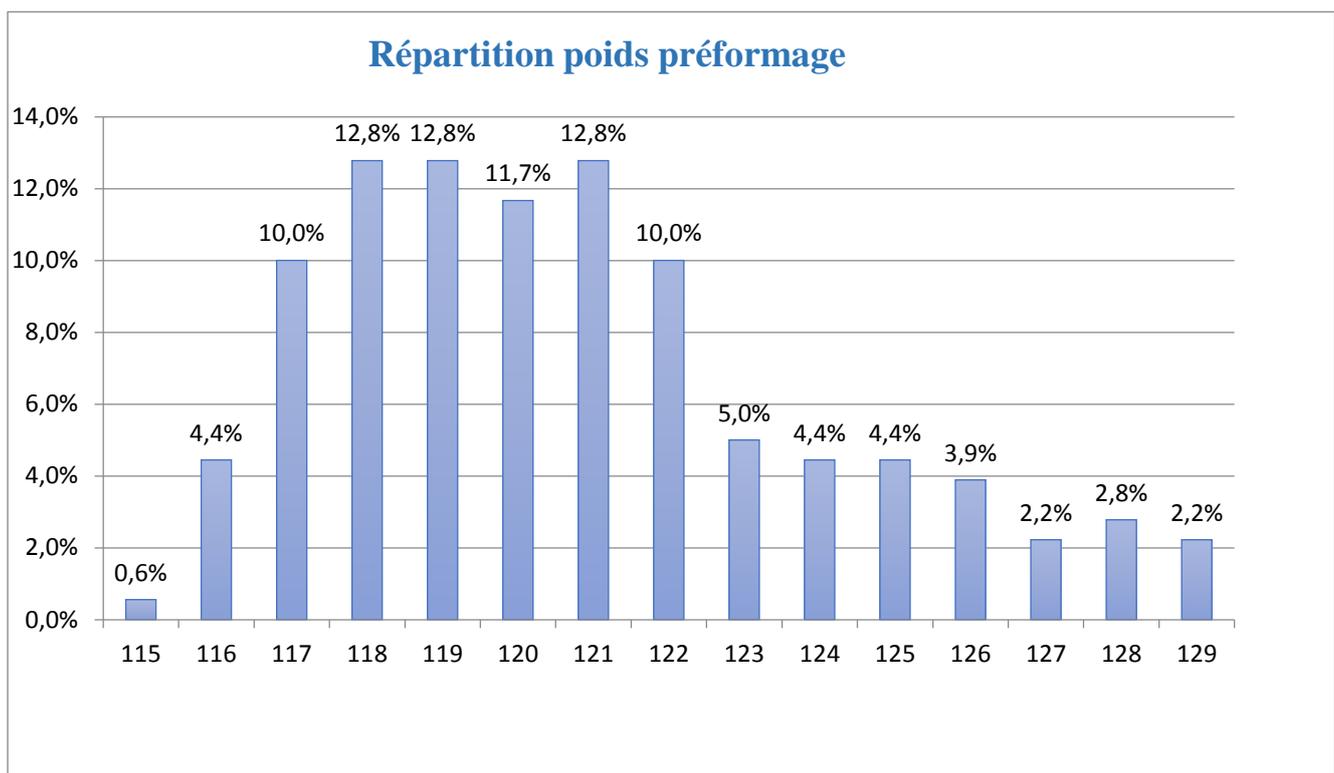


Figure 4 : Répartition poids préformage



Pour cette référence, le poids cible est de 118g, le minimum de 117g et le maximum de 123g. Le poids cible est choisi en fonction des contraintes au niveau du moulage, mais en pratique on programme la machine pour préformer à 120g par mesure de sécurité, car on estime qu'il vaut mieux mouler plus de matière que pas assez. On a donc ici en moyenne des rondelles de 121g au lieu de 118g, ce qui va générer de nouvelles pertes de matières.

Sans même prendre en compte ce fait, on voit ici que 25% des rondelles sont hors des limites. Cela permet de mettre en évidence un autre problème source de pertes de productivité et de matières : **le problème de stabilité du fil imprégné.**

Afin de vérifier ce problème, et de quantifier ce problème, nous avons mesuré sur un échantillon les variations d'épaisseurs des rondelles en sortie de préformage. Pour chaque rondelle, on prend des mesures à 4 endroits différents. On obtient une répartition similaire à celle obtenue pour les poids :

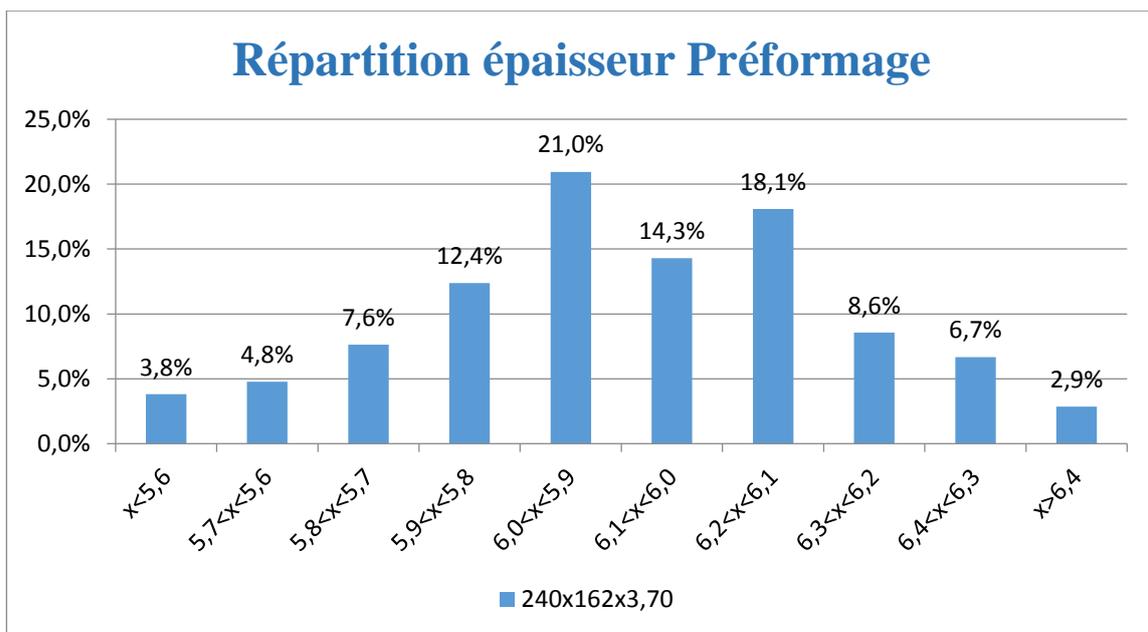


Figure 5 : Répartition épaisseur préformage

On se retrouve parfois avec des écarts de plus de 0.7mm sur une même rondelle. On est donc en présence d'un film imprégné d'épaisseur instable, et pouvant créer de gros écarts d'épaisseur sur une même rondelle.



3. Etape de projet :

Pour réaliser les objectifs fixés de ce projet, nous avons adopté les étapes suivantes :

- L'étude de la viscosité, température ; et la durée de vie de mélange ;
- mettre en place le lien entre le recouvrement, la viscosité, la durée de vie du mélange, température ;
- augmentation de la capacité à l'imprégnation ;
- action d'amélioration ;
- La conception de l'outillage d'imprégnation.

➔ Planification du projet par Diagramme de Gantt

Ce projet de fin d'études a débuté à partir du 2^{er} février 2015 pour prendre fin le 03 juin 2015.

Le diagramme de Gantt représenté sur la figure ci-dessus relate les différentes tâches du projet.

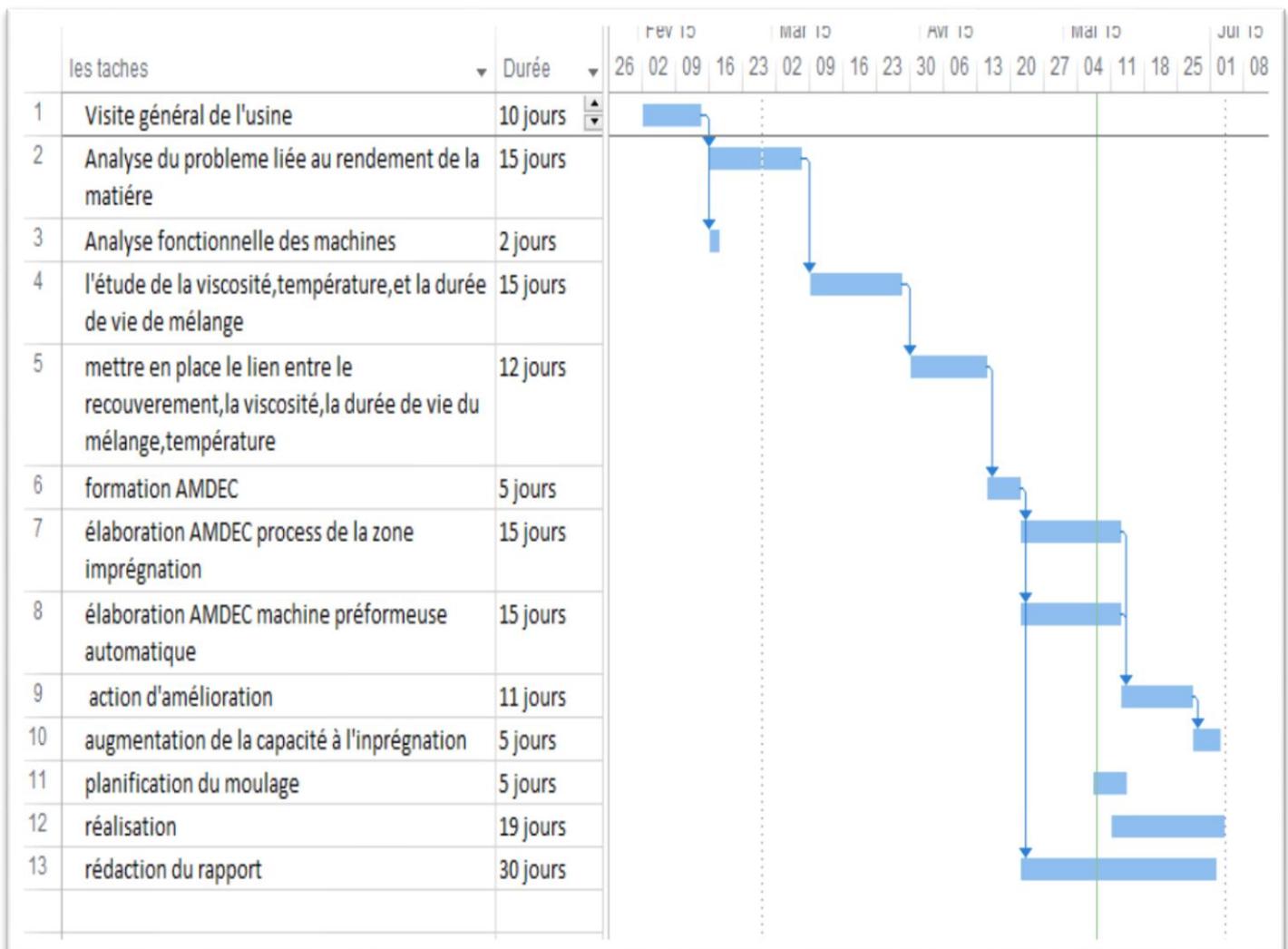


Figure 6 : Diagramme de Gant.



CHAPITRE 3 : ETUDES FONCTIONNELLE

Ce chapitre est destiné à analyser l'état du lieu, ensuite nous allons faire une étude fonctionnelle et description de toutes les machines critique trouvés.



I. Cabine d'imprégnation :

1. Description de fonctionnement général de la cabine d'imprégnation :

La cabine d'imprégnation est une machine assurant le recouvrement du fil par la pâte puis son séchage. Présentons maintenant, le fonctionnement général de cette machine :

Pour produire un fil enroulé, il faut d'abord commencer par préparer un fil brut à la source de la machine sous forme des bobines, pratiquement 18 bobines regroupé par 3, finalement les 6 groupes entrent dans un outil d'imprégnation pour couvrir ces fils par une pâte noir ou il y a des lames de réglage allant avec cet outil pour assurer un poids exacte tous les 6 fils dans une dimension d'un diamètre . les fils qui sortent de cet outil rentrent dans la partie chambre de séjour qui assure une température réglée entre 120° et 130° pendant 19 min avec un régulateur de température et celle-ci générée par un dispositif (Générateur de vapeur) qui transforme à une vapeur envoyée vers in radiateur dans cette chambre en haut, en plus il y a deux ventilateurs qui assurent la circulation de vapeur pour rendre la température homogène dans la totalité de la chambre. A la fin de cycle d chauffage la vapeur se transforme en Eau due au refroidissement des ventilateurs et par conséquent pour éviter ce problème il y a un purgeur installé qui surmonte cet obstacle en réinjecteront cette eau à l'entrée de générateur de vapeur après un seuil de niveau de ce réservoir d'eau, pour ce fil reste pendant 20 min dans cette chambre on a implanté un système de retard représenté par un arbre engrené entraîné par un moteur réducteur et en parallèle à cet arbre on trouve 6 engrenages qui déplacent les fils horizontalement .l'arbre assure la notion de ces fils finalement les fils sortent de cette chambre après 20 min pour attaquer un système de bobinage qui a un rôle de transformer le fil en couvre à un autre enroulé.



Figure 7: Cabine d'imprégnation



2. Schéma bloc générale de la machine :

Notre schéma se base sur la description des sous-fonctions identifiées ci-dessus.

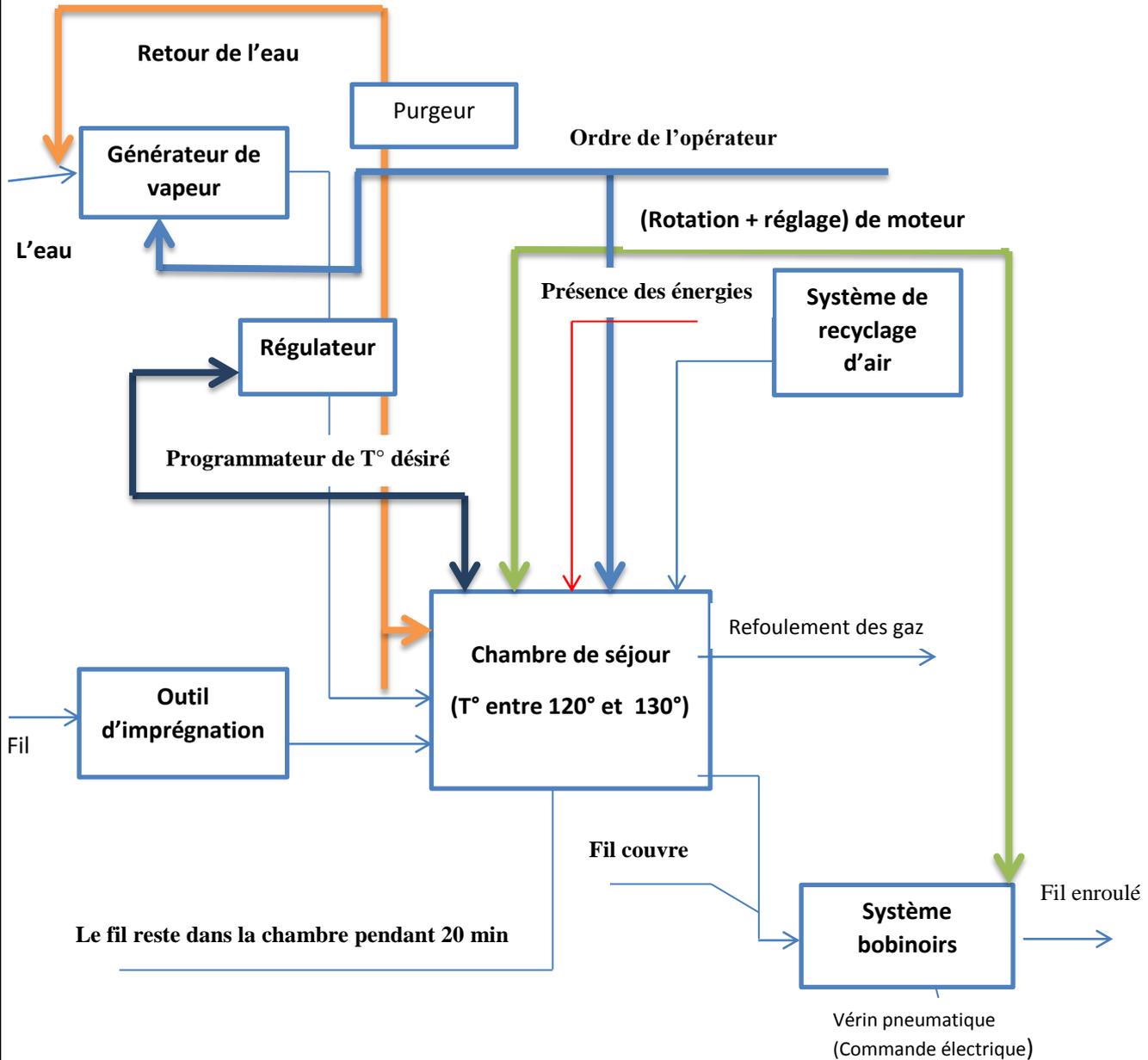


Figure 8 : schéma général de la cabine d'imprégnation.

L'ensemble du système agit sur :

- Outil d'imprégnation ;
- Chambre de séjour ;
- Système de recyclage d'air ;
- Système bobinoirs ;
- Générateur de vapeur ;



3. Diagramme de bête à corne :

La **bête à cornes** nous permettra de déterminer les exigences fondamentales qui justifient la conception de la cabine d'imprégnation, et cela à l'aide des trois questions fondamentales :

- ❖ A qui rend-il service ?
- ❖ Sur quoi agit-il ?
- ❖ Dans quel but ?

A qui rend-il service ?

Sur quoi agit-il ?

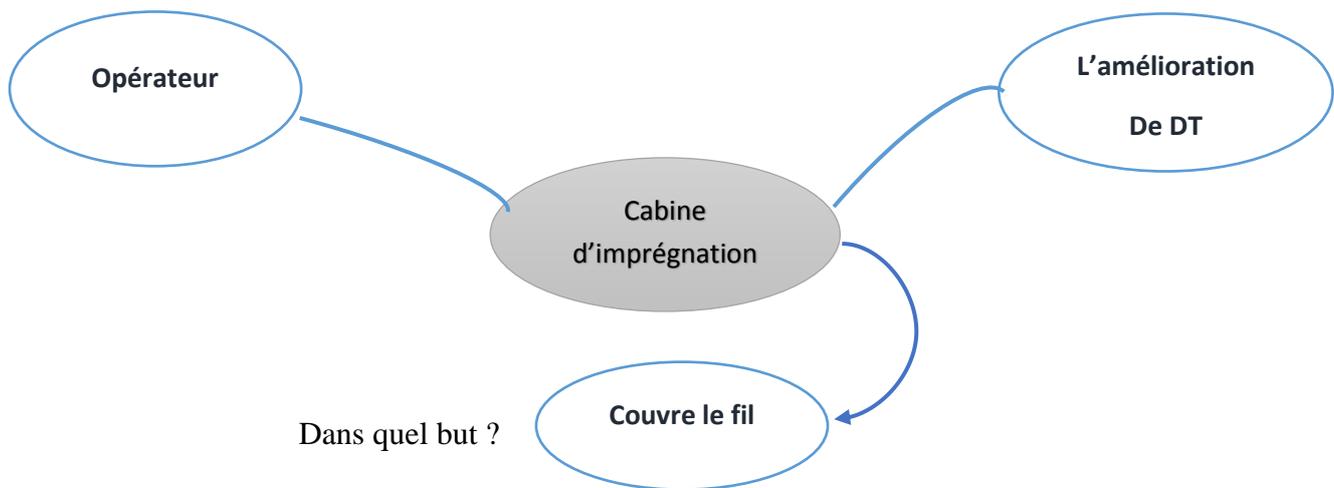


Figure 9: Diagramme bête à corne de la cabine d'imprégnation

4. Diagramme de pieuvre de la machine d'imprégnation :

Les fonctions de service (principales et contraintes) du système ont été identifiées à partir de l'inventaire des milieux environnants en phase de marche.

FC1 : résisté aux agressions du milieu ambiant ;

FC2 : régler la température intérieure de la cabine ;

FC3 : alimenter la cabine par l'air chaud à tout instant ;

FC4 : assurer la sécurité de toute personne au sein de la zone ;

FC5 : être facile à ouvrir par l'opérateur et détecter les anomalies de la machine ;

FC6 : enroulé les fils couvrent après la sortie de la cabine ;

FC7 : immerger le fil dans la pâte dans une durée déterminé ;



FP1 : assurer l'imprégnation de fil ;

FP2 : assurer l'échauffement de fil imprégné ;

FP3 : assurer l'enroulement du fil imprégné.

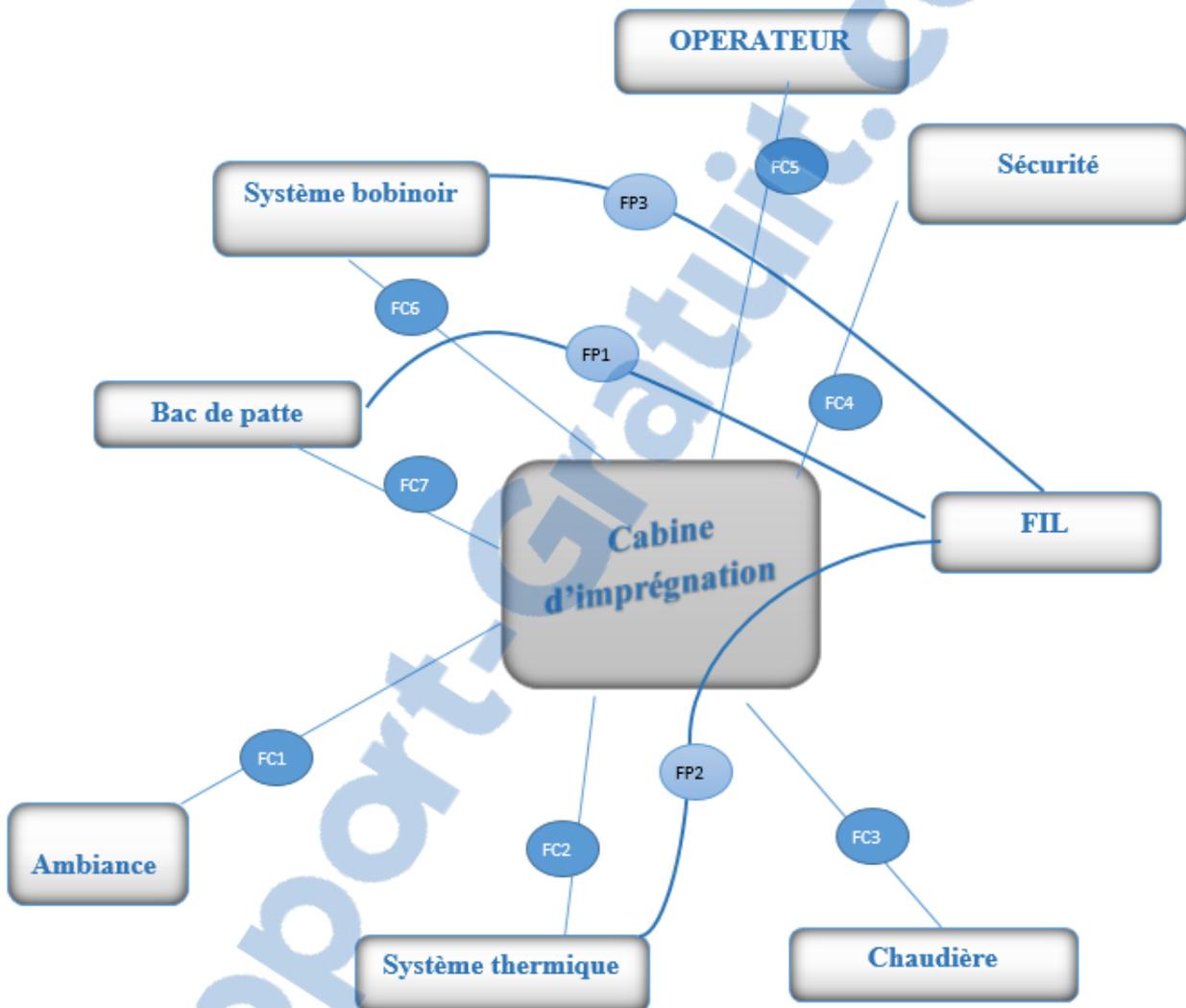


Figure 10 : les fonctions de contraintes et principales de la cabine d'imprégnation.

II. Préformeuse automatique:

1. Définition du système :

La préformeuse automatique est une machine qui produit depuis d'un fil déjà préparé dans la cabine d'imprégnation, une semi rondelle. Elle utilise dans ses différentes phases de fonctionnement un système automatisé commandé par un pupitre de commande via un opérateur.



Schéma général de la machine :

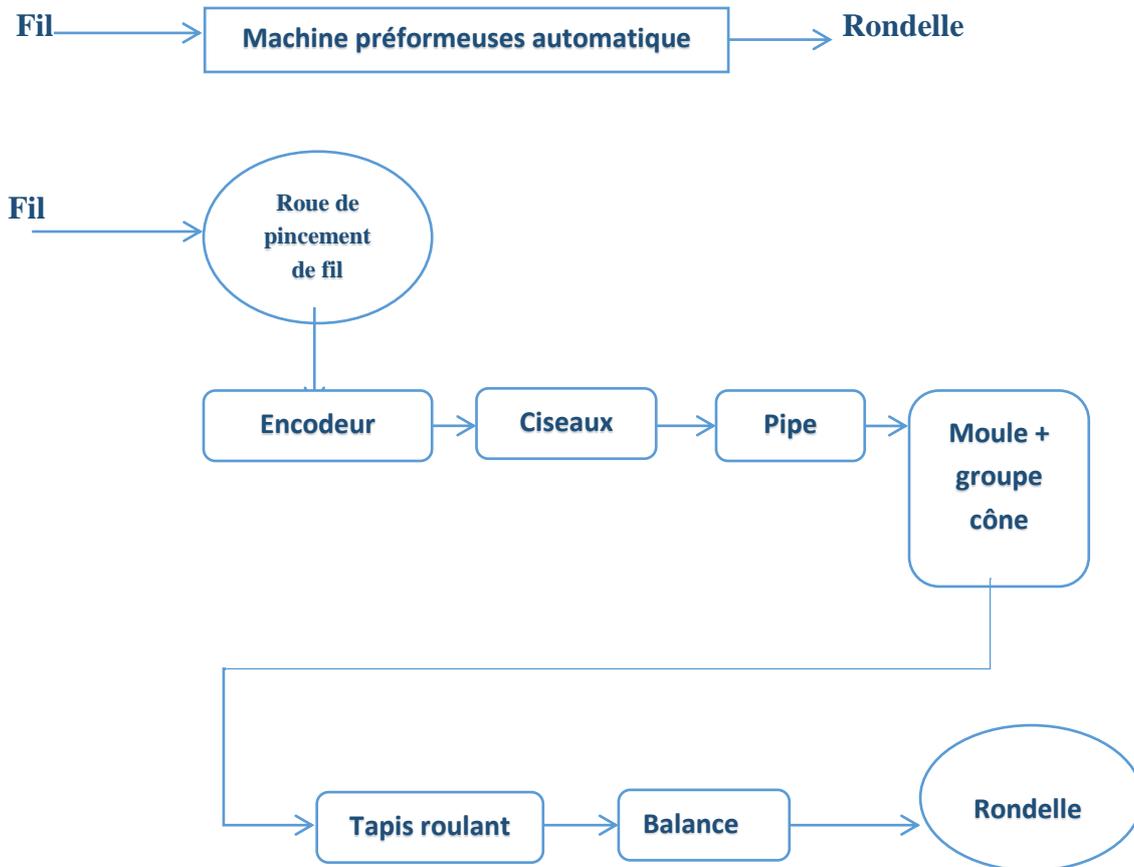


Figure 11: schéma général de la machine preformeuse automatique

2. Description de fonctionnement général de la préformeuse automatique :

Dès l'entrée de fil au machine , un moteur lié avec une roue calcul la longueur de ce fil et donne l'ordre au ciseau de coupé quand on a la longueur désiré par l'automate , ensuite la pipe pose le fil au gabarit (moule) pour avoir la forme de rondelle et au haut de ce gabarit il existe un cône tournant son rôle est de bien pressé la rondelle dans le moule .

Après le découpage de fil un bras automatique prend la rondelle et la dépose dans une tapis roulant qui la transporte dans une balance qui mesure le poids de rondelle, si le poids est convient avec les paramètres d'entrée un vérin pousse cette dernière dans la zone des pièces fini, sinon un autre vérin va pousser vers les pièces rejets

➡ Cette machine est commandée par un automate ou il y a 3 variables principales :

- ❖ Temps de l'opération ;
- ❖ La longueur de fil ;
- ❖ Le poids de la rondelle, avec une tolérance.



Figure 12: machine de préformage automatique.

3. Diagramme de bête à corne :

La bête à cornes nous permettra de déterminer les exigences fondamentales qui justifient la conception du préformage automatique, et cela à l'aide des trois questions fondamentales :

- ❖ A qui rend-il service ?
- ❖ Sur quoi agit-il ?
- ❖ Dans quel but ?

A qui rend-il service ?

Sur quoi agit-il ?

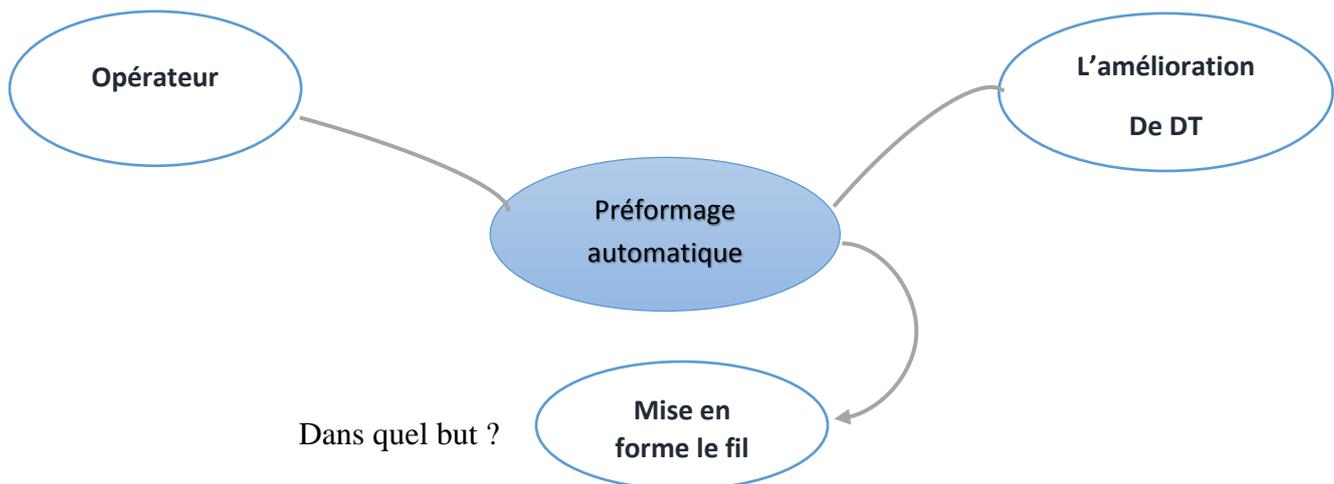


Figure 13 : Diagramme bête à corne de préformage automatique.

4. Diagramme de pieuvre de la machine préformeuse :

Les fonctions de service (principales et contraintes) du système ont été identifiées à partir de l'inventaire des milieux environnants en phase de marche.

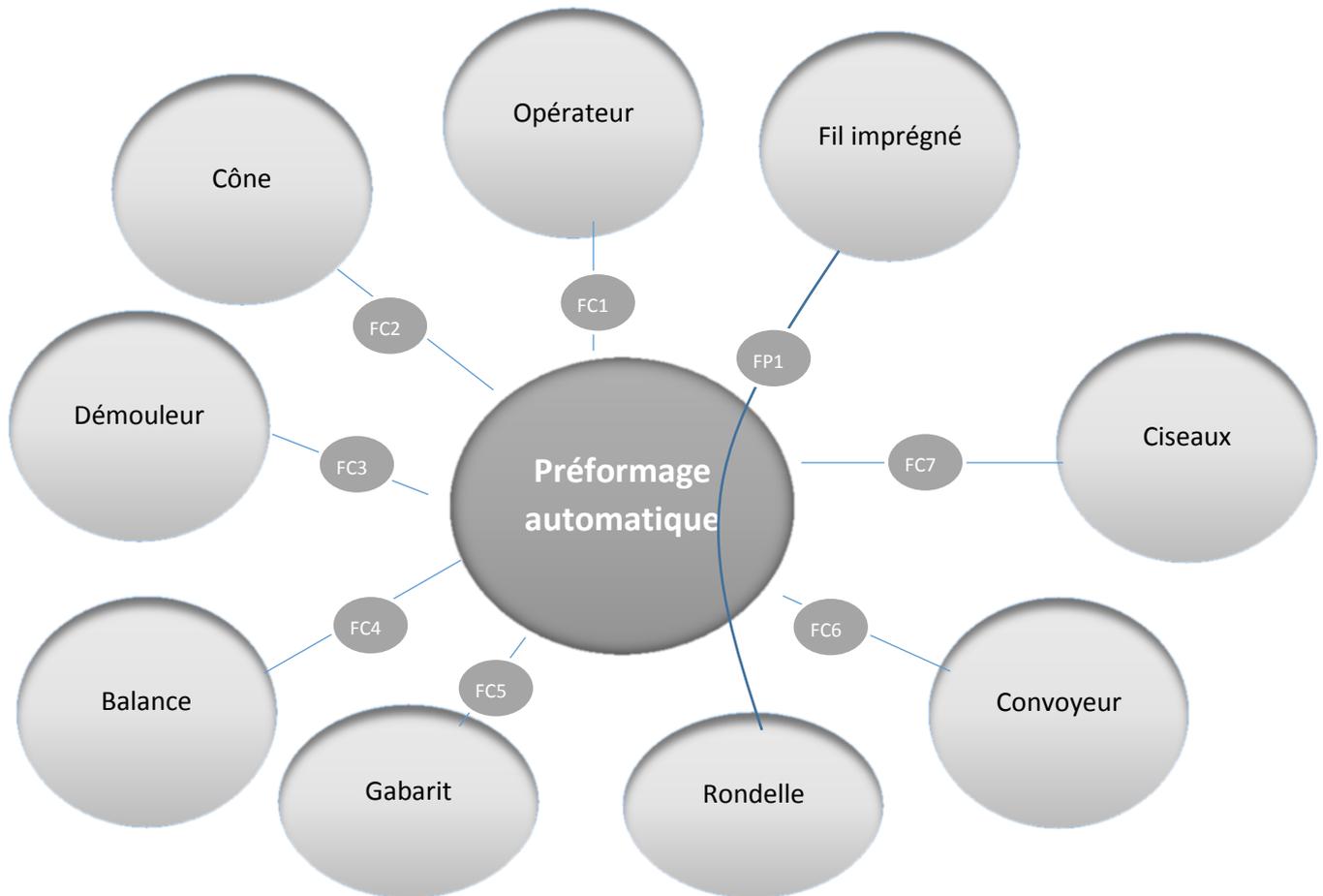


Figure 14 : les fonctions de contraintes et principales de la préformeuse automatique.

FP1 : transformer le fil imprégné en rondelle ;

FC1 : être accessible par l'opérateur ;

FC2 : bien presser la rondelle ;

FC3 : mettre en position la rondelle sur le convoyeur ;

FC4 : mesurer le poids de la rondelle ;

FC5 : assurer les dimensions de la rondelle ;

FC6 : envoyer la rondelle imprégnée vers la balance ;

FC7 : découper le fil imprégné.



CHAPITRE 4: RESULTATS DES ANALYSE AMDEC / PARETO

Ce chapitre a pour objectif d'identifier les échelles de notation et élaborer les résultats des analyses.

D'abord nous allons commencer par la détermination des échelles de gravité, fréquence et non détection, ensuite les tableaux **AMDEC** des machines, enfin nous analysons ces tableau par la méthode **ABC** et donné des recommandations.



I. Méthode d'analyse AMDEC/ABC :

1. Généralités :

Pour formuler la grille des anomalies possibles, notre démarche pour la collection des informations a été basée sur les recommandations du fabricant des équipements, les observations du personnel de l'usine et les témoignages des intervenants directs sur les équipements.

Ces informations nous ont permis d'établir le tableau **AMDEC**. Dans ce même tableau, on a proposé des actions correctives à mener pour chaque mode de défaillance. On a comparé les équipements de l'usine à des équipements semblables existant à l'unité de production d'acide phosphorique implantée en coopération avec l'Inde.

Cette comparaison nous a guidé sur la nature et les causes des défaillances afin d'améliorer la performance et de prévenir les risques.

2. la présentation de la méthode AMDEC :

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité.

a) Avantages de la méthode AMDEC :

- ✓ L'amélioration de la satisfaction des clients ;
- ✓ Le pilotage de l'amélioration continue par plan d'actions formalisé ;
- ✓ Développement de l'échange de la communication ;
- ✓ L'amélioration de la stabilité des procédés, la fiabilité des produits et la sûreté de fonctionnement des machines ;
- ✓ La réduction des coûts ;
- ✓ Capitalisation de l'expérience ;
- ✓ Optimisation des contrôles, des tests et essais ;
- ✓ Elimination des causes de défaillance ;
- ✓ Généralisation de la prévention à tous les niveaux de l'entreprise.

b) Quand appliquer AMDEC ? :

- ❖ Pendant l'étude d'un nouveau produit ;
- ❖ Pendant la validation d'un nouveau procédé de fabrication ou l'amélioration d'un procédé existant ;
- ❖ Pendant le développement d'un plan de maintenance pour une machine de production.



c) Définition des termes relatifs à la méthode AMDEC :

Défaillance :

Une défaillance se présente lorsqu'un produit, un composant ou un ensemble : Ne fonctionne pas, ne fonctionne pas au moment prévu, ne s'arrête pas au moment prévu, fonctionne à un instant non désiré ou fonctionne, mais les performances requises ne sont pas obtenues.

Modes de défaillance :

La façon dont un produit, un composant, un processus manifeste une défaillance ou s'écarte des spécifications. Ce mode peut prendre l'une des formes suivantes : Une déformation, vibration, coincement, desserrage, corrosion, fuite, perte de performance, court-circuit, flambage, difficulté à s'arrêter ou à démarrer, dépassement de la limite supérieure tolérée, etc.

Les modes de défaillance sont parfois décrits comme des catégories de défauts. Un mode de défaillance potentiel décrit la façon dans laquelle un produit ou un procédé pourrait échouer dans l'exécution de sa fonction première.

Causes de défaillance :

Les causes de défaillance (amont) sont les circonstances associées à la conception, à la fabrication ou à l'utilisation, qui ont entraînés une défaillance. Elles appartiennent aux 5 M.

Effets de défaillance :

Les effets d'une défaillance (aval) sont les symptômes par lequel est décelée l'altération ou la cessation d'une fonction requise, et qui en est la conséquence.

Éléments AMDEC :

Les éléments AMDEC sont identifiés ou analysés dans le cadre du procédé AMDEC. Les exemples communs sont: les fonctions, les modes de défaillance, les causes, les effets, les contrôles, et Actions.

Les éléments AMDEC deviennent les titres de colonne du formulaire.

3. Échelle de Cotation :

Pour rendre l'étude homogène, la criticité des défaillances de tous les équipements sera évaluée suivant une même échelle de cotation, à partir de trois critères indépendants : la fréquence d'apparition ou la probabilité d'occurrence (**F**), la gravité (**G**) et la probabilité de non détection (**D**). A chaque critère nous avons associé une échelle de cotation définie selon quatre niveaux en s'appuyant sur : l'historique des arrêts du département de maintenance et l'expérience du personnel.

En effet, l'échelle de cotation est basée principalement sur le temps de l'indisponibilité ainsi que le nombre de défaillances des équipements. Elle est aussi le résultat de nombreuses réunions menées avec les chefs d'équipe du service maintenance.



Sévérité (Gravité) :

La sévérité (ou la gravité) est une évaluation de l'importance de l'effet de la défaillance potentielle sur le Client.

Occurrence (Fréquence d'apparition) :

L'occurrence est une évaluation de l'apparition d'une défaillance particulière (à l'utilisation, la fabrication ou à la conception d'un produit).

Détection :

C'est la probabilité de livrer le produit défaillant au client (interne et/ou externe) quand le défaut a été généré. Elle mesure l'efficacité relative des contrôles.

Criticité :

La criticité est le produit de l'indice de Gravité, l'indice de Fréquence et de l'indice de Détection

$$C=G*F*D$$

Indice de gravité G			
1	Sans dommage : défaillance mineure ne provoquant pas d'arrêt de production et aucune dégradation notable du matériel	3	Important : défaillance provoquant un arrêt significatif et nécessitent une intervention importante
2	Moyenne : défaillance provoquant un arrêt de production et nécessitant une petite intervention	4	Catastrophique : défaillance provoquant un arrêt impliquant des problèmes graves
Indice de fréquence F			
1	Exceptionnelle : la possibilité d'une défaillance est pratiquement inexistante	3	Certaine : il y a eu traditionnellement des défaillances dans le passé
2	Rare : une défaillance occasionnelle s'est déjà produite ou pourrait se produire	4	Très fréquente : il est presque certain que la défaillance se produira souvent
Indice de non-détection ND			
1	Signes avant-coureurs : l'opérateur pourra détecter facilement la défaillance	3	Aucun signe : la recherche de la défaillance n'est pas facile
2	Peu de signes : la défaillance est décelable avec une certaine de recherche	4	La défaillance n'est pas détectable ou encore sa localisation nécessite une recherche approfondie

Le tableau suivant montre les différents éléments de la criticité et leurs niveaux.

Tableau 3 : Valeur des éléments de la criticité



FICHE AMDEC

 PROCESSUS PRODUIT MOYEN

DATE :

ESSAIDY / EL GANNACHE

SERVICE : MAINTENANCE

PAGE : 1

SYSTEME : imprégnation

SOUS SYSTEME : imprégnation

Elément	Fonction	Mode de Défaillance	Cause de la défaillance	Effets	Criticité				Actions envisagées	
					G	F	N	C		
01	Le système de guidage des fils	Guider le fil avant sa pénétration dans la pâte	La surface du guidage et détérioré	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <u>le frottement entre le guidage et le fil</u> les rouleaux guide sont fixe par rapport au fil le matériau du guidage mauvaise conception du guidage 	<ul style="list-style-type: none"> Arrachement du fil Coupure du fil Mauvaise répartition de la tension dans le fil Mauvais recouvrement du fil 	4	2	2	16	refaire la conception du guidage : <ul style="list-style-type: none"> les rouleaux doivent être mobiles envisager une structure permettant une bonne répartition de la tension dans tous les fils utiliser un autre matériau qui n arrache par le fil
02	L'outil	Enlever l'excédent de la pâte sur le fil	<ul style="list-style-type: none"> Déréglage de l'outil Coincement des lames 	Mauvaise conception	<ul style="list-style-type: none"> Arrachement du fil Coupure du fil Mauvais recouvrement du fil Présence de bavure sur les rondelles Problème de métrage sur la machine préformage 	4	4	4	64	Refaire la conception de l'outil : <ul style="list-style-type: none"> Minimiser le frottement outil/fil Enlever les arrêtes tranchantes Permettre une bonne évacuation de la pâte



	FICHE AMDEC			
	DATE :	ESSAIDY / EL GANNACHE	SERVICE : MAINTENANCE	PAGE : 2
<input type="checkbox"/> PROCESSUS <input type="checkbox"/> PRODUIT <input type="checkbox"/> MOYEN N	SYSTEME : imprégnation		SOUS SYSTEME : imprégnation	

Elément	Fonction	Mode de Défaillance	Cause de la défaillance	Effets	Criticité				Actions envisagées	
					G	F	N	C		
03	Le bac	Contient le mélange d'imprégnation	<ul style="list-style-type: none"> Chute du niveau du mélange variation de la viscosité de la pate 	<ul style="list-style-type: none"> Absence de système de détection automatique Inattention de l'operateur 	Mauvais recouvrement du fil	4	3	4	48	<ul style="list-style-type: none"> Implantation d'un système automatique pour la détection du niveau bas de la pate Ajouté un mélangeur
04	Système de transmission	Transmission du mouvement	Blocage	Manque de lubrification	Arrêt de la machine	2	1	1	2	
05	Chaine d'entraînement	Entrainer le tambour	<ul style="list-style-type: none"> Usure Rupture Blocage 	<ul style="list-style-type: none"> Manque de lubrification Fatigue Blocage de fil (force résistante) 	Arrêt de machine	2	1	1	2	<ul style="list-style-type: none"> Lubrification Changement (pièce de rechange)



	FICHE AMDEC		
	<input type="checkbox"/> PROCESSUS <input type="checkbox"/> PRODUIT <input type="checkbox"/> MOYEN	DATE : ESSAIDY / EL GANNACHE	SERVICE : MAINTENANCE
SYSTEME : imprégnation		SOUS SYSTEME : imprégnation	

Elément	Fonction	Mode de Défaillance	Cause de la défaillance	Effets	Criticité				Actions envisagées
					G	F	N	C	
06	Le mélange (viscosité)	Excès de recouvrement REC > 68g	Viscosité faible du mélange	<ul style="list-style-type: none"> Mauvais absorption de fil Instabilité recouvrement 	4	4	3	48	<ul style="list-style-type: none"> Trouver un lien entre le recouvrement ; durée vie de mélange et température Minimiser la durée de vie de mélange
		Faible recouvrement < 63 g	Viscosité élevée du mélange	Instabilité recouvrement	4	3	3	36	



5. Méthode de Pareto (Méthode ABC) :

Le principe de l'analyse de **Pareto** est de consacrer une très grande attention à un petit nombre d'éléments (20%) qui ont un effet très grand (80%). Cette méthode permet de discriminer les éléments les plus critiques qu'on désigne par la classe (A). La représentation graphique (courbe de Pareto) des éléments en fonction de leurs criticités permet de localiser les éléments de cette classe.

Dans cette analyse, les organes sont classés en ordre décroissant selon la criticité. Le cumulé et le pourcentage cumulé de chaque organe sont déterminés par la suite.

Le tableau présente les organes constituant la cabine d'imprégnation et la criticité correspondante.

Organes	Criticité (C)	Ordre de criticité	% de criticité	% cumulé
L'outil	64	1	32,34%	32,34%
le mélange (viscosité)	48	2	24,88%	57,21%
Le bac	48	3	25,37%	82,59%
Système de guidage de fil	16	4	9,95%	92,54%
système de transmission	2	5	3,48%	96,02%
chaîne d'entraînement	2	6	3,98%	100,00%

Tableau 4 : Classification des organes de la cabine d'imprégnation et leurs criticités

La courbe de Pareto : est obtenue en représentant les pourcentages cumulés en fonction de l'ordre de criticité des organes étudiés. Le graphe permet de distinguer les organes les plus critiques.

La courbe de **Pareto** permet de répartir les éléments du système étudié en trois classes :

- la classe **A** représentant les éléments les plus critiques ;
- la classe **B** des éléments à criticité moyenne ;
- la classe **C** des éléments les moins critiques.

La figure 18 présente la courbe de Pareto de la cabine d'imprégnation

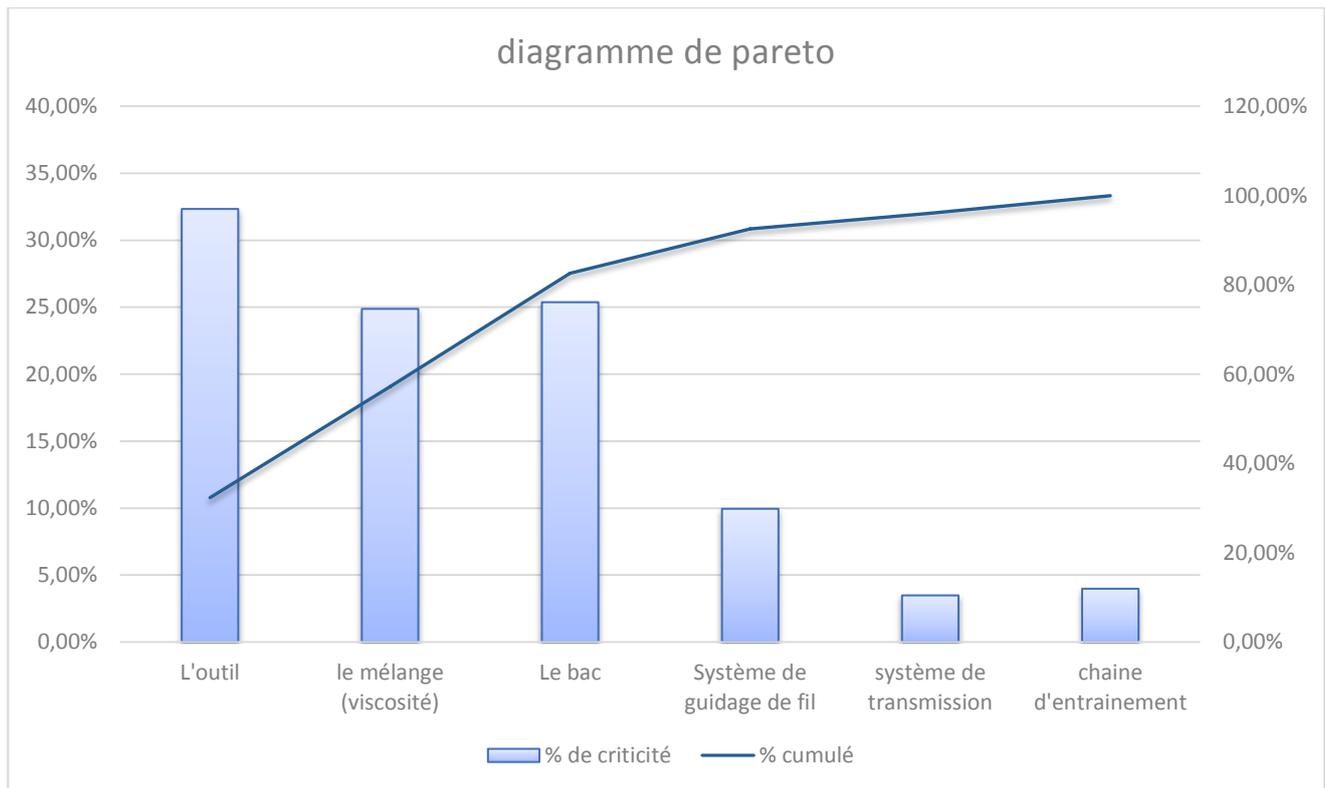


Figure 15 : Courbe de Pareto des éléments de la cabine

D'après la figure précédente, la classe **A** contient **20%** des éléments de la cabine, ce qui représente les trois premiers éléments :

- ❖ L'outil ;
- ❖ Le Mélange (viscosité) ;
- ❖ Bac d'imprégnation.

Recommandation 1 : l'outil d'imprégnation s'usé pendant l'utilisation.

Il est donc nécessaire de :

- Un nettoyage des lames pour éviter l'usure de la matière ;
- Garder la distance entre deux lames ;
- mesurer périodiquement le poids du fil imprégné qui sort de la chambre de séjour.

Refaire la conception de l'outil :

- Minimiser le frottement outil/fil ;
- Enlever les arrêtes tranchantes ;
- Permettre une bonne évacuation de la pâte.



Recommandation 2: le bac d'imprégnation contient la pâte visqueuse d'où la nécessité de :

- enlever le reste de la pâte collé sur les coins de bac ;
- Nettoyer chaque jour le bac d'imprégnation ;
- Implantation d'un système automatique pour la détection du niveau bas de la pâte.

Recommandation 3 : la viscosité de mélange est instable ce qui influence sur la stabilité de recouvrement d'où la nécessité de :

- Trouver un lien entre la viscosité et recouvrement ;
- Trouver un lien entre la viscosité et la durée de vie ;
- Minimiser la durée de vie de mélange ;
- Ajouté un mélangeur pour stabiliser la viscosité.



CHAPITRE 5 : ESSAIS EXPERIMENTAUX REALISES



I. Le lien entre la viscosité, la température et la durée de vie de mélange :

1. Notion de viscosité :

La viscosité est une grandeur physique qui exprime la capacité d'un corps à s'opposer au cisaillement. Mais on parle surtout de viscosité en parlant d'un fluide. On dira alors qu'elle exprime la résistance d'un liquide à l'écoulement uniforme et sans turbulence. La connaissance de la viscosité est capitale. Si elle peut être négligée à très basses vitesses, sa présence se fait remarquer d'autant plus à des vitesses conséquentes. Que ce soit pour les tubes d'écoulement d'une centrale hydraulique ou encore d'obtenir une huile particulière, l'ingénieur a besoin de connaître le comportement du fluide en question.

1.1. Les types de viscosité :

Il existe deux types de viscosité : la **viscosité dynamique** et la **viscosité cinématique**

a) La viscosité dynamique :

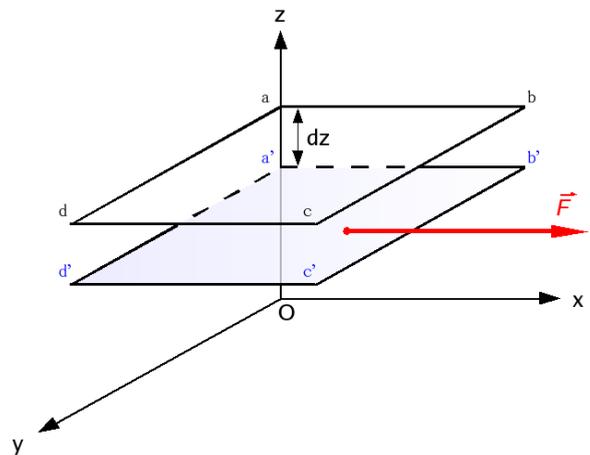
Une façon de définir la viscosité dynamique est de considérer deux couches d'un fluide notées $abcd$ et $a'b'c'd'$, la couche $abcd$ étant animée d'une vitesse relative à $a'b'c'd'$ notée dv et dirigée suivant x . Sous l'effet de la viscosité, une force F s'exerce sur la couche $a'b'c'd'$ séparée de dz . La viscosité dynamique η (le symbole μ est également utilisé) intervient dans la relation entre la norme de cette force F et le taux de cisaillement $\frac{dv}{dz}$, S étant la surface de chaque couche.

$$F = \mu S \frac{dv}{dz} \quad F = \mu S \frac{v}{e}$$

Le rapport $\frac{v}{e}$ Représente le gradient de vitesse, c'est-à-dire $\frac{dv}{dz}$ La formule de Newton montre que ce gradient est constant.

La contrainte tangentielle qui cisaille les couches est

$$\tau = \frac{F}{S}$$





En définissant le taux de cisaillement γ comme étant la dérivée temporelle du taux de déformation

$$\gamma = \frac{dv}{dz} = \left(\frac{dx}{dz} \right)$$

L'équation aux dimensions de la viscosité dynamique s'écrit :

$$[\mu] = \frac{(L \cdot M \cdot T^{-2}) \cdot (L)}{(L \cdot T^{-1})(L^2)} = L^{-1} \cdot M \cdot T^{-1}$$

Les unités sont :

- Système C.G.S : (ancien système d'unités)

$$1 \text{ Pl} = 10 \text{ Po} = 1 \text{ daPo} = 10^3 \text{ cPo. (Po) Poise}$$

- Système international (SI) :

Le Pascal seconde (Pa.s) ou Poiseuille (Pl) : $1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 1 \text{ Pl} = 1 \text{ kg/m}$.

b) La viscosité cinématique :

La viscosité cinématique est le quotient de la viscosité dynamique par la masse volumique du fluide.

$$v = \frac{\mu}{\rho} \text{ Où } \rho \text{ est la masse volumique du fluide.}$$

L'équation aux dimensions de la viscosité cinématique s'écrit :

$$[v] = \frac{(L^{-1} \cdot M \cdot T^{-1})}{(M \cdot L^{-3})} = L^2 \cdot T^{-1}$$

Les unités sont :

- Système C.G.S : L'unité est le Stokes (St) : $1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^4 \text{ St}$
- Système international (SI) : (m^2/s).

1.2. mesure de la viscosité :

a) Introduction :

Un viscosimètre est un instrument utilisé pour mesurer la viscosité d'un fluide. On utilise en général l'un des deux principes suivants : soit le fluide est immobile et un objet se déplace en son sein, ou bien l'objet est stationnaire et le fluide se déplace autour de lui. La trainée causée par le mouvement relatif du fluide sur une surface constitue une mesure de la viscosité.

La mesure de la viscosité se fait avec deux catégories d'appareils :



- les viscosimètres absolus, fondés sur la définition même de la viscosité dynamique ou sur les conséquences de cette définition (loi d'écoulement dans un tube capillaire, chute d'une bille dans un liquide).
- les viscosimètres empiriques, d'un emploi plus simple, dans lesquels on compare les temps d'écoulement dans un appareil de caractéristiques données.

Pour notre étude, on va utiliser le viscosimètre « **Brookfield** », c'est un instrument qui fait partie de la première catégorie.

b) Principe de fonctionnement du viscosimètre Brookfield :

Le viscosimètre **Brookfield DV-E** mesure la viscosité de liquides à des vitesses de cisaillement données. La viscosité quantifie la résistance d'un fluide à s'écouler.



Figure 16: Photo Viscosimètre BROOKFEILD

Le principe de fonctionnement du viscosimètre **DV-E** consiste à faire tourner un mobile (qui est immergé dans le liquide à tester) par l'entremise d'un ressort calibré. La traînée visqueuse du liquide contre le mobile est mesurée par la torsion du ressort. La torsion du ressort est mesurée avec un transducteur rotatif qui fournit un signal de couple de torsion. La plage de mesures d'un viscosimètre **DV-E** (en centpoises ou en milliPascal.secondes) est déterminée par la vitesse de rotation du mobile, les dimensions et la forme du mobile, le récipient dans lequel le mobile tourne et la pleine échelle du couple de torsion du ressort calibré.

c) Commande de l'appareil :

Les commandes suivantes décrivent la fonction de chaque interrupteur :

MOTOR ON [Marche/Arrêt moteur] Permet de mettre le moteur sur Marche ou sur Arrêt.

AUTO RANGE [Pleine échelle]



Affiche la viscosité maximale (couple de torsion de 100%) pouvant être atteinte en utilisant le mobile sélectionné à la vitesse choisie. Cette valeur est appelée pleine échelle du couple de torsion.

SPEED/SPINDLE [sélection Vitesse/Mobile]

Permet de mettre le viscosimètre en mode de sélection de vitesse ou de sélection de mobile. Lorsque l'interrupteur est positionné du côté gauche, l'opérateur peut sélectionner la vitesse de rotation.

Lorsqu'il est positionné du côté droit, l'opérateur peut sélectionner un mobile.

Cet interrupteur est à trois (3) positions. Il est recommandé que l'interrupteur soit placé sur la position du milieu une fois qu'on a fini de régler le mobile ou la vitesse. Ceci empêchera tout changement accidentel des paramètres au cours des tests.

BOUTON SELECT [Sélection]

Ce bouton permet de faire défiler les sélections de vitesses ou de mobiles disponibles. Ce bouton est activé lorsque l'interrupteur Speed/Spindle (sélection vitesse/mobile) est placé sur la position den gauche ou de droite. On tourne le bouton dans le sens des aiguilles d'une montre pour augmenter la valeur et dans le sens contraire des aiguilles d'une montre pour la diminuer.

d) Comment effectuer une mesure avec le viscosimètre Brookfeild :

La procédure suivante est préconisée pour effectuer une mesure de la viscosité dans un bécher :

- On s'assure que l'interrupteur du moteur est positionné sur OFF (arrêt) avant de fixer le mobile. On sélectionne un mobile et on le fixe à l'axe inférieur. On soulève légèrement l'axe en le maintenant fermement d'une main tout en visant le mobile avec l'autre (à noter que le mobile doit être tourné de **gauche à droite**) ;
- On introduit le mobile et on le centre dans le produit jusqu'à ce que le liquide affleure au niveau de la rainure d'immersion sur l'axe du mobile. Avec un mobile de type disque, il est quelquefois nécessaire d'incliner légèrement le mobile pendant l'immersion afin d'éviter de piéger des bulles d'air à sa surface. (On peut remarquer qu'il est plus pratique d'immerger le mobile de cette façon avant de l'attacher au viscosimètre) ;
- Pour effectuer une mesure de viscosité, on sélectionne une vitesse. On laisse le temps à la lecture indiquée pour se stabiliser. Le temps nécessaire pour la stabilisation dépendra de la vitesse à laquelle fonctionne le viscosimètre et des caractéristiques du liquide à tester. Pour une précision maximale, on devra éviter des lectures inférieures à 10% ;
- On positionne l'interrupteur **MOTOR ON/OFF** sur "**OFF**" (arrêt) pour arrêter le moteur lors du changement de mobile ou le changement d'échantillons. On retire le mobile avant de le nettoyer.



e) Description des essais effectués :

Pour trouver la relation entre la viscosité, la température et la durée de vie du mélange nous avons réalisé une campagne d'essais selon les étapes suivantes :

- ❖ Quand l'étape de mélange est terminée, on prend une quantité de la pâte de ce mélange pour mesurer la viscosité (en utilisant le viscosimètre Brookfeild), on relève en même temps la température (en utilisant un thermomètre numérique) ;
- ❖ Après une durée de 30 minutes on refait les mesures de la viscosité et de la température afin d'étudier l'influence de la durée du mélange ;
- ❖ On continue les essais ainsi de suite par intervalles de 30 min jusqu'à ce que leur nombre total atteigne 8, ce qui permet de couvrir toute la durée de vie du mélange ;
- ❖ Les essais sont répétés 8 fois sur 5 mélanges différents pour étudier l'influence de la nature du mélange sur la relation : **viscosité=fonction (Température, Durée de mélange)**.

1^{ere} essai :

Heure	Temps (min)	Viscosité (Cp)
08:55	00	1648
09:25	30	1595
09:55	60	1561
10:25	90	1505
10:55	120	1480
11:25	150	1476
11:55	180	1460
12:25	210	1496

Tableau 5: viscosité en fonction (Température, Durée de mélange).

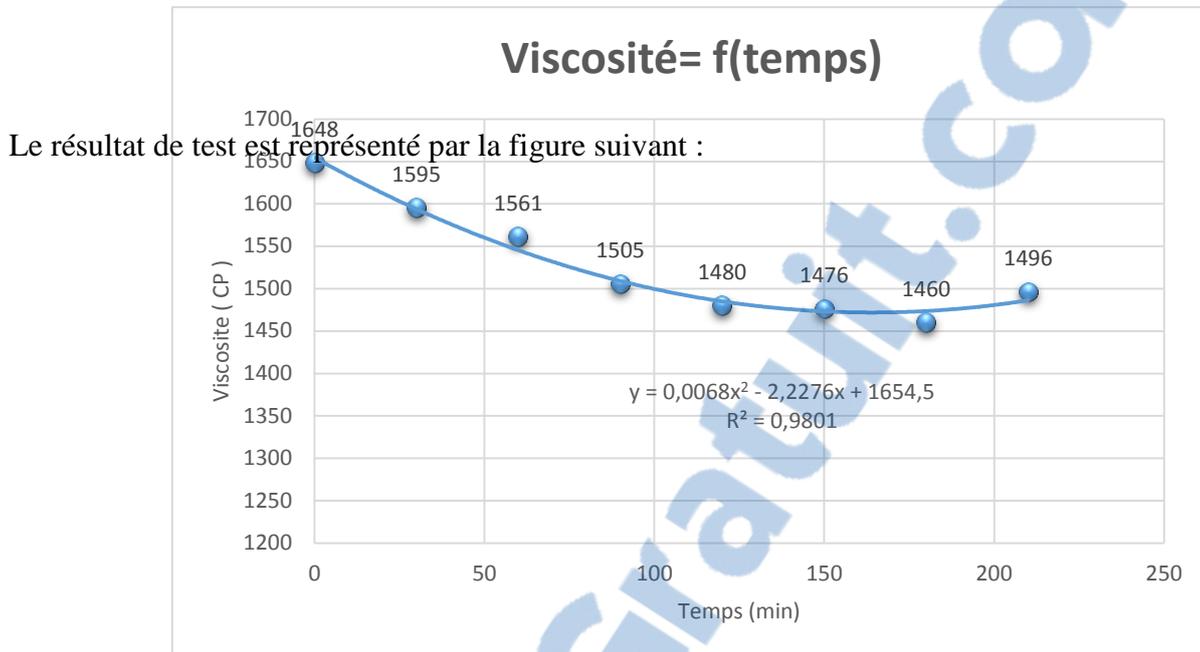


Figure 17 : viscosité en fonction (Température, Durée de mélange).

2^{ème} essai :

Heure	Temps (min)	Viscosité (Cp)
09:45	0	2048
10:15	30	1792
10:45	60	1681
11:15	90	1501
11:45	120	1386
12:15	150	1359
12:45	180	1506
13:15	210	1548



Tableau 6: viscosité en fonction (Température, Durée de mélange).
Viscosité= f(temps)

Le résultat de test est représenté par la figure suivant :

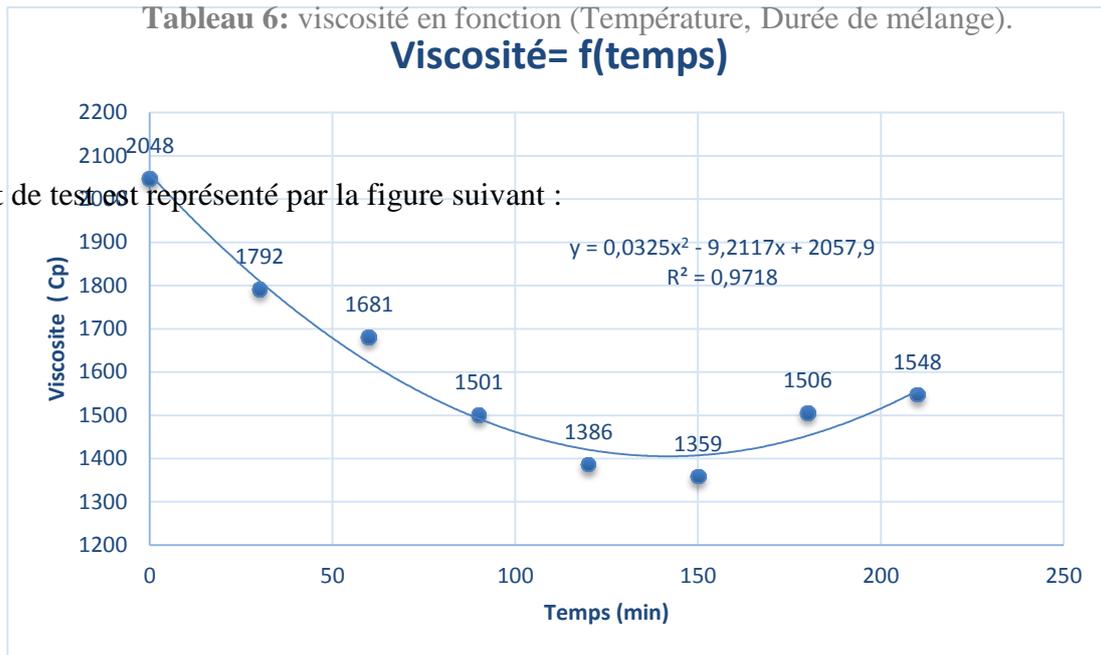


Figure 18: viscosité en fonction (Température, Durée de mélange).

3^{ème} essai :

Heure	Temps (min)	Viscosité (Cp)
11:40	0	1860
12:10	30	1465
12:40	60	1459
13:10	90	1449
13:40	120	1384
14:10	150	1376
14:40	180	1335
15:10	210	1415



Tableau 7: viscosité en fonction (Température, Durée de mélange).

Viscosité= f(temps)

Le résultat de test est représenté par la figure suivant :

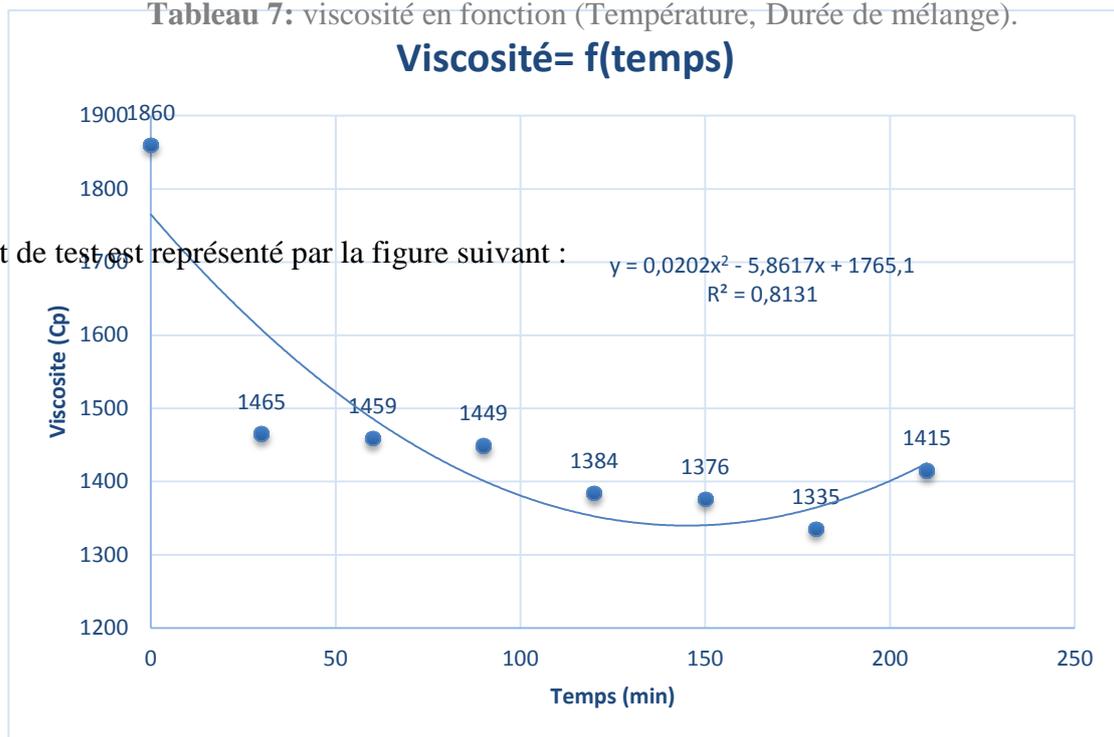


Figure 19 : viscosité en fonction (Température, Durée de mélange).

4^{ème} essai :

Heure	Temps (min)	Viscosité (Cp)
11:30	0	1652
12:00	30	1570
12:30	60	1526
13:00	90	1467
13:30	120	1452
14:00	150	1443
14:30	180	1488



15:00	210	1495
-------	-----	------

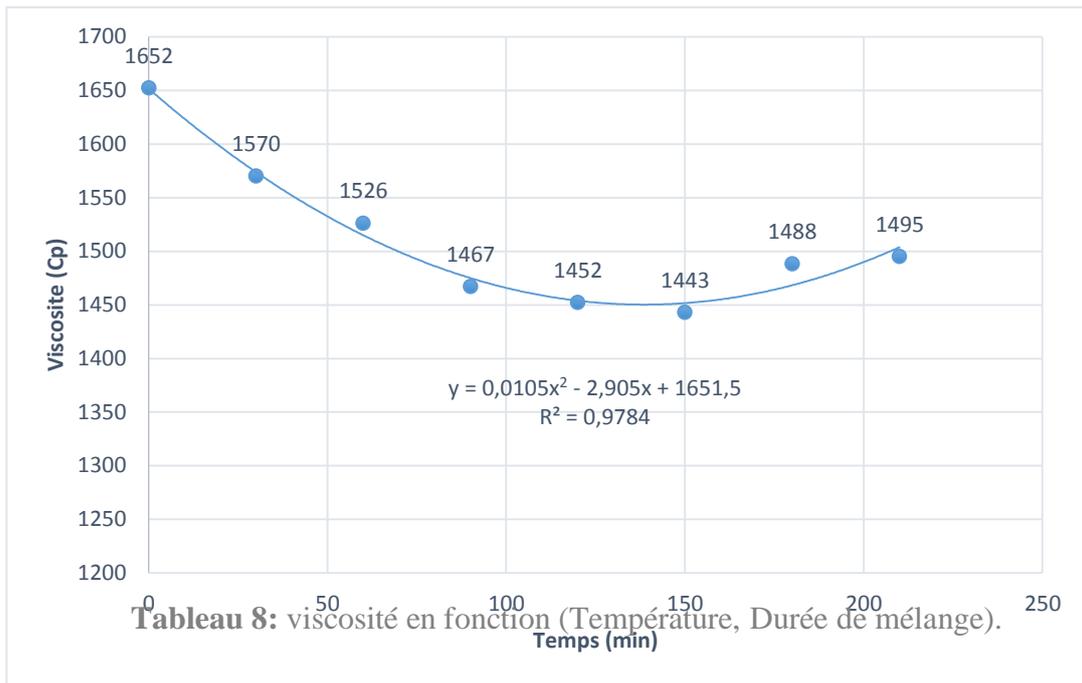


Tableau 8: viscosité en fonction (Température, Durée de mélange).

Le résultat de test est représenté par la figure suivant :

Figure 20: viscosité en fonction (Température, Durée de mélange).

5^{ème} essai :





Heure	Temps (min)	Viscosité (Cp)
11:45	0	1715
12:15	30	1661
12:45	60	1581
13:15	90	1530
13:45	120	1449
14:15	150	1379
14:45	180	1456
15:15	210	1479

Tableau 9: viscosité en fonction (Température, Durée de mélange).

Le résultat de test est représenté par la figure suivant :

Figure 21: viscosité en fonction (Température, Durée de mélange).



La viscosité du mélange dépend de plusieurs facteurs comme par exemple les matières premières utilisés, la quantité de pesé de ces matières, la façon avec laquelle a été effectué l'opération du mélange, la durée de chaque étape du mélange, et aussi la durée de vie du mélange ou bien le temps sans oublier la température. Nous remarquons que l'effet du mélange est grand car aucune des 5 corrélations précédentes ne ressemble à l'autre. On trouve aussi que la viscosité du mélange a tendance à décroître en fonction du temps.



C'est pour cela on a proposé d'ajouter un mélangeur pour stabiliser la viscosité.

II. Le lien entre la viscosité, et recouvrement du fil imprégner :

1. Description de l'essai effectué :

Quand le mélange est prêt, on prend un seau de ce mélange ainsi qu'une petite quantité de la pâte qui servira à mesurer la viscosité. On verse le seau dans le bac d'imprégnation et on repère le fil à imprégner avec un fil blanc. Lorsque le fil que nous avons repéré est imprégné et sort de la cabine d'imprégnation, on le retire et on découpe un tronçon de 4m. On mesure sa masse pour déterminer le recouvrement qu'il a pris. Après des intervalles réguliers de durée constante égale à 30 min, on refait ces mêmes étapes jusqu'à la fin du mélange.

L'essai est refait avec trois mélanges différents pour avoir une idée sur la variabilité qui pourrait être causée par la nature du mélange.

2. Les essais effectués :

1^{ère} essai :

Temps	Viscosité (Cp)	Recouvrements (4 mètres)
9 :30	3046	71
10 :00	3255	66
10 :30	3324	67
11 :00	3058	70
11 :30	2801	72
12 :00	2742	73



Tableau 10: Recouvrement en fonction (viscosité).

Le résultat de test est représenté par la figure suivant :

Figure 22: Recouvrement en fonction (viscosité).

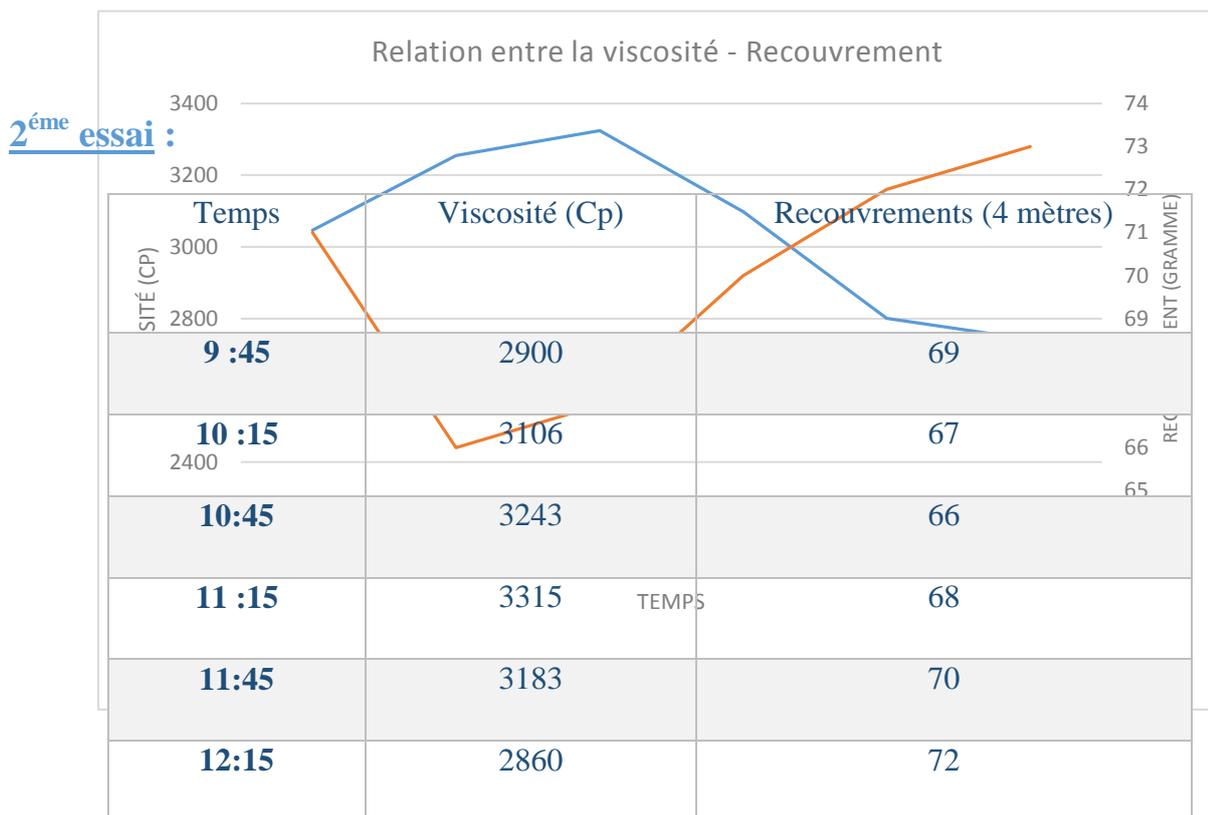




Tableau 11: Recouvrement en fonction (viscosité).

Le résultat de test est représenté par la figure suivant :

Figure 23: Recouvrement en fonction (viscosité).

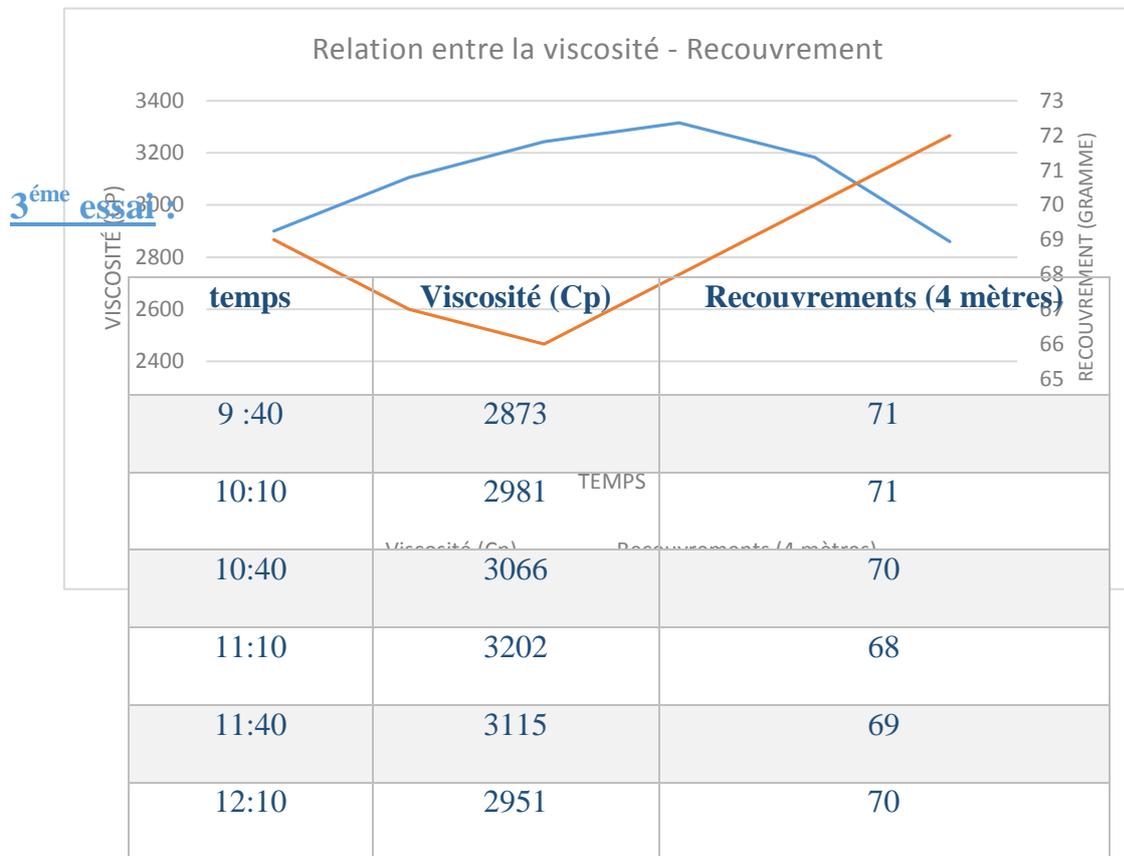
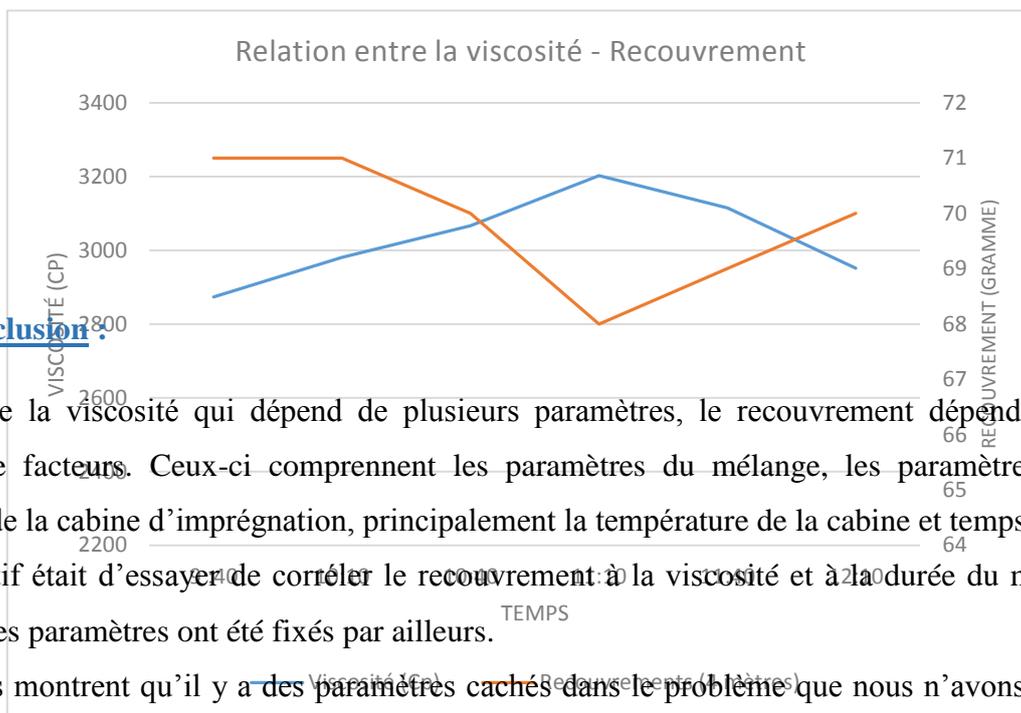


Tableau 12: Recouvrement en fonction (viscosité).



Le résultat de test est représenté par la figure suivant :

Figure 24: Recouvrement en fonction (viscosité).



3. Conclusion :

A l'instar de la viscosité qui dépend de plusieurs paramètres, le recouvrement dépend lui aussi d'un ensemble de facteurs. Ceux-ci comprennent les paramètres du mélange, les paramètres du fil et les paramètres de la cabine d'imprégnation, principalement la température de la cabine et temps de séjour.

Notre objectif était d'essayer de corréler le recouvrement à la viscosité et à la durée du mélange lorsque tous les autres paramètres ont été fixés par ailleurs.

Ces résultats montrent qu'il y a des paramètres cachés dans le problème que nous n'avons pas intégrés et qu'il faudrait rechercher pour comprendre le lien objectif qui existe entre le temps de séjour et le recouvrement du fil imprégné.

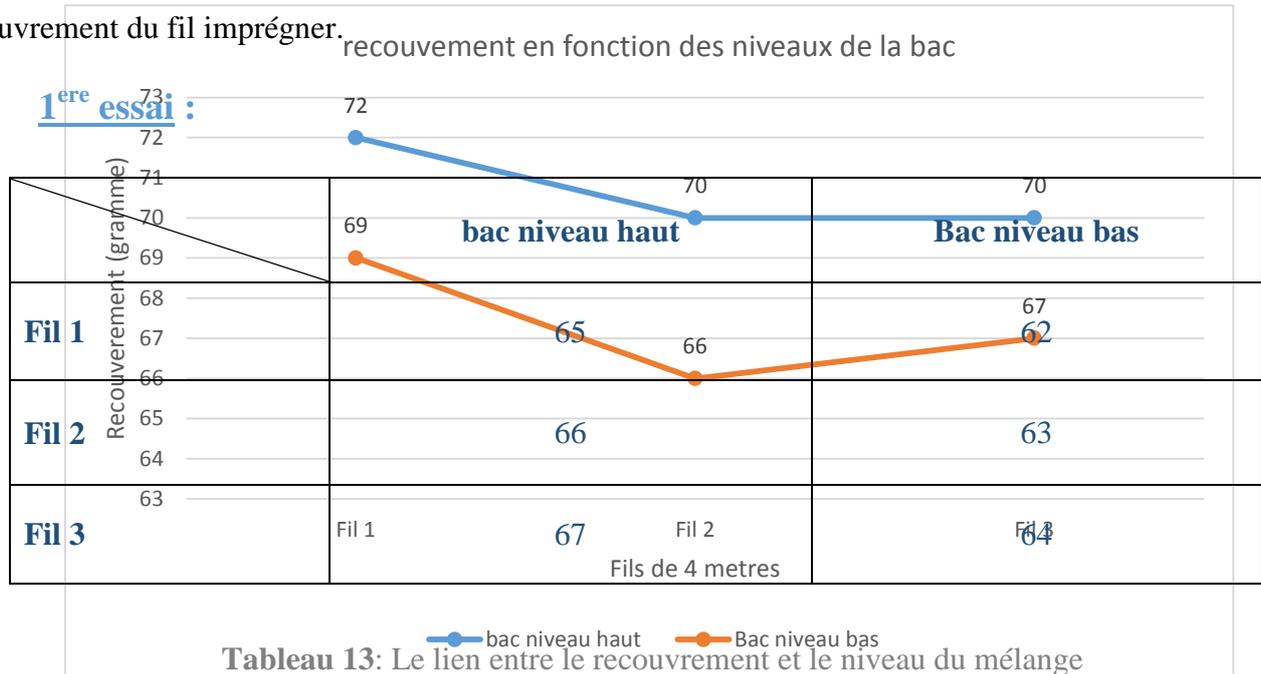
On propose d'ajouté un mélangeur pour stabiliser la viscosité et par conséquent stabilise le recouvrement du fil.

III. Le lien entre le recouvrement et le niveau du mélange dans le bac :



1. Description de l'essai effectué :

Dans cette étude nous avons essayé de voir la relation entre le niveau de mélange dans le bac et le recouvrement du fil imprégné.



Le résultat de test est représenté par la figure suivant :



Figure 25: Le lien entre le recouvrement et le niveau du mélange

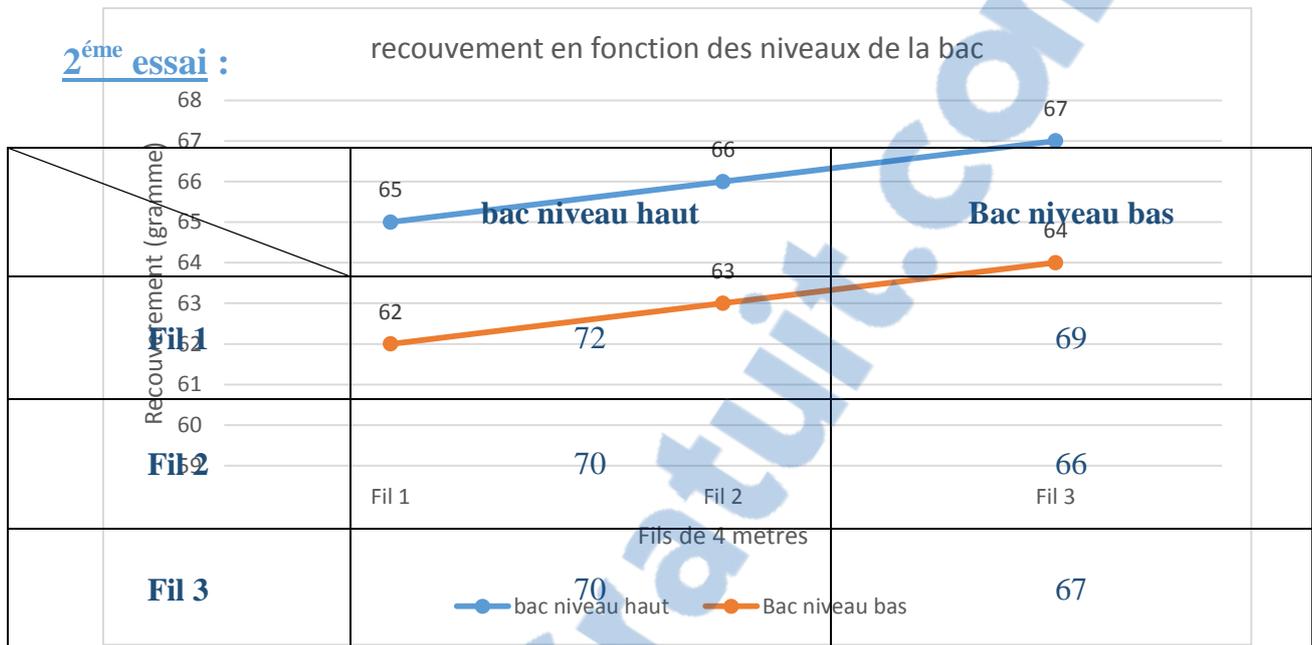


Tableau 14: Le lien entre le recouvrement et le niveau du mélange

Le résultat de test est représenté par la figure suivant :



Figure 26: Le lien entre le recouvrement et le niveau du mélange

3^{ème} essai :

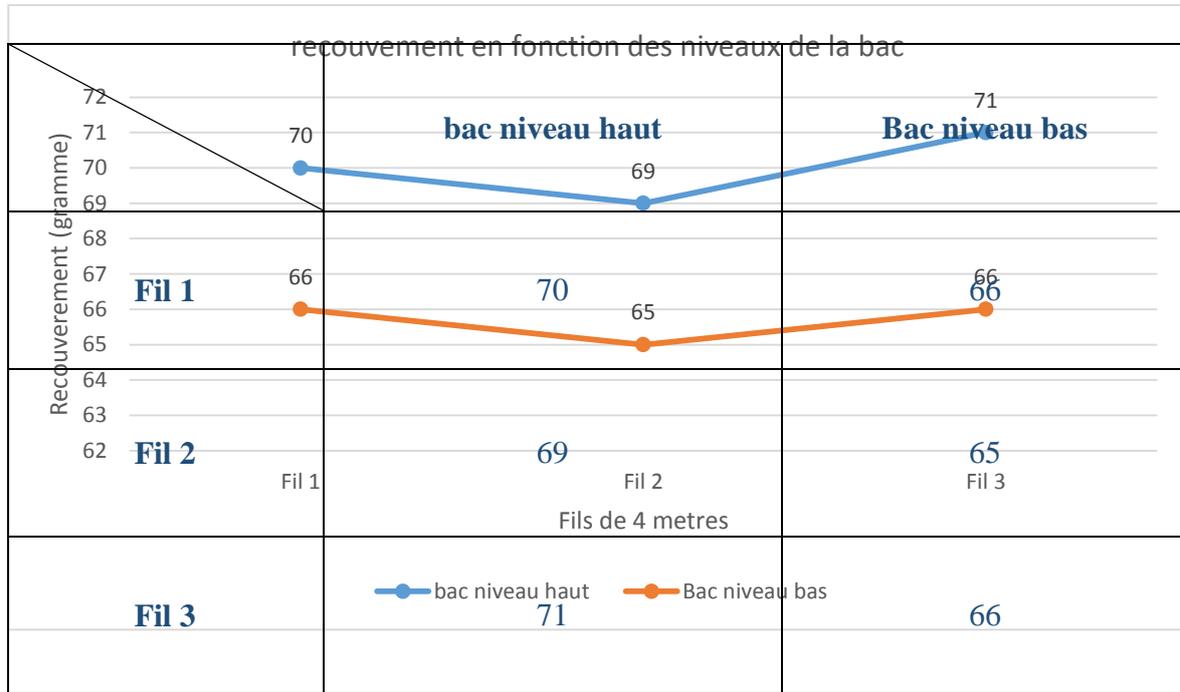


Tableau 15: Le lien entre le recouvrement et le niveau du mélange

Le résultat de test est représenté par la figure suivant :



Figure 27: Le lien entre le recouvrement et le niveau du mélange

2. Conclusion :

On remarque que le recouvrement du fil imprégner dépend de niveau du mélange dans le bac alors pour fixer le niveau du mélange dans le bac pour avoir un recouvrement stable il faut implanter **un système automatique pour la détection du niveau de la pâte dans le bac.**



CHAPITRE 6 : SOLUTIONS TECHNIQUES (ACTIONS D'AMELIORATIONS)

I. Conception de l'outillage d'imprégnation :

1. Etat actuel :

1.1. Description du système :

Définition : l'outil d'imprégnation c'est un dispositif sert à régler le diamètre du fil imprégné et le transmettre vers la cabine d'imprégnation.

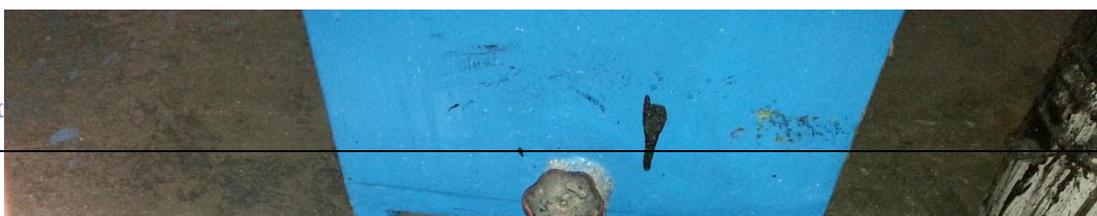




Figure 28 : l'outil d'imprégnation

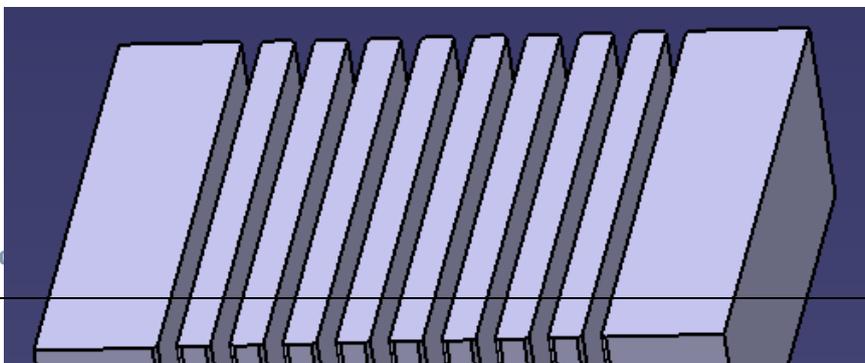
1.2. Problèmes lie au système :

- ✓ Instabilité du fil imprégné lie au problème du réglage des lames par l'opérateur ;
- ✓ Mauvais serrage du système ;
- ✓ Usure des lames ;
- ✓ La difficulté de démontage de système pour le nettoyage.

1.3. Nouvelle conception de l'outillage :

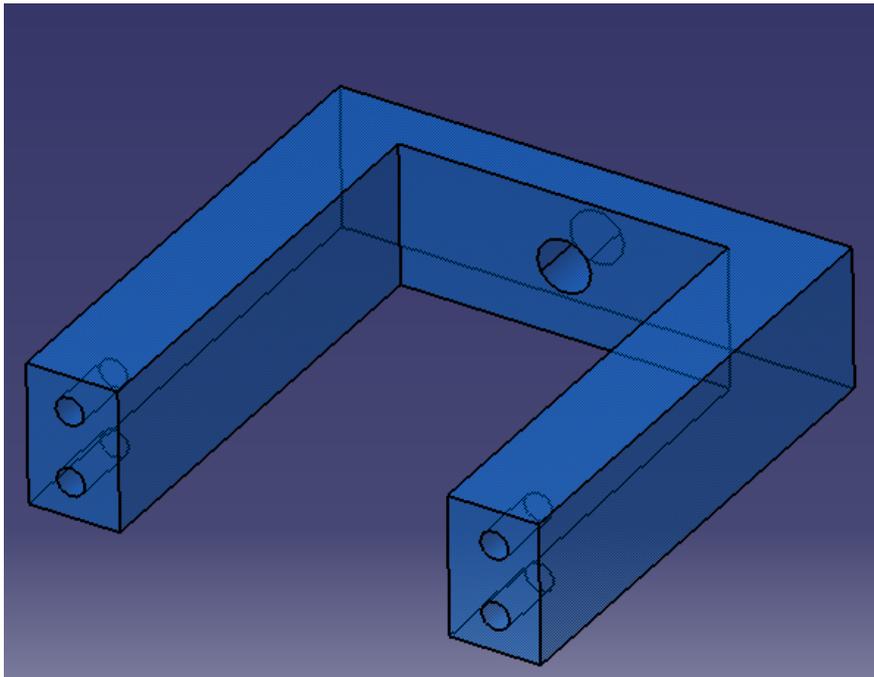
Le nouveau concept sert à stabiliser le recouvrement par un réglage simple du diamètre de fil imprégné et le démontage facile des lames pour le nettoyage.

a) La base :

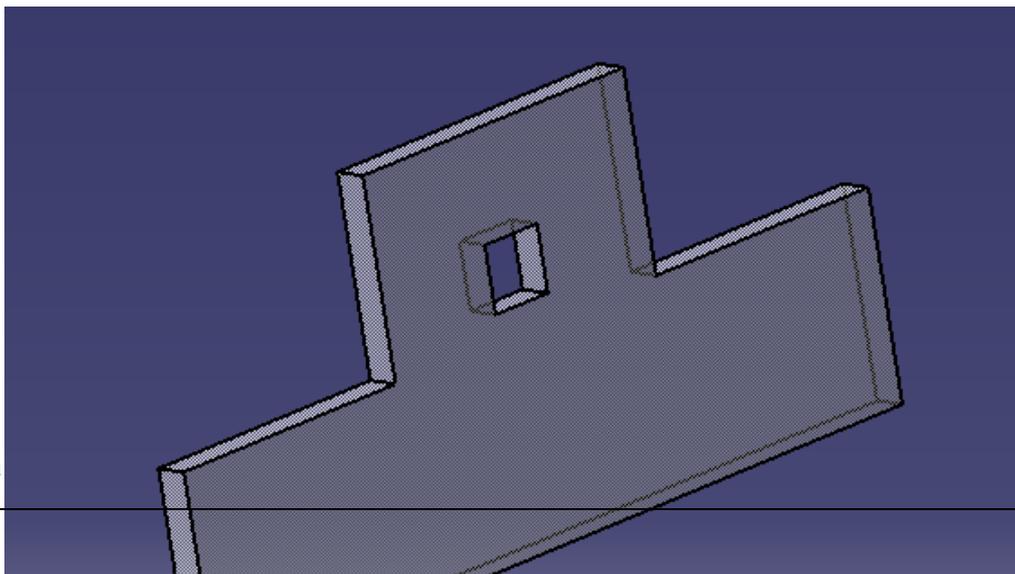




b) Le Support base :

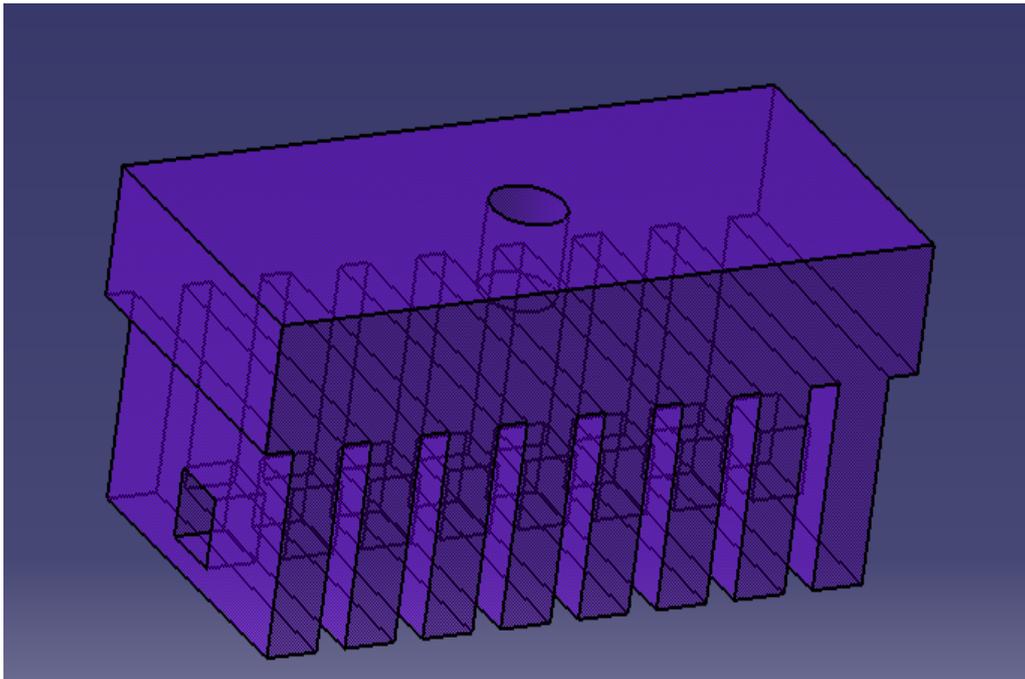


c) La lame :

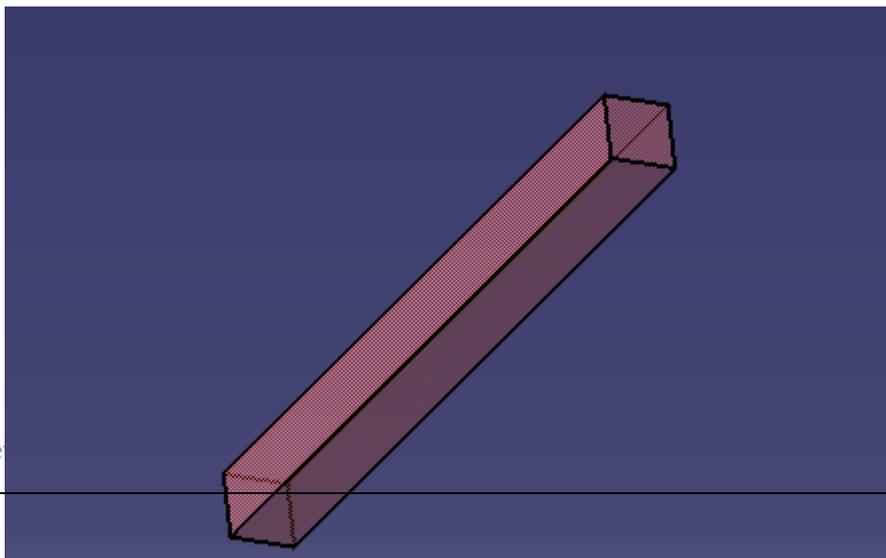




d) Le Support lame :

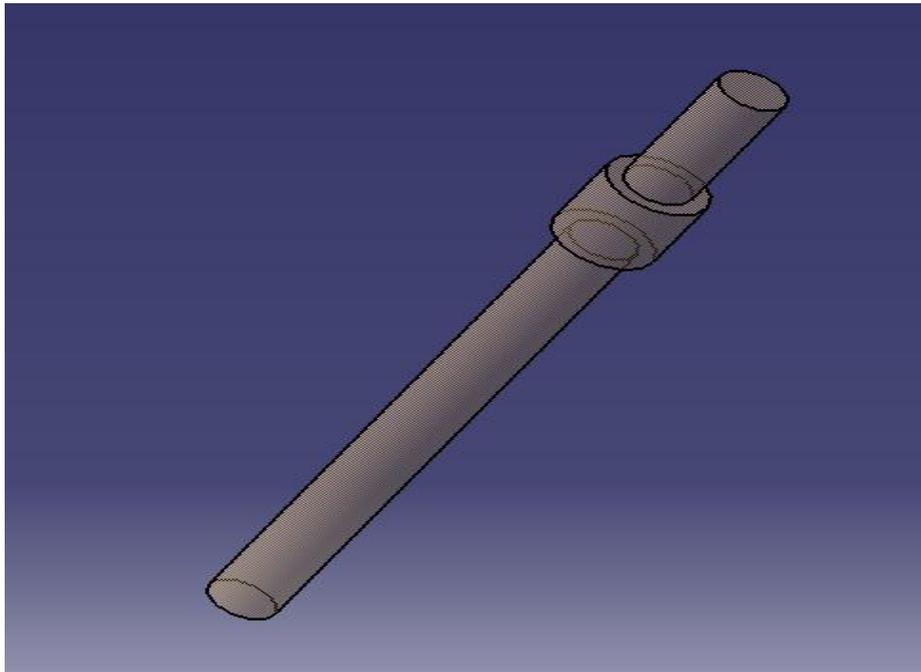


e) La tige de fixation :

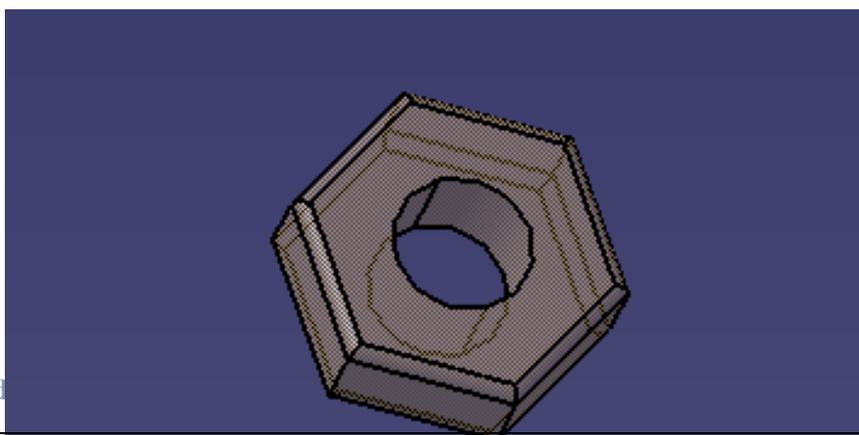




f) La tige de guidage :

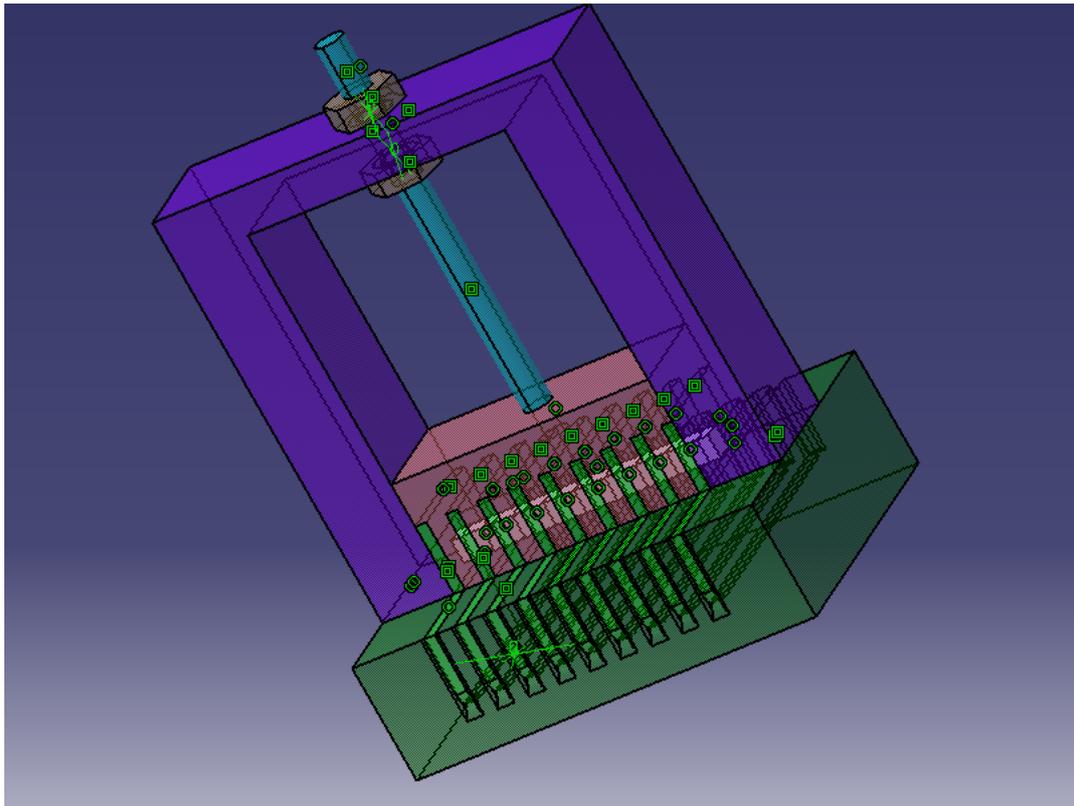


g) L'écrou :





h) Dessin d'ensemble :



II. Stabilité du fil imprégné :

1. Action d'amélioration :

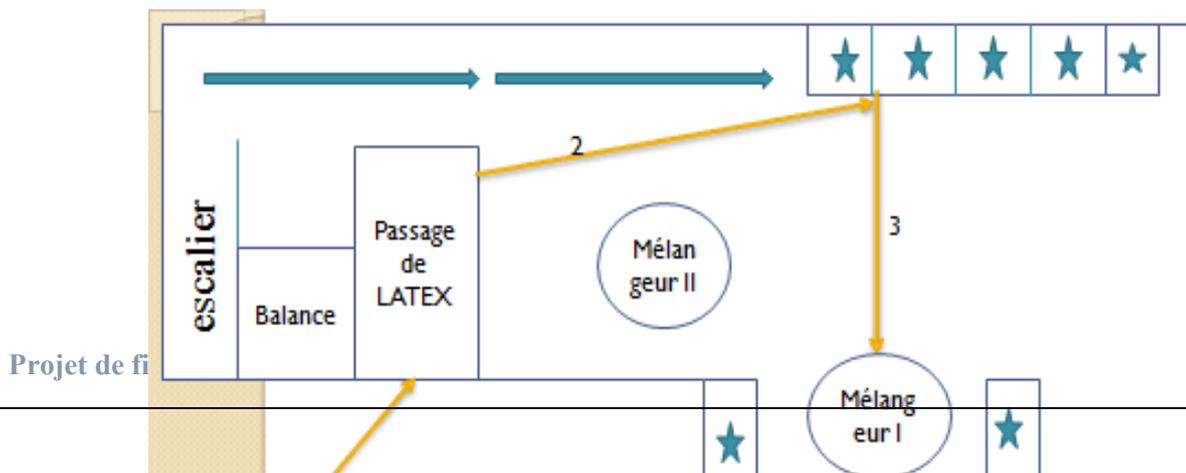
Plusieurs réunions avec les services techniques pour comprendre l'origine des problèmes de stabilité du fil imprégné nous ont mené à nous recentrer sur le manque de maîtrise du processus. Le temps de séjour du fil dans le mélange est variable, ce qui entraîne des épaisseurs différentes.

Voici un schéma expliquant les flux générés lors du processus d'imprégnation.





Nous avons décidé de retravailler ces flux, de les simplifier. Voici la nouvelle organisation des flux à l'imprégnation :





Cette nouvelle organisation permet de réduire les flux et de minimiser les aléas de production.

2. Stabilité du fil imprégné :

Les mesures prises à l'imprégnation visant à améliorer la stabilité du fil imprégné ont été mise en place trop tard pour pouvoir constater leur effet à l'heure actuelle. Cet axe d'amélioration devra être poursuivi par l'équipe de production.

Il est déjà envisagé d'automatiser le transfert du mélange, pour contrôler au mieux le temps de séjour du fil imprégné dans la cabine d'imprégnation. L'étude de rentabilité et la mise en place du système se fera pas les équipes de production et de maintenance.

CONCLUSION GENERALE

L'objectif principal de ce projet était de mettre en place des actions d'améliorations du rendement matières premières chez **Plastex Maroc**. Les mesures mises en place au cours de notre projet sont pour la plupart d'ors et déjà efficaces, et on se rapproche rapidement des objectifs de production.



Durant ce stage professionnel nous avons eu l'occasion de réaliser plusieurs tâches que nous avons résumées dans le présent rapport. Il s'agit de :

- ✓ La découverte de l'entreprise et du processus de fabrication des rondelles d'embrayage ;
- ✓ La mise au point d'une AMDEC processus/machines dans la zone Imprégnation ;
- ✓ Le développement de modèles qui permettent pour un mélange donné, de prédire d'une part l'évolution de la viscosité en fonction de la température et de la durée du mélange et d'autre l'évolution du recouvrement en fonction de la viscosité et de la durée du mélange. La moyenne des modèles développés pour chaque mélange rendent compte seulement du comportement global. Il existe en effet d'autres facteurs liés au mélange lui-même et qui ne permettent pas d'avoir un seul modèle permettant d'expliquer de manière explicite la dépendance de la viscosité en fonction des facteurs température et durée du mélange, ou bien celle du recouvrement vis-à-vis de la viscosité et de la durée de mélange. Pour la viscosité, nous proposons de modifier la tolérance actuelle [1500cps ; 3000cps] pour la ramener à l'intervalle [1200cps ; 2800cps] ;
- ✓ Le nouveau concept qui sert à stabiliser le recouvrement par un réglage simple du diamètre de fil imprégné et le démontage facile des lames pour le nettoyage.

Enfin nous voudrions souligner que nous gardons du stage un excellent souvenir, il constitue désormais une expérience professionnelle valorisante et encourageante pour notre avenir.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE



- **R.COMOLET** : Mécanique expérimentale des Fluides. Tome II Dynamique des fluides réels, Turbomachines. Masson, Paris, France, 1982.
- **ROGER OUZIAUX, JEAN PERRIER**. Mécanique des Fluides appliquée (Cours et exercices).
- **DUNOD** : 3eme édition, Paris, France, 1998.
- **RANALD, V.GILES** : Mécanique des Fluides et hydraulique (cours et problèmes). Série SCHAUM, Paris, France, 1975.
- **JEAN-PIERRE LEROUX, PHILIPPE BAUDUIN** : Mécanique des Fluides, Statique, Ecoulements iso volumes. DUNOD, Paris, France, 1972.
- **GORLIER, Philippe et GERMAIN, Gabriel** : la viscosité et sa mesure, 1998



LISTE WEBBLOGRAPHIQUE

- www.can-am.net/.../Brookfield/03MF_ViscoDVE_B.pdf
- www.brookfieldengineering.com.
- <http://www.aquaportail.com/definition-4369-viscosite.html>.



Annexe

➤ **Dessin de définition :**