

Mémoire de Projet de Fin d'Etudes pour l'obtention de la

Licence Sciences et Techniques

Spécialité : Conception et Analyse Mécanique

Titre

Elaboration d'un plan de maintenance préventive de la machine d'emballage

'RGD mape'

Lieu

Société Al HANINI

Fès

Présenté par :

- Kaouthar Bouramdane
- Meryem El Bissari

Encadré par :

- Mr. Mohamed Bacha (ALHANINI)
- Pr. Abdallah El Barkany (FSTF)

Soutenu le 08/06/2018 devant le jury :

- Pr. Abdallah El Barkany
- Pr. Ahmad El khalfi

DEDICACE

À nos chers parents en reconnaissance des efforts qu'ils ont déployés pour notre éducation.

À nos frères et sœurs pour leur soutien au cours de notre formation.

À nos formateurs et formatrices pour leurs efforts et leurs aides.

À tous ceux qui nous ont aidé de près ou loin.

REMERCIEMENTS

Nous rendons grâce à Dieu pour sa bénédiction tout au long de notre parcours universitaire jusqu'à l'aboutissement de ce travail de fin d'études.

Nous tenons à remercier très sincèrement monsieur le professeur A. EL BARKANY, notre encadrant au sein de la FST, pour son aide et ses conseils qui nous ont permis de cerner et concrétiser notre projet de fin d'études et particulièrement pour la mise en œuvre de tout son savoir-faire, sa gentillesse et son soutien pour nous permettre de réaliser ce travail dans les meilleurs délais.

Notre reconnaissance également à monsieur M. Bacha, notre encadrant au sein de AL HANINI, pour sa totale disponibilité à répondre à toutes nos questions ainsi que pour sa flexibilité, sa patience et son acharnement à vouloir, partager avec nous son expérience, afin de nous permettre de réussir notre stage.

Nous remercions aussi, et de tous nos cœurs, les techniciens de la société AL HANINI, pour leurs précieux concours à la réussite de nos travaux, ainsi que pour l'entière disponibilité dont ils ont fait preuve pour apporter les réponses pertinentes à nos interrogations. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

Nos vifs remerciements enfin à tous ceux, qui de près ou de loin, ont apporté une contribution à la réussite de nos travaux.

Sommaire

DEDICACE.....	2
REMERCIEMENTS.....	3
LISTE DES FIGURES.....	6
LISTE DES TABLEAUX	7
INTRODUCTION GENERALE	8
CHAPITRE 1 PRESENTATION DE L'ENTREPRISE D'ACCUEIL.....	9
I. Introduction.....	10
II. Présentation de la société.....	10
1 Généralité.....	10
2 Fiche technique	10
3 Histoire de l'entreprise.....	11
4 Entreprise aujourd'hui.....	11
5 Organisation de la société	11
6 Les produits de la société	13
7 Les cycles de production.....	14
III. Cahier des charges	14
IV. Conclusion.....	15
CHAPITRE 2 PRESENTATION DE LA LIGNE DE PRODUCTION DE MADELEINE 'WESTRE'.....	16
I. Introduction	17
II. Description de la ligne de madeleine WESTRE	17
1 Mélangeur-batteur	17
2 Doseur	18
3 Four tunnel	19
4 Convoyeur de refroidissement	21
5 Injecteur.....	21
6 Déposeur.....	23

7	Machine d'emballage.....	23
III.	Etude historique.....	24
1	Relevé de pannes.....	24
2	Indicateur de fiabilité	25
3	Indicateur de maintenabilité	27
3	Indicateur de disponibilité	28
4	Synthèse	29
IV.	Etude de la machine d'emballage	Erreur ! Signet non défini.
1	Description	29
2	Décomposition	30
3	Analyse fonctionnelle.....	38
V	Conclusion.....	40
CHAPITRE 3 ETUDE AMDEC DE LA MACHINE D'EMBALLAGE 'RGD MAPE'		41
I.	Introduction	42
II.	Présentation de l'AMDEC	42
III	Application de l'analyse A.M.D.E.C.....	45
IV.	Analyse de criticité	46
VI.	Conclusion.....	48
CHAPITRE 4 ELABORATION D'UN PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE		50
I.	Introduction	50
II.	Plan de maintenance préventive	50
III.	Conclusion.....	Err
	eur ! Signet non défini.	53
	CONCLUSION.....	54
	BIBLIOGRAPHIE.....	55

Liste des figures

Figure 1 : Organigramme de la société.....	13
Figure 2 : Schéma de la ligne de production de madeleine	17
Figure 3 : Mélangeur –bateur.....	18
Figure 4 : Doseur.....	19
Figure 5 : Four tunnel.....	20
Figure 6 : Convoyeur de refroidissement.....	21
Figure 7 : Injecteur.....	22
Figure 8 : Déposeur.....	23
Figure 9 : Machine d'emballage.....	24
Figure 10 : Indicateur de fiabilité de la ligne.....	26
Figure 11 : Indicateur de maintenabilité de la ligne.....	27
Figure 12 : Indicateur de disponibilité de la ligne.....	29
Figure 13 : Dessin simplifiée de la machine d’emballage RGD mape.....	30
Figure 14 : Décomposition de la machine d'emballage RGD mape.....	31
Figure 15 : Chariot d'alimentation.....	31
Figure 16 : Porte bobine.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 17 : Tunnel universel.....	33
Figure 18 : Système de soudure longitudinal.....	33
Figure 19 : Système de découpage et soudure transversale.....	33
Figure 20 : Tapis de sortie.....	34
Figure 21 : Système de transmission de mouvement.....	34
Figure 22 : Volant.....	35
Figure 23 : Embrayage magnétique.....	35

Figure 24 : Dessin d'ensemble de l'embrayage magnétique.....	36
Figure 25 : Diagramme de bête à corne.....	38
Figure 26 : Diagramme de pieuvre de la machine d'emballage.....	39
Figure 27 : Diagramme de criticité.....	

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les produits de la société	13
Tableau 2 : Relevé de pannes.....	25
Tableau 3 : Fréquences d'arrêts des équipements.....	26
Tableau 4 : Temps moyen de réparation des équipements de la ligne.....	27
Tableau 5 : Temps total d'arrêts des équipements de la ligne	28
Tableau 6 : Nomenclature de l'embrayage magnétique.....	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 7 : Echelle de gravité.....	43
Tableau 8 : Echelle de fréquence	43
Tableau 9 : Echelle de détection	44
Tableau 10 : Echelle de criticité.....	44
Tableau 11 : Tableau AMDEC	45
Tableau 12 : Tableau de criticité.....	47
Tableau 13 : Plan de maintenance préventive	50

Introduction générale

Dans le cadre de notre formation en Conception et Analyse Mécanique, faculté des Sciences et Techniques cherche à évaluer les compétences et le savoir-faire de ses étudiants par divers moyens, tels que les stages. C'est la raison pour laquelle nous avons effectué un stage au sein de la société 'AL HANINI' spécialisée dans la production alimentaire.

De par son action directe sur les équipements de production, la maintenance est devenue un levier de performance incontournable qui conditionne les résultats d'une organisation. Même si les coûts des actions de maintenance ne sont pas négligeables, ceux liés aux arrêts de production ont un impact encore plus fort sur la production.

La mise en place d'un plan de maintenance préventive permet d'optimiser les opérations de maintenance et surtout de les effectuer au bon moment, particulièrement au cours de notre étude on a réagi sur la ligne de production de madeleine WESTRE, l'objectif final étant d'assurer la qualité du produit et d'améliorer le taux de disponibilité des équipements de cette ligne pour augmenter la productivité.

Dans ce contexte, parmi les équipements majeurs dans la ligne de production de madeleine WESTRE, on a réagi sur la machine d'emballage 'RGD mape' qui joue un rôle primordial dans la production de madeleine WESTRE. Le but de ce sujet est d'étudier et d'améliorer la disponibilité de cette machine en améliorant le plan de maintenance pour assurer un entretien minimum et donc un bon rendement et une durée de vie meilleure.

Le présent rapport se subdivise en quatre chapitres : Dans le premier chapitre nous avons présenté l'organisme d'accueil, ainsi qu'élaboration de cahier des charges. Le deuxième chapitre est consacré à la description et l'étude des équipements de la ligne de production de madeleine WESTRE par les outils de la maintenance et leur classification était indispensable dans notre projet, avec une description de la machine d'emballage avec ses sous-ensembles. Le troisième chapitre contient une étude AMDEC de la machine d'emballage, conduisant dans le quatrième chapitre à l'élaboration d'un plan de maintenance préventive simple et généralisé qui est basé sur l'analyse AMDEC. Et finalement proposer des recommandations pour diminuer les arrêts de production dus aux pannes de la machine d'emballage ' RGD mape'.

Chapitre 1

Présentation de l'entreprise d'accueil

I. Introduction

Dans le présent chapitre, nous exposons le contexte général dans lequel s'est déroulé notre projet de fin d'études ayant pour titre « élaboration d'un plan de maintenance préventive de la machine d'emballage RGD mape ».

Pour ce faire, nous présentons la société 'A L HANINI', son activité, son organigramme et ses processus de production des produits. Par la suite, nous détaillons le cahier des charges qui permettra d'introduire l'objectif du stage ainsi que le planning suivi au cours de la période du stage.

II. Présentation de la société

1 Généralité

La société **AL HANINI** est une société de boulangerie et pâtisserie qui se situe à Hay Ennamae Bensouda. Sa mission principale est de réserver au consommateur des produits de bonne qualité et satisfaire leur besoin et leur exigence. La société regroupe environ 500 ouvriers qui sont divisés en deux groupes ; les ouvriers du groupe du matin et les ouvriers du groupe du soir et sont réparties en différents départements, tous sous la direction du directeur général.

2 Fiche technique

Date de création	2003
Siege social	335, Rue Ennamae ben souda, Fès Maroc
Capital	900.000.000DH
Dénomination	Société pâtisserie boulangerie AL HANINI
Marche	Territoire national
Effectif personnel	500
Téléphone	05 35 65 53 34/35/42
Fax	05 35 65 53 28

3 Histoire de l'entreprise

La société **AL HANINI** a été créée en 1996 à la région de Séfrou « BAHALIL ». Initialement, la société ne disposait que d'un seul four de cuisson et quatre voitures de transport et de distribution des marchandises, la fabrication faisait manuellement par les ouvriers. Auparavant, la société s'est spécialisée dans la production des Milles feuilles, des Madeleines et des madeleines plaques. Après environ une année (1997), la société a connu un rythme de croissance et une véritable évolution par la multiplication de la quantité de sa production et l'apport de nouvelles machines pour accélérer cette production. La société a posé deux facteurs principaux comme un soutien pour entrer au centre d'un secteur considérablement concurrentiel, c'est la diversification dans sa production et la qualité.

4 Entreprise aujourd'hui

Dans le but de faire une extension de la société, aussi bien du lieu de production que de conquérir une large population de consommateurs, la société a décidé de se déplacer vers Fès en 2003 pour favoriser sa distension et pour acquérir des nouveaux clients. Et pour augmenter la capacité de production et améliorer la qualité des produits dans un temps réduit, l'entreprise a apporté de nombreuses nouvelles machines (pétrissage, machine de fabrication des crèmes aromatisées aux fruits et au cacao), et a rajoutée un autre four de cuisson. L'année 2009, était la création d'une nouvelle société annexe « Ouvica » qui allait rejoindre la société ancienne et qui s'est chargée de la production de nouveaux produits dont les biscuits, les cigares et les gaufrettes etc.... Aujourd'hui, la société ne cesse de diversifier sa gamme et d'améliorer la qualité de ses produits pour répondre aux exigences de ses consommateurs.

5 Organisation de la société

La gestion de l'entreprise est assurée par la direction générale en coordination avec plusieurs services (voir organigramme).

✓ Service de production

Il est constitué de deux groupes de travail :

- Le laboratoire : qui donne les recettes pour la construction de différents produits.
- La production : surveille le processus de la fabrication de tous les produits alimentaires.

✓ Service de comptabilité

Le comptable est chargé de contrôler et d'enregistrer les différentes opérations d'entrée et de sortie des flux. La fonction de mettre en comparaison les dépenses et les recettes confiée au caissier, l'égalité doit être le résultat de cette comparaison pour passer à l'opération suivante qui est le dépôt de ces sommes à la banque à chaque jour.

✓ **Service informatique**

Le service informatique joue la motrice de la société, de sorte qu'il organise le travail de tous les services via :

- La saisie des bons de sortie et de rentrée
- La facturation 'fin' de chaque mois
- L'état de stock journalier
- L'établissement des relevés mensuels des clients et des éleveurs.

✓ **Service commercial**

C'est l'équipe chargée de la commercialisation des produits dans les différents secteurs du Maroc. Les livreurs assurent la relation produit-client par la fidélité des différents clients dans tous les secteurs. La vente des produits d'**AL HANINI** se fait via des bons de livraison remplis par les livreurs pour mentionner : la date, la quantité livrée, le net à payer, le nom du client et du livreur.

✓ **Service personnel**

Le personnel d'**AL HANINI** joue le rôle moteur au sein de la société de telle sorte à assurer la bonne démarche de sa politique de travail, le capital technique de société est qualifié en différentes spécialisations pour répondre aux différents besoins de la société.

✓ **Service de maintenance**

Responsable de l'entretien et de la mise en service de tous les équipements de production et d'alimentation de l'usine en énergie. Il assure aussi l'entretien et le suivi des installations de production, cette unité est composée des techniciens qui travaillent au même temps dans le domaine de production et de la maintenance de ses machines.

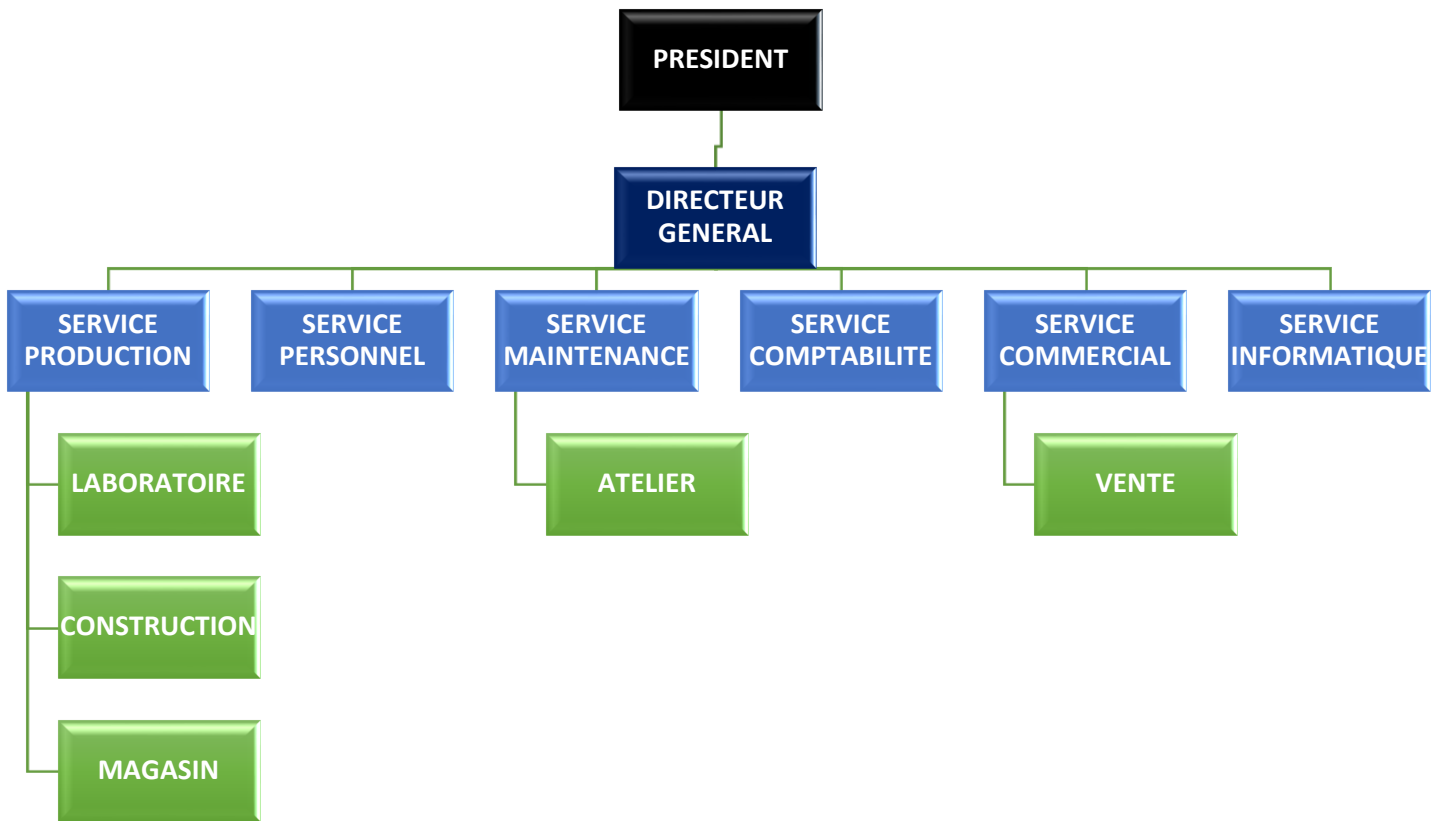


Figure 1 : Organigramme de la société

6 Les produits de la société

Le tableau ci-après présente quelques échantillons des différents produits de l'industrie AL HANINI de pâtisserie et de boulangerie.

Tableau 1 : les produits de la société

Madeleines	Maréchal 	Lamsila 	Wester 
Biscuits	Tomix 	Castro 	The bingo 
Mille-feuilles	A la crème de chocolat 	A la crème de pistache 	A la crème de fraise 

7 Les cycles de production

➤ Cycle de production de millefeuilles

- ❖ Mélange des ingrédients.
- ❖ Préparation de la pâte.
- ❖ Feuilletage de la pâte.
- ❖ Coupage de la pâte en morceaux identiques.
- ❖ Mise en four rotatif à 230° pendant 20 min.
- ❖ Collage de trois feuilles avec deux couches de crème.
- ❖ Pressage de la pâte.
- ❖ Mise en réfrigérateur pendant la nuit.
- ❖ Décoration de la partie haute avec une crème blanche et des lignes de chocolat noire.
- ❖ Coupage en petits morceaux soit en 16, 22, 36 selon les consignes désirées.
- ❖ L'emballage des millefeuilles dans les cartons.

➤ Cycle de production de madeleine

- ❖ Mélange des ingrédients pendant 3min.
- ❖ Préparation de la pâte.
- ❖ Dosage de la pâte dans les moules.
- ❖ Mise en four rotatif à 200° pendant 20 min.
- ❖ Insertion du chocolat à l'aide d'un pistolet.
- ❖ Emballage des madeleines en une ou deux unités selon les consignes désirées.

➤ Cycle de production des cookies

- ❖ Mélange des ingrédients.
- ❖ Préparation de la pâte.
- ❖ Dosage de la pâte dans les moules.
- ❖ Insertion des petits morceaux du chocolat.
- ❖ Mise en four rotatif à 230° pendant 15min.
- ❖ Mise en réfrigérateur pendant 8h.
- ❖ Emballage des cookies selon les consignes désirées.

III. Cahier des charges

• Entreprise d'accueil

Société boulangerie et pâtisserie 'AL HANINI'.

• Titre du projet

Elaboration d'un plan de maintenance préventive de la machine d'emballage 'RGD mape'.

• Travail demandé

Mettre en place un plan de maintenance préventive qui vise à diminuer le nombre de défaillances des machines de la ligne de production de madeleine WESTRE. Ces défaillances influencent sur la production de la société engendrant des problèmes : non satisfaction des clients dans des délais prévus, d'où risque de perdre des marchés, détérioration de la qualité des produits ...etc.

- **Plan de travail**

Afin de réaliser ce cahier des charges, nous avons suivi les étapes suivantes :

-Etude de la ligne de production de madeleine WESTRE par l'application des outils de maintenance tels que la fiabilité, la disponibilité et la maintenabilité.

-Dégagement de l'équipement le plus critique qui peut intervenir dans le processus de production de madeleine.

- Etude détaillée de l'équipement critique :
- Son fonctionnement
- Sa décomposition
- Analyse fonctionnelle
- Etude AMDEC

-Proposition d'un plan d'action visant l'élimination des pannes récurrentes relatives à la machine.

IV. Conclusion

Dans ce chapitre on a fait le tour sur la société '**AL HANINI**', ainsi que la procédure de fabrication des milles feuilles, des madeleines et des cookies au sein de l'entreprise. Parmi eux, il y'a la production de madeleine qui nous intéresse dans notre rapport. D'où la nécessité d'une bonne étude de cette ligne.

Chapitre 2

**Présentation de la ligne de production de
madeleine 'WESTRE'**

I Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter la ligne de production de madeleine **WESTRE**, ensuite nous allons chercher à partir du groupe de machines qui constituent la ligne l'équipement subissant le plus de pannes récurrentes (machine critique). Pour cela nous avons procédé à une analyse de **Pareto** concernant toutes ces machines afin de les classer par le biais de l'indicateur de fiabilité, de maintenabilité et de disponibilité. Et finalement nous allons zoomer sur l'équipement critique, afin de déterminer en détails son fonctionnement et sa décomposition.

II Description de la ligne de madeleine WESTRE

La production de madeleine **WESTRE** se passe par plusieurs machines liées entre eux par un convoyeur à chaîne. On peut décrire le flux physique entre les machines par le schéma suivant :

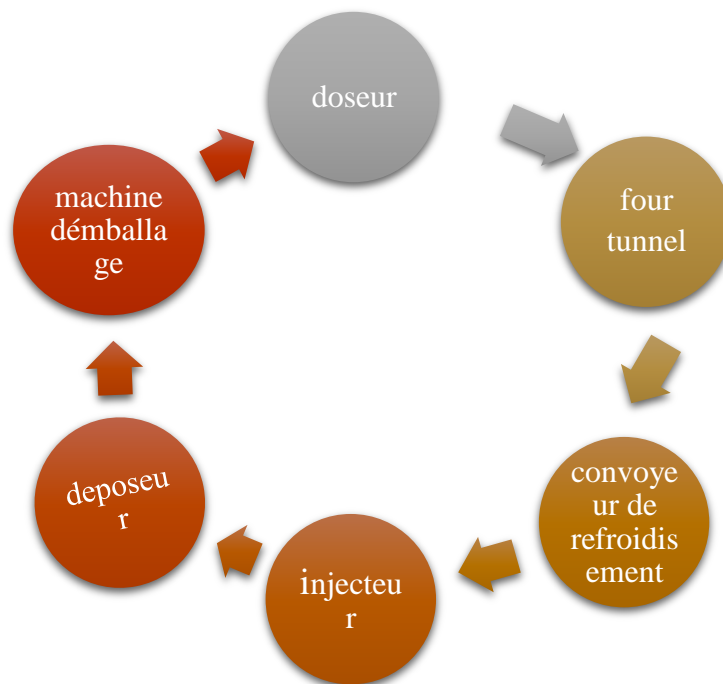


Figure 2 : Schéma de la ligne de production de madeleine

1. Mélangeur-batteur

C'est une machine simple d'emploi utilisée pour le malaxage de la pâte et de produits farineux. Sa structure se compose principalement d'aluminium pour une hygiène et un nettoyage facile,

d'une capacité de 100 Kg. La pâte se mélange deux fois à deux vitesses différentes, et le temps nécessaire pour cette opération est 10 min.



Figure 3 : Mélangeur -bateur

2. Doseur

La pâte formée prend sa direction vers la zone de production à travers le tube et qui va être versée directement dans le réservoir du doseur. Ce dernier permet de donner des tailles différentes de madeleines en tournant la tige filetée (pour WESTRE la dose est de 28g). Au premier on place une plaque à 48 moules sur le convoyeur à chaînes puis on le reprend à la sortie. Si on ne prend pas la plaque à la sortie, la machine s'arrête. Cela permet un passage variable entre chaque plaque (un détecteur se charge de positionner les moules sous les douilles). Toutes les parties de la machine qui sont en contact avec la pâte sont en acier inoxydable.

✓ **Schéma descriptif**

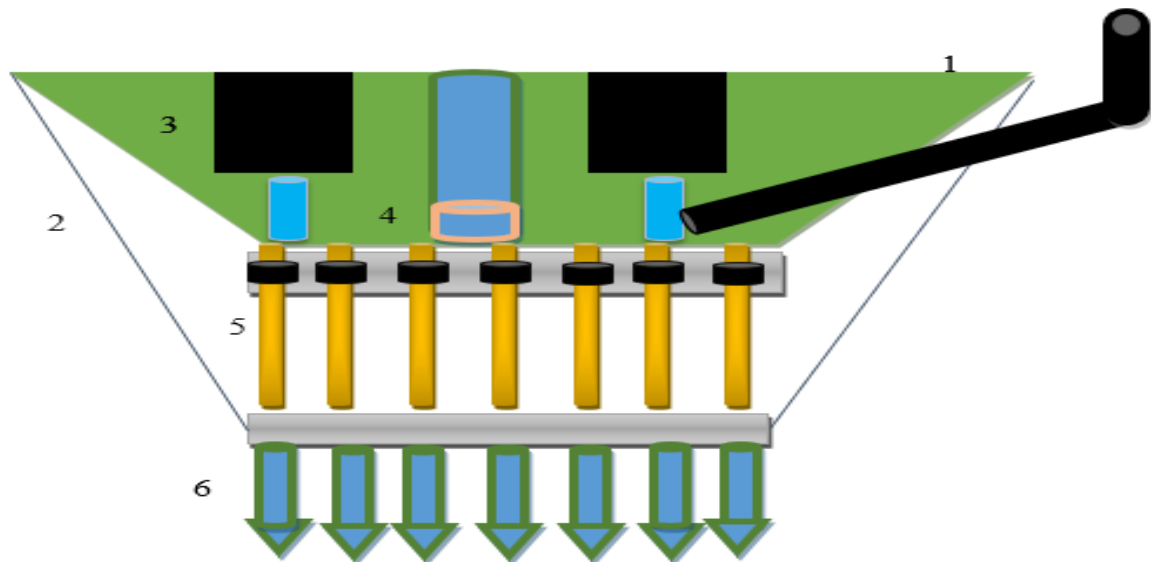


Figure 4 : Doseur

- 1: arrivée de la pâte dans le tube.
- 2 : carcasse du doseur fabriquée en acier inoxydable.
- 3 : vérin pneumatique double effet.
- 4 : tige filetée pour varier la quantité.
- 5 : piston.
- 6 : chemise.

3 Four tunnel

Les fours pour les industries alimentaires sont des appareils ou des machines qui permettent de cuire, de sécher ou de remettre les aliments à la bonne température. Selon le cas, il existe différents types de chauffage dans les fours comme les chauffages à convection directe (c'est dans le cas où le carburant disponible est le gaz naturel et la réduction du temps de cuisson est une nécessité); les chauffages à rayonnement (appelé four cyclotherm; le transfert de la chaleur au produit se passe par radiation); les chauffages aux micro-ondes... Différentes sources sont utilisées pour produire ces chaleurs telles que l'électricité, les carburants liquides, les carburants solides, les carburants gazeux, etc.

Le four **Imaforni** fonctionne à base d'un brûleur à Diesel, chaque zone du four se compose d'un ensemble de tubes en dessus et en dessous du convoyeur grillage à travers lequel l'air

chaud qui a été préalablement chauffé par un bruleur circulaire. Les madeleines n'entrent jamais en contact avec les produits de combustion.

✓ **Schéma descriptif**

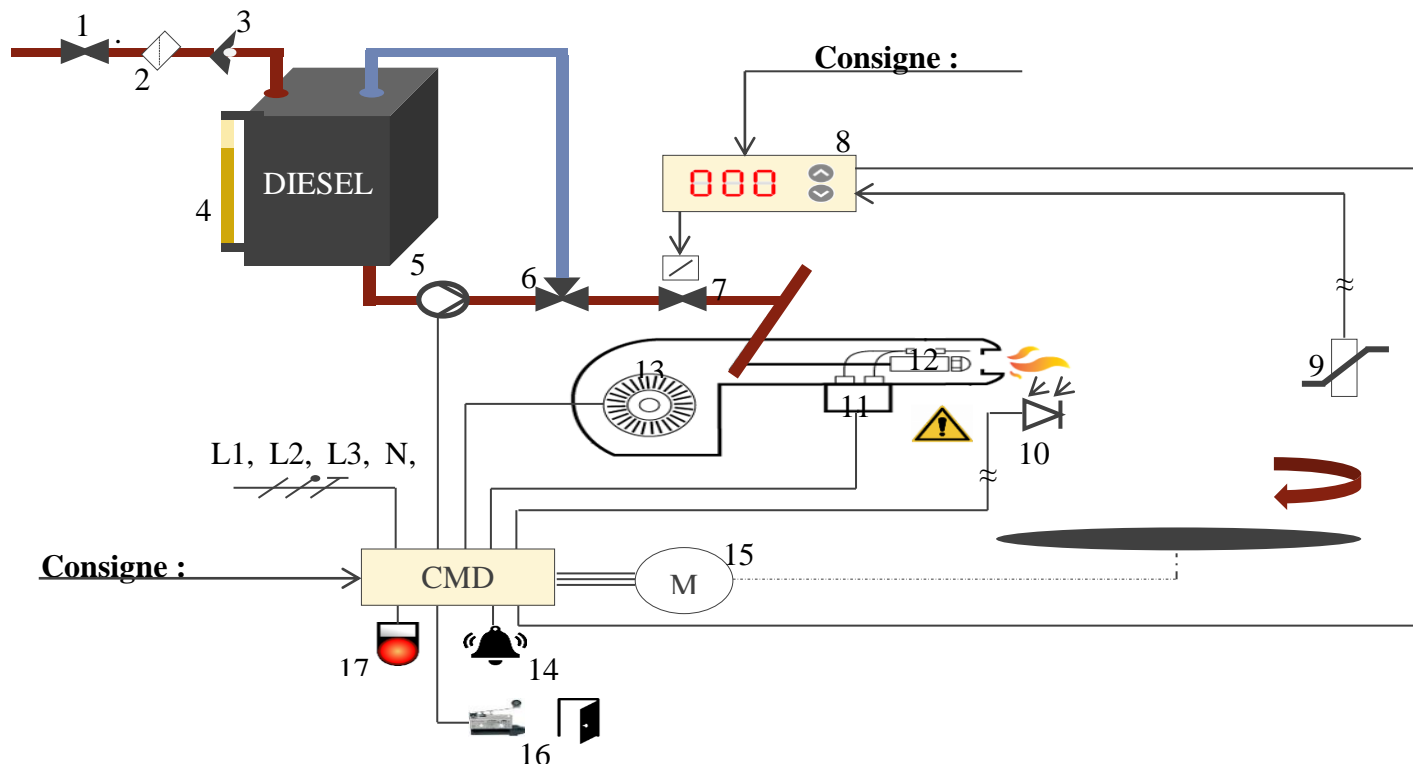


Figure 5 : Four tunnel

- 1:** Électrovanne TOR (pour le remplissage -manuel- du réservoir)
- 2:** Filtre antiparasite
- 3:** Clapet anti-retour
- 4:** Indicateur de niveau
- 5:** Pompe d'aspiration du Diesel
- 6:** Vanne de régulation
- 7:** Électrovanne proportionnelle (pour le contrôle de débit)
- 8:** Régulateur numérique de température
- 9:** Thermistance (pour compléter la boucle de régulation de la température)
- 10:** Photocellule (pour détecter la flamme)

11: Transformateur d'allumage (pour élever la tension de 220v à quelques dizaines de KV)

12: Electrodes d'allumage

13: Ventilateur d'aspiration d'air

14: Alarme (pour avertir l'opérateur de la fin de cuisson)

15: Moteur triphasé

16: Capteur fin de course (pour détecter l'ouverture et la fermeture de la porte)

17: Voyant rouge (pour signaler les erreurs)

4 Convoyeur de refroidissement

A la sortie du four tunnel on installe un convoyeur supplémentaire, d'une longueur de 120 m sous forme de 4 étages équipé des ventilateurs fixés au-dessus du tapis transporteuse, permettant de refroidir plus rapidement les pièces (madeleines).



Figure 6 : convoyeur de refroidissement

5 Injecteur

Fabriquée en acier inox AISI 304 et avec d'autres matériaux appropriés pour les produits alimentaires, elle permet d'injecter le fourrage (chocolat, confiture, crème, etc.) à l'intérieur des madeleines directement sur le plateau de cuisson évitant ainsi toute manipulation inutile du produit. La ligne se compose de deux tapis roulants entraînés par deux moteurs électriques notés : Q1 et Q3, Le but du premier moteur Q1 est d'apporter les plateaux des biscuits au système de dosage, et par conséquent le moteur est en marche tout le temps, par contre le

moteur Q3 entraîne le tapis roulant de dosage, et par conséquence son travail est discret, il travaille jusqu'à arriver au point de dosage, il s'arrête pour laisser du temps au système, et il continue son travail.

Un système de freinage est mis en place entre les tapis roulants afin d'éviter un mélange des plateaux au-dessous de l'unité de dosage, le système prend sa commande d'un capteur magnétique normalement fermé noté I3, une fois le capteur est en position de repos, le système freine le moteur Q1 et empêche temporellement le passage d'un autre plateau à l'unité de dosage ; en effet ce dernier comporte un vérin pneumatique commandé électriquement par un signal continu 24v, donc pour doser du chocolat le vérin descend jusqu'à le capteur de fin de course I5 puis reprend sa position initiale. La synchronisation du dosage est faite grâce à un capteur magnétique I4 et un capteur de présence noté I6.

✓ **shema descriptif**

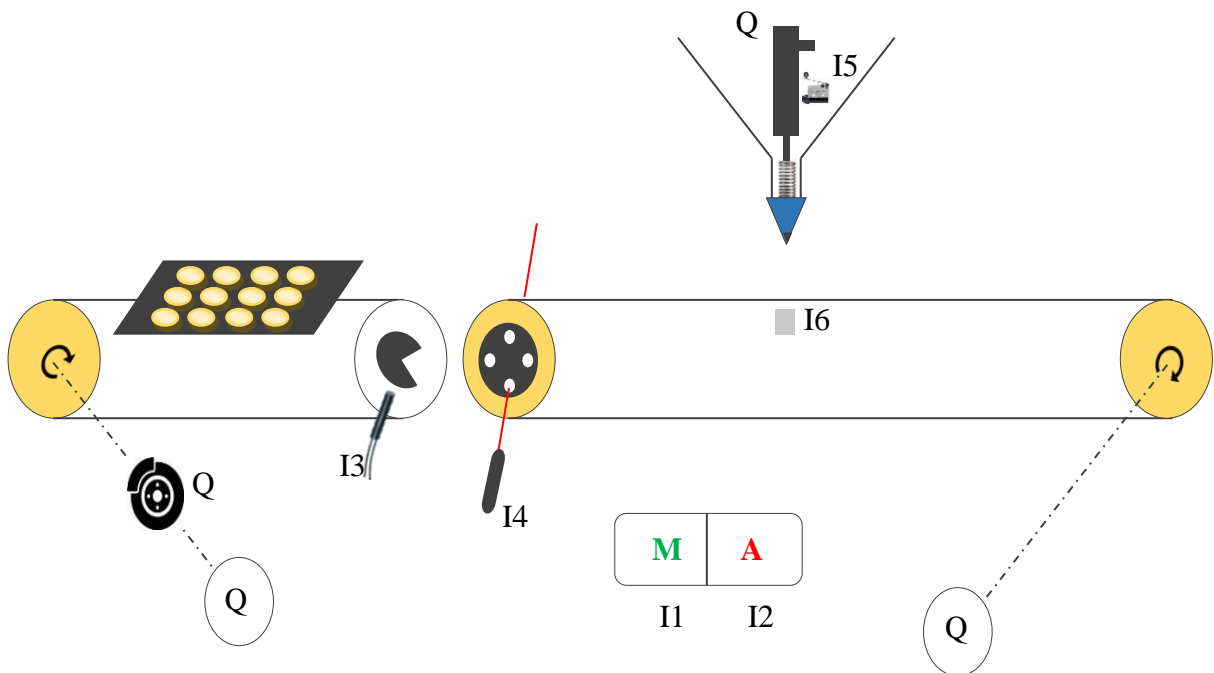


Figure 7 : Injecteur

I1: Bouton poussoir marche

I2: Bouton poussoir Arrêt

I3: Capteur magnétique de freinage

I4: Capteur magnétique de synchronisation (assimilé par un capteur de proximité pour clarifier mieux le schéma)

I5: Capteur fin de course pour détecter l'état bas du vérin

I6: Capteur de présence de plateau

Q1: Moteur d'entraînement de la chaîne primaire d'arriver des plateaux

Q2: Système de freinage

Q3: Moteur d'entraînement de la chaîne secondaire de dosage

Q4: Vérin de dosage

6 Déposeur

Lorsque le plateau sort de l'injecteur, il rencontre le déposeur qui fait renverser les madeleines dans un notre convoyeur, dans cette étape il y'a deux chemins les madeleines renversées dans le convoyeur partent directement au machines d'emballage, et les moules vides partent sur le convoyeur à chaîne vers une machine qui a pour objectif le nettoyage de ces derniers par des brosses.



Figure 8 : Déposeur

7 Machine d'emballage 'RGD mape'

C'est une ensacheuse horizontale à haut rendement qui sert à conditionner les madeleines, elle est solide et compacte et conçue de manière à donner à l'utilisateur une visibilité totale du processus d'emballage. En général l'ensachage facilite la manutention lors du transport, du stockage et au niveau de la distribution et il assure une protection adéquate des madeleines contre les contaminations extérieures et contre l'humidité de l'air.



Figure 9 : La machine d'emballage

III Etude historique

Pour sélectionner les machines qui présentent le plus d'avaries, nous devons les classer par ordre d'importance du point de vue du nombre d'interventions (indicateur de fiabilité), du temps moyen de réparation (indicateur de maintenabilité) et du temps total d'arrêt (indicateur de disponibilité).

Le but de cette approche est l'amélioration de la performance des équipements (diminution du nombre de pannes, du temps moyen de réparation et donc du temps total d'arrêt), ce qui améliore la disponibilité des équipements et augmente la quantité produite.

Dans ce cas, l'analyse de **PARETO** nous a été un outil très utile et efficace.

A l'aide de l'historique disponible dans le service de maintenance, nous avons pu dresser le tableau n°2 qui présente le nombre de pannes par machine durant la période comprise entre le 01/02/2018 et le 30/04/2018.

1 Relevé de pannes

Ce tableau représente les pannes exprimées en heures, pendant les trois mois précédents, des machines de la ligne de production de madeleines WESTRE.

Tableau 2 : Relevé de pannes

Machine	Nombre de pannes	Temps moyen de réparation (h)	Temps total d'arrêt (h)
Machine d'emballage RGD mape	15	120	1440
Injecteur	3	4	12
Doseur	2	3	7
Convoyeur de refroidissement	2	2	3
Mélangeur-batteur	1	2	2
Déposeur	1	1	2

A l'aide du pourcentage cumulé du nombre d'interventions, du temps moyen de réparation et du temps total d'arrêt des machines, nous avons tracé l'indicateur de fiabilité (figure 10), l'indicateur de maintenabilité (figure 11) et l'indicateur de disponibilité (figure 12).

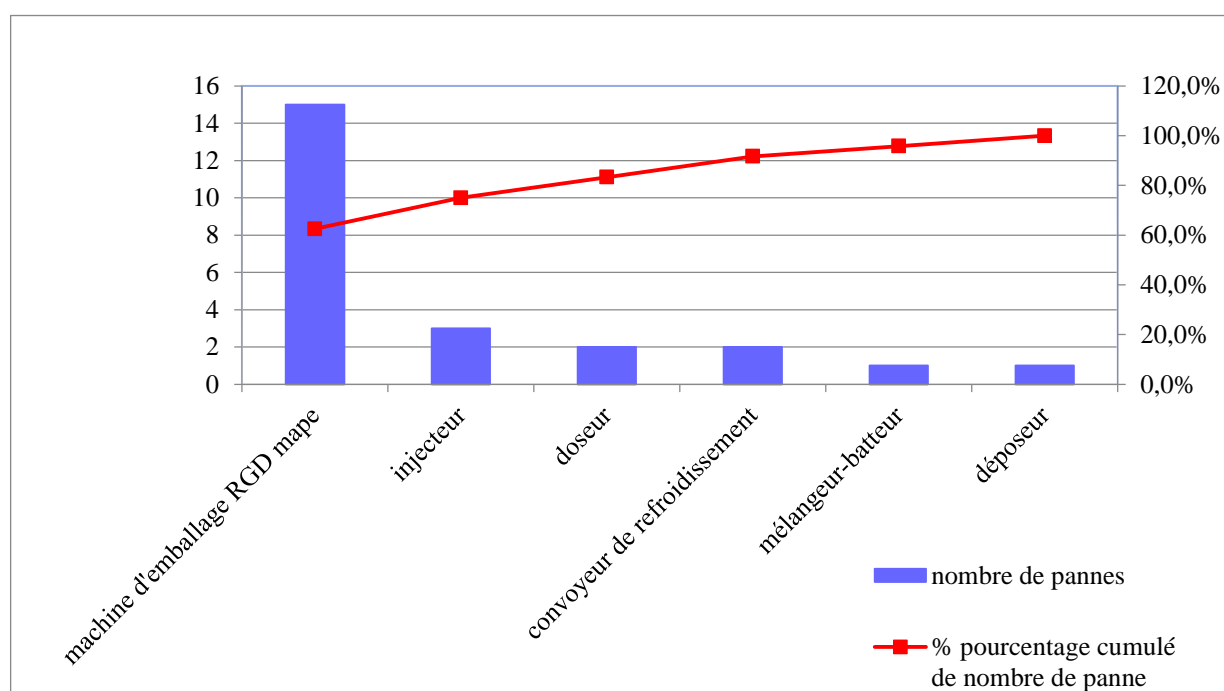
2 Indicateur de fiabilité

Le tableau 3 présente le nombre de pannes des machines.

Tableau 3: Fréquences d'arrêts des équipements

Machine	Nombre de pannes	% du nombre de pannes	% cumulé de nombre de pannes
Machine d'emballage RGD mape	15	62.5%	62.5%
Injecteur	3	12.5%	75.0%
Doseur	2	8.3%	83.3%
Convoyeur de refroidissement	2	8.3%	91.7%
Mélangeur-batteur	1	4.2%	95.8%
Déposeur	1	4.2%	100.0%
Somme	24	100.0%	

Ces Données sont rapportées sur le graphe ci-dessous afin de visualiser au mieux les résultats

**Figure 10 :** Indicateur de fiabilité de la ligne

D'après le graphe de **PARETO**, on remarque que la machine la plus critique est **la machine d'emballage**. Cette machine totalise 62.5% des pannes, donc c'est au niveau de cette machine qu'il faudra agir pour améliorer la fiabilité de la ligne.

3 Indicateur de maintenabilité

Le tableau 4 présente le temps moyen de réparation des machines.

Tableau 2 : Temps moyen de réparation des équipements de la ligne

Machines	temps de réparation(h)	% de temps moyen de réparation	% cumulé du temps moyen de réparation
machine d'emballage RGD mape	120	90.9%	90.9%
Injecteur	4	3.0%	93.9%
Doseur	3	2.3%	96.2%
convoyeur de refroidissement	2	1.5%	97.7%
mélangeur-batteur	2	1.5%	99.2%
Déposeur	1	0.8%	100.0%
Somme	132	100.0%	

Ces Données sont rapportées sur le graphe ci-dessous afin de visualiser au mieux les résultats.

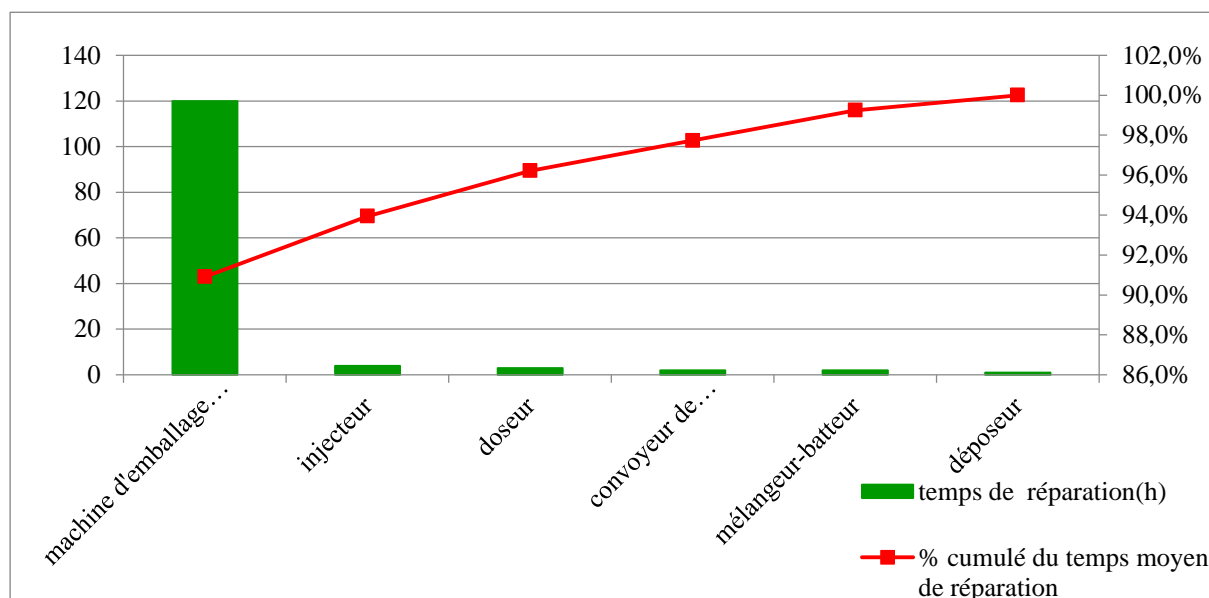


Figure 11 : Indicateur de maintenabilité de la ligne

D'après le graphe, on remarque que la machine la plus critique est **la machine d'emballage**. Cette machine totalise 90% de temps moyen de réparation, c'est au niveau de machine d'emballage qu'il faut mener une étude particulière.

4 Indicateur de disponibilité

Le tableau 5 présente le temps total d'arrêt des machines.

Tableau 3 : Temps total d'arrêts des équipements de la ligne

Machines	Temps total d'indisponibilité (h)	% du temps total d'indisponibilité (h)	% cumulé du temps total d'indisponibilité
Machine d'emballage RGD mape	1440	98.23%	98.2%
Injecteur	12	0.82%	99.0%
Doseur	7	0.48%	99.5%
Convoyeur de refroidissement	5	0.20%	99.7%
Mélangeur-batteur	2	0.14%	99.9%
Déposeur	2	0.14%	100.0%
Somme	1466	100.0%	

Ces Données sont rapportées sur le graphe ci-dessous afin de visualiser au mieux les résultats.

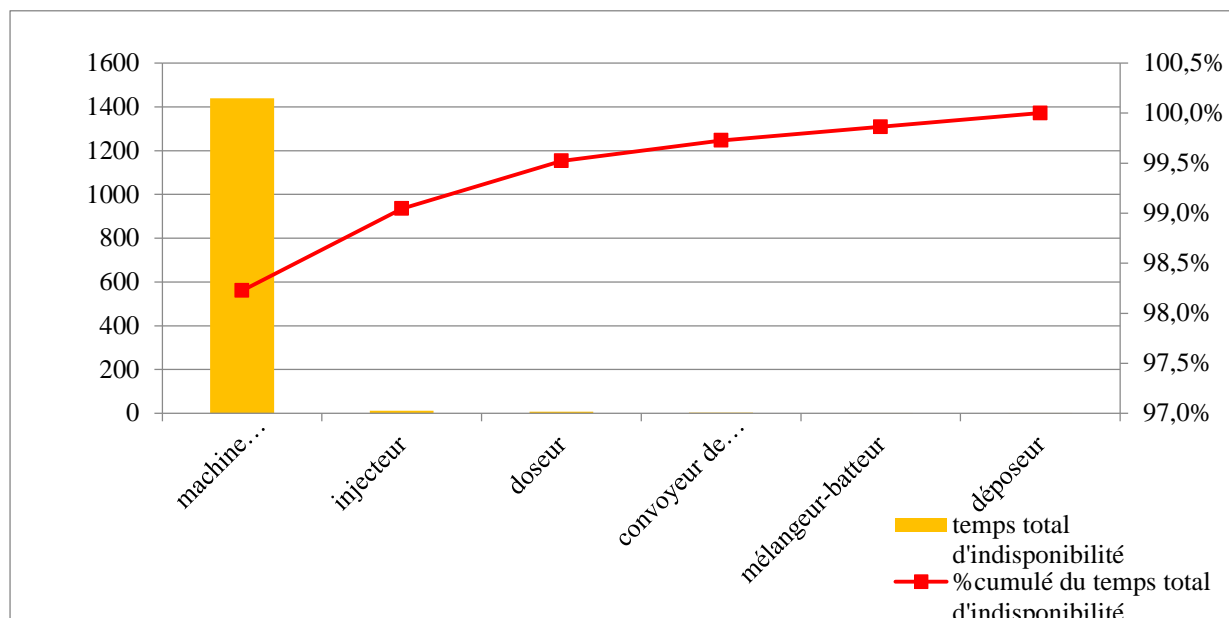


Figure 12 : Indicateur de disponibilité de la ligne

On est en présence d'une forte sélection : **un équipement sur six totalise 98.23%** du temps total d'indisponibilité (figure 12). Il s'agit de **la machine d'emballage**. C'est au niveau de cet équipement qu'il faudra engager des actions prioritaires visant à identifier et à éliminer les causes d'indisponibilité de cette machine afin d'améliorer sa fiabilité.

5 Synthèse

Cette étude nous a permis de mettre en évidence le caractère multicritère du **diagramme de Pareto**, ainsi nous constatons que selon tous les critères adoptés les priorités d'action sont les mêmes:

Au niveau de la **fiabilité**, de la **maintenabilité** et la **disponibilité** c'est la machine d'emballage RGD mape qui est la plus critique.

Les résultats obtenus nous poussent à analyser et chercher les causes de ce pourcentage élevé d'arrêts de RGD mape, donc on va se baser sur cette machine dans le reste de notre rapport.

IV. Etude de la machine d'emballage

1 Description

La machine RGD mape est idéalement conçue pour emballer des madeleines de différentes tailles, et de différentes formes. Cette machine est à fonctionnement continu, remplie et forme

Les sachets de madeleines, elle est réalisée en acier inox et produit jusqu'à 100 sachets par chaque minute.

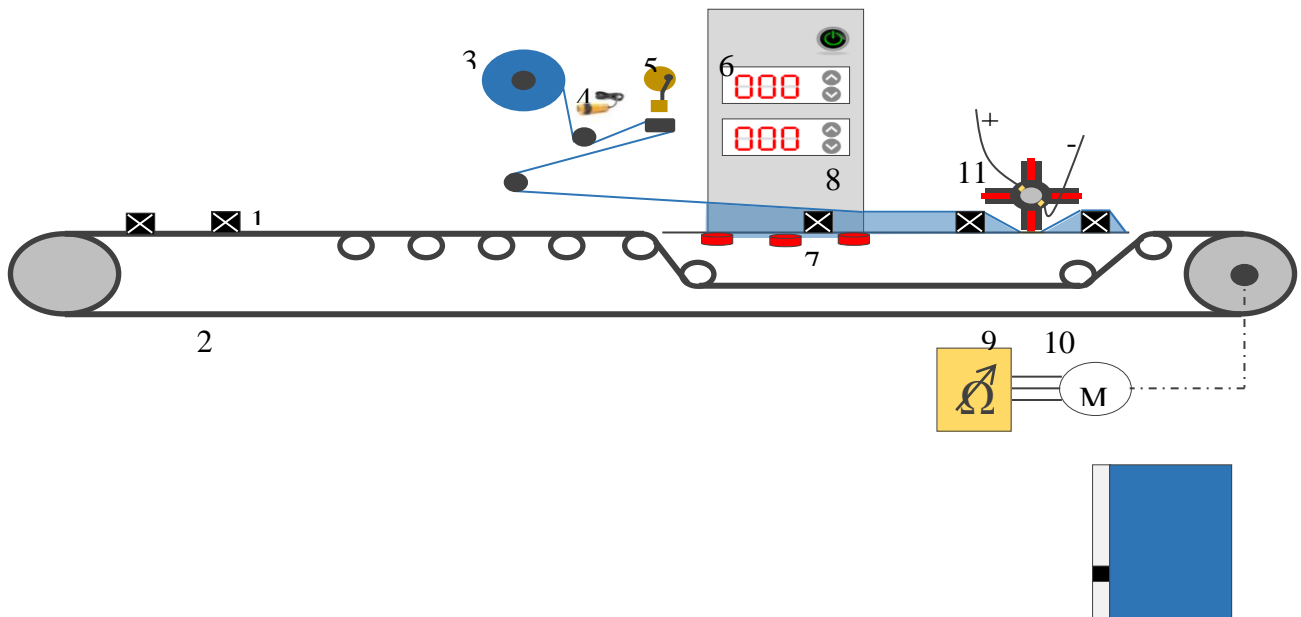


Figure 12 : Dessin simplifiée de la machine d'emballage RGD mape

- 01:** Produit brut (avant l'emballage)
- 02:** convoyeur à chaine (pour l'avancement des produits)
- 03:** bobine de papier alimentaire d'emballage
- 04:** Capteur de proximité (pour détecter le spot dans le papier)
- 05:** Système de marquage (Dateur)
- 06:** Régulateur numérique de température pour le système de découpage
- 07:** Résistances de collage inférieur
- 08:** Régulateur numérique de température pour le système de soudure.
- 09:** Variateur de vitesse
- 10:** Moteur électrique pour entraîner la machine
- 11:** Résistances de découpage

2 Décomposition

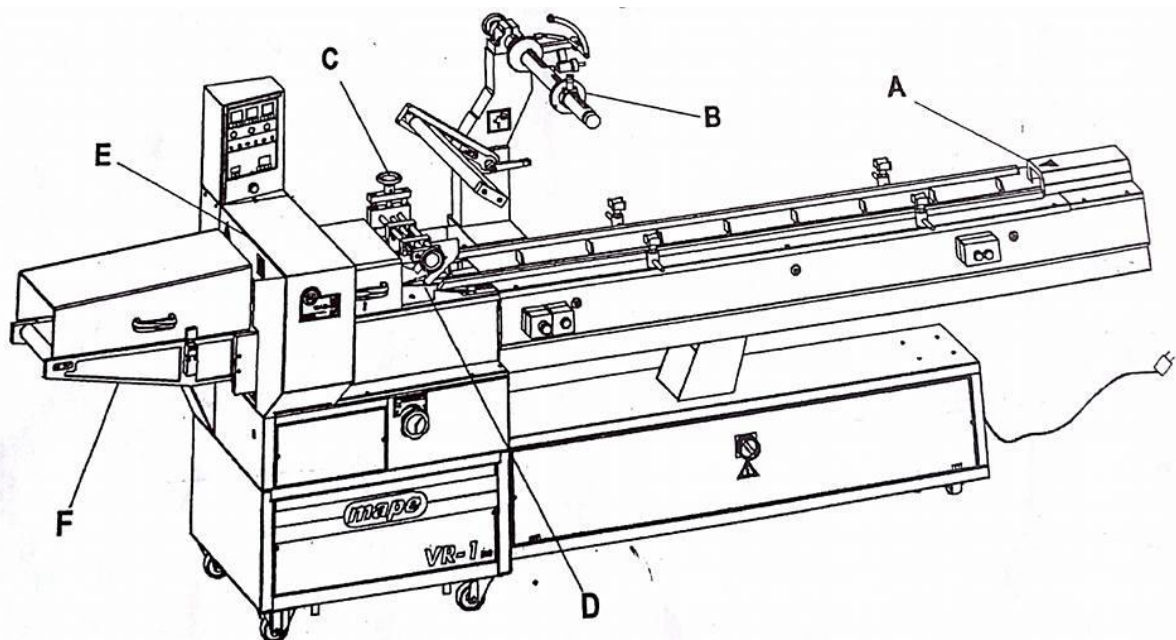


Figure 13 : Décomposition de la machine d'emballage RGD mape

La **machine d'emballage RGD mape** (figure 14) est une machine très complexe constituée de plusieurs équipements. D'après une analyse externe nous avons pu déterminer les éléments principaux qui assurent son fonctionnement.

A. Chariot d'alimentation : c'est un convoyeur à chaîne sur lequel le produit est déposé pour être transporter vers la zone d'emballage en poussant une palette en plastique le long de la chaîne et à une distance de séparation constante appelée étape. Lors du déplacement, le produit est contrôlé par quelques guides latéraux de régulation facile. Il y'a des moments où le produit ne doit pas être traîné, dans ce cas, de petits plateaux (tapisseries) sont placés entre les palettes qui aident à le transporter.



Figure 14 : Chariot d'alimentation

B. Porte bobine : elle soutient la bobine qui va fournir le film d'emballage des madeleines.

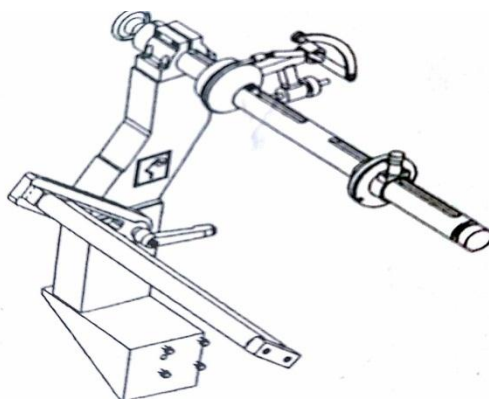


Figure 16 : Porte bobine

C. Tunnel universel : il reçoit le film de la bobine, pour se conformer au produit. Il a des dispositifs de régulation, ainsi que la possibilité de dépasser ou de retarder l'ensemble complet.

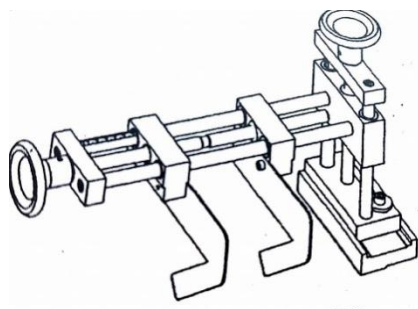


Figure 15 : Tunnel universel

D. Système de soudure longitudinale : La tâche principale de ce groupe est de faire glisser le film d'emballage et d'effectuer le soudage longitudinal, l'opération de traînée étant réalisée au moyen de rouleaux à mâchoires circonférentielles appelées réas. La soudure longitudinale est réalisée, généralement par l'une des paires de réas équipées de résistances logées dans son intérieur. La transmission du mouvement aux molettes est réalisée par un système poulie.

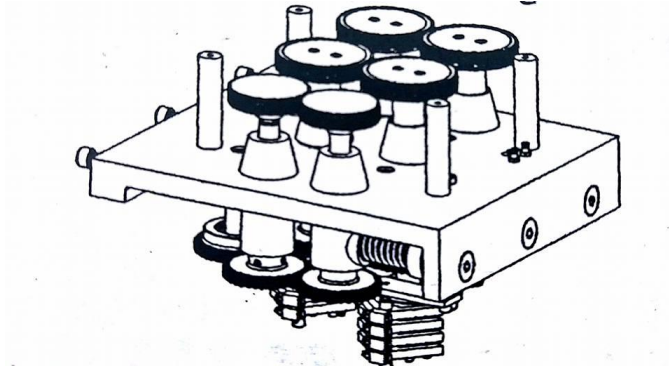


Figure 16 : Système de soudure longitudinal

E. Système de découpage et soudure transversale : est l'un des plus importants ensembles de la machine en raison de la précision du travail qu'il maintient et de sa construction méticuleuse. Il a pour mission de réaliser le soudage transversal, tandis que la découpe du sachet se réalise au moyen de spatules équipées de rotation, chauffées par conduction avec des résistances logées dans celui-ci, .ce système effectue une soudure transversale du sachet contenant le produit. Le courant passe par les collecteurs cylindriques qui permettent la rotation des spatules sans perdre la continuité électrique.

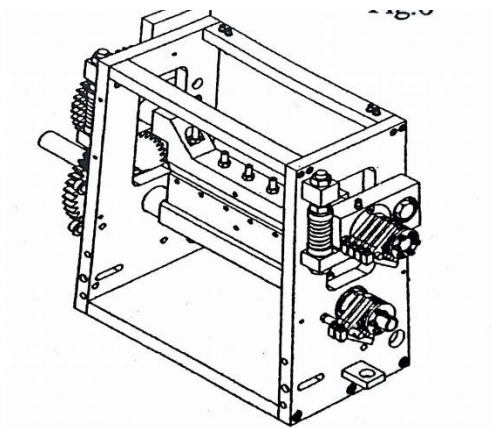


Figure 17 : Système de découpage et soudure transversale

F. Tapis de sortie : Il reçoit le produit emballé du système de soudure et découpage pour le faire sortir de la machine, en empêchant l'accumulation des sachets de madeleines.

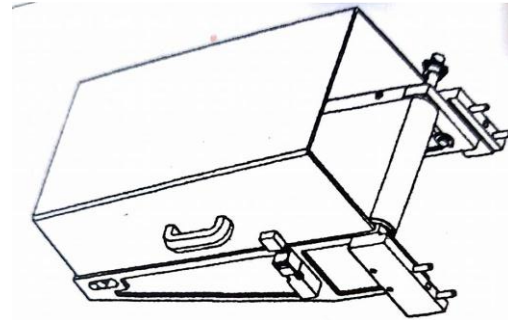


Figure 18 : Tapis de sortie

G. Système de transmission de mouvement :

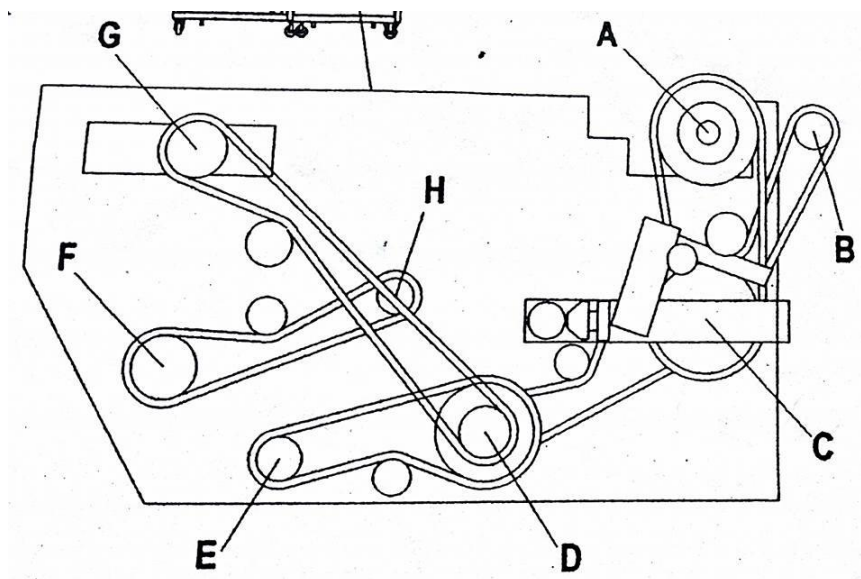


Figure 19 : Système de transmission de mouvement

Dans la partie inférieure de la machine on trouve, un moteur électrique (D) de vitesse 1400 tours par minutes qui assure la marche de la machine, l'arbre de ce moteur est accouplé à un réducteur qui transmet le mouvement de rotation au variateur mécanique (E) et au système de soudure et découpage transversale (C), ce système lui-même transmet le mouvement aux

mâchoires (A) et au tapis de sortie (B) ainsi que le réducteur transmet aussi le mouvement au convoyeur a chaîne (G) .

Variateur mécanique : (E) . Cet appareil est utilisé pour la variation de la longueur du sachet par un volant (A) situé à l'avant du châssis. La longueur est réglée manuellement par le volant.

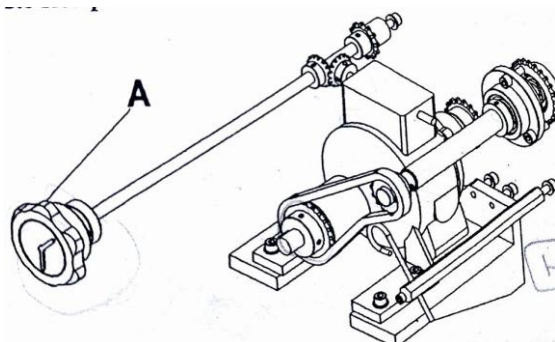


Figure 20 : Volant

Embrayage magnétique : Même si la longueur du sachet est réglé par le volant mais elle n'est pas toujours exacte, il y'a toujours un décalage de cinq millimètres ou moins .c'est pour ça le constructeur de la machine a utilisé un embrayage magnétique qui vise à corriger ce décalage. Cet embrayage fonctionne avec le principe d'attraction magnétique. Il est composé d'un **plateau** (23) fixé d'un côté avec un **disque Feredo** et de l'autre côté avec **un pignon** qui tourne librement (roue libre $z=26$). Une fois l'électroaimant est excité, il attire le disque. Cette Attraction provoque le serrage du plateau et donc le clavetage du pignon. La rotation du pignon donne naissance à une nouvelle vitesse appelée vitesse de correction.

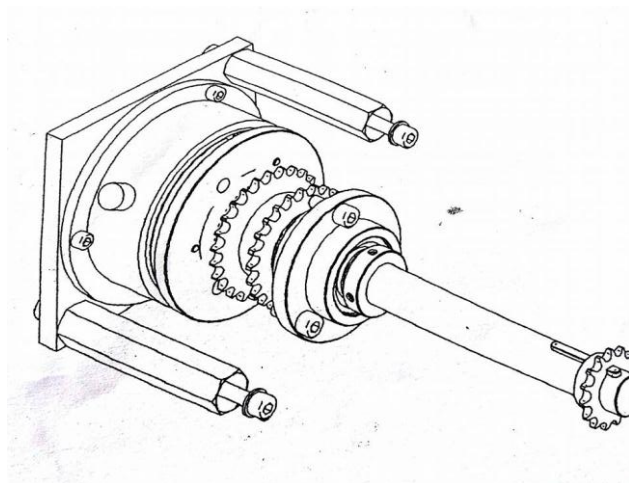


Figure 21 : embrayage magnétique

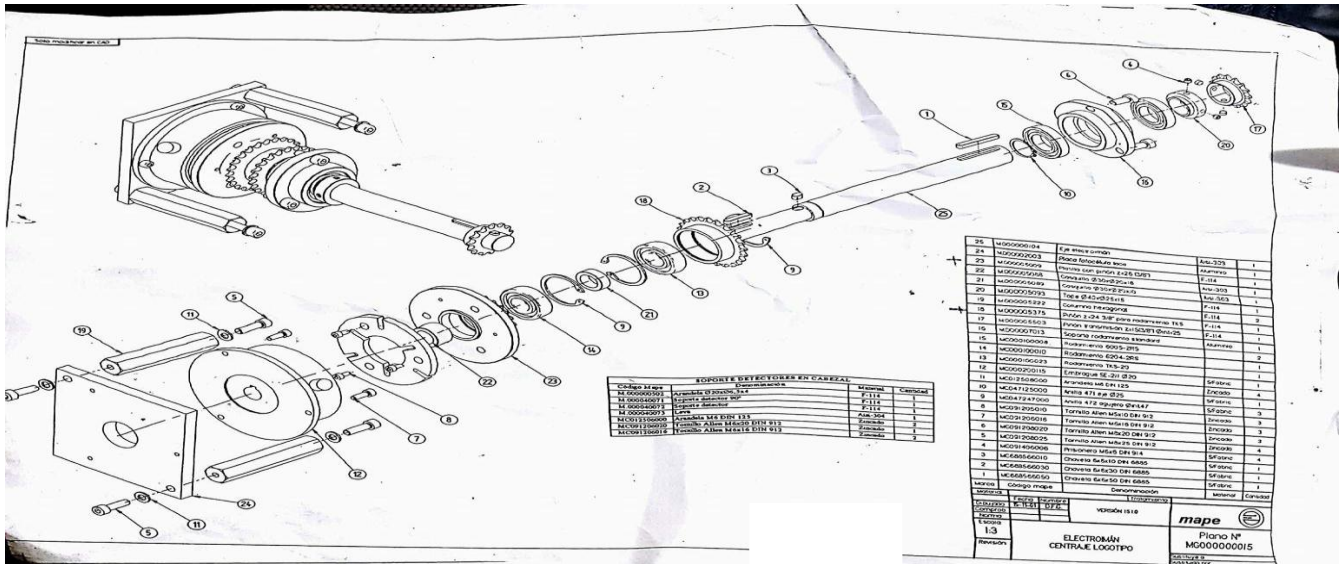


Figure 22 : Dessin d'ensemble de l'embrayage magnétique

Etant en espagnol, le manuel de la machine d'emballage RGD mape contient des mots techniques difficiles à comprendre. Le Tableau présenté ci-dessous représente notre traduction en français des différentes unités constituant l'embrayage magnétique.

Tableau 4 : Nomenclature de l'embrayage magnétique

Numéro de l'élément	Désignation
1	Clavette 6x6x50
2	Clavette 6x6x30
3	Clavette 6x6x10
4	Vis M6x6
5	Vis M8x25
6	Vis M 8x20
7	Vis M 6x16
8	Vis M 5x10
9	Circlips diamètre intérieur=47
10	Circlips diamètre intérieur=25
11	Rondelle M6
12	Embrayage
13	Roulement TKS-20
14	Roulement 6204-2RS
15	Roulement 6005-2RS
16	Support du roulement
17	Pignon de transmission Z=15 diamètre intérieur=25
18	Pignon Z=24
19	Colonne hexagonale
20	Tope 40x25x15
21	Bague en acier 30x20x10
22	Bague 30x20x18
23	Plateau fixé avec pignon

3. Analyse fonctionnelle

Il s'agit dans cette étape d'identifier clairement les éléments à étudier et leurs fonctions. Pour cela nous avons procédé par une analyse structurale qui vise à décomposer la machine en question, afin de mettre en relief l'ensemble des organes faisant partie de la machine.

✓ Diagramme de bête à corne

Le diagramme bête à corne nous permettra de déterminer les exigences fondamentales qui justifient la conception de la machine d'emballage RGD mape, et cela à l'aide des trois questions fondamentales :

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

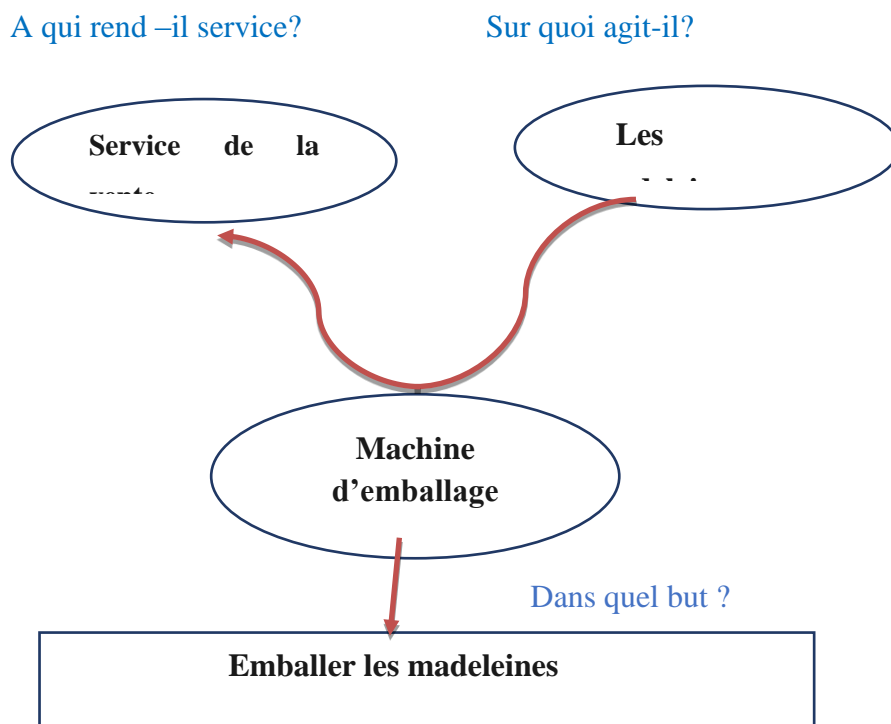


Figure 23 : Diagramme de bête à corne

✓ Diagramme de pieuvre

Ce diagramme sert à exprimer les fonctions, permet également de bien identifier l'environnement d'évaluation du système, et détermine avec précision et concision les relations

(fonctions) entre ce système et les éléments du milieu environnant ainsi que les relations entre les couples d'éléments extérieurs.

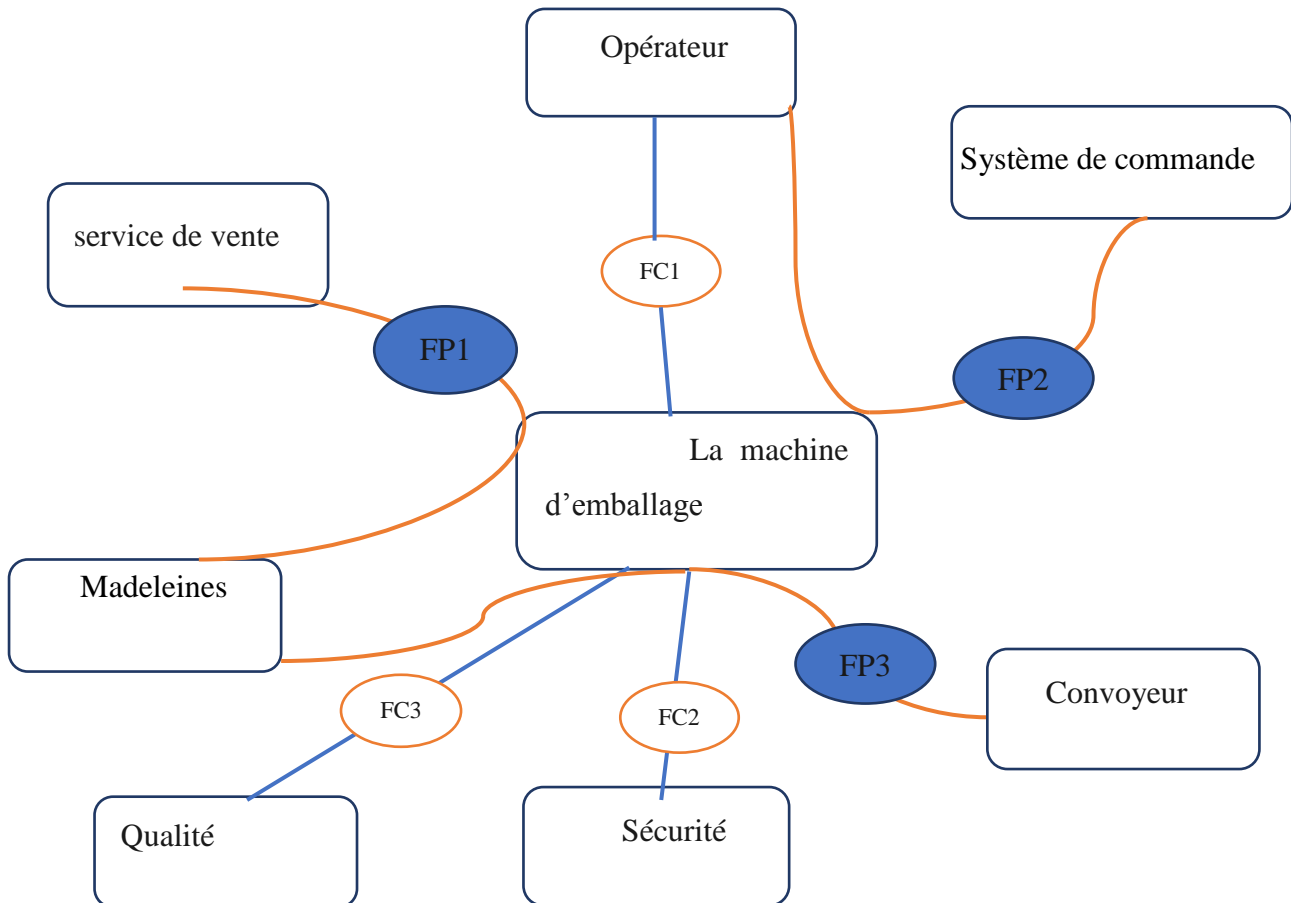


Figure 24 : Diagramme de pieuvre de la machine d'emballage

FC1 : Etre facile à commander par l'opérateur au cas d'un problème dans le fonctionnement de la machine.

FC2 : Assurer la sécurité de toute personne au sein de la zone.

FC3 : Garantir la qualité des madeleines emballées.

FP1 : Servir le service de vente par des madeleines emballées.

FP2 : Permettre à l'opérateur de contrôler la pression, la température et la cadence de production.

V Conclusion

La machine d'emballage RGD mape constitue une étape essentielle de la chaîne de Production, d'où la nécessité d'une étude AMDEC pour la détermination des éléments les Plus critiques afin de mettre en place un plan de maintenance préventive.

Chapitre 3

Etude AMDEC de la

Machine d'emballage 'RGD mape'

I. Introduction

Dans ce chapitre nous allons suivre une démarche structurée pour la recherche des modes de défaillance d'un des équipements les plus critiques issues de l'étude réalisée dans le chapitre précédent qui est la machine d'emballage 'RGD mape'. Cette démarche sera la méthode AMDEC qui vise à garantir la fiabilité, la disponibilité et la sécurité des équipements par la maîtrise des causes de défaillances.

II. Présentation de l'AMDEC

L'AMDEC est une méthode inductive d'analyse de systèmes, utilisée pour l'étude systématique des causes et des effets des défaillances selon trois critères suivants:

Gravité (G).

Fréquence d'apparition ou la probabilité d'occurrence (F).

Probabilité de non détection (D).

Criticité (C).

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 la maintenance et l'expérience du

Personnel.

➤ Gravité:

Pour calculer la gravité des modes de défaillance nous sommes basés sur le tableau :

Tableau 5 : Echelle de gravité

Niveau de gravité	indice	Définition
Gravité mineure	1	Sans dommage : défaillance mineure ne provoquant pas d'arrêt de production et aucune dégradation notable du matériel
Gravité Significative	2	Important : défaillance provoquant un arrêt significatif et nécessitent une intervention importante
Gravité moyenne	3	Moyenne : défaillance provoquant un arrêt de production et nécessitant une petite intervention
Gravité majeure	4	Catastrophique : défaillance provoquant un arrêt impliquant des problèmes graves

➤ Occurrence

Tableau 6 : Echelle de fréquence

Niveau de fréquence	indice	Définition
Fréquence très faible	1	Exceptionnelle : la possibilité d'une défaillance est pratiquement inexistante
Fréquence faible	2	Certaine : il y a eu traditionnellement des défaillances dans le passé
Fréquence moyenne	3	Rare : une défaillance occasionnelle s'est déjà produite ou pourrait se produire
Fréquence forte	4	Très fréquente : il est presque certain que la défaillance se produira souvent

➤ Non détection

Table 7 : Echelle de détection

Niveau de ND	indice	Définition
Détection Evidente	1	Signes avant-coureurs : l'opérateur pourra détecter facilement la défaillance
Détection Possible	2	Peu de signes : la défaillance est décelable avec une certaine de recherche
Détection Improbable	3	Aucun signe : la recherche de la défaillance n'est pas Facile
Détection Impossible	4	La défaillance n'est pas détectable ou encore sa localisation nécessite une recherche approfondie

➤ Criticité

$$C = D \times G \times F$$

Tableau 8 : Echelle de criticité

Niveau de criticité	Exemple d'action corrective engagée
$1 \leq C < 3$ Criticité négligeable	Aucune modification de conception Maintenance corrective
$3 \leq C < 5$ Criticité moyenne	Amélioration des performances de l'élément Maintenance préventive systématique
$8 \leq C < 8$ Criticité élevée	Révision de la conception de sous-ensemble et du choix des éléments Surveillance particulière, maintenance préventive conditionnelle/prévisionnelle
$8 \leq C < 20$ Criticité interdite	Remise en cause complète de la conception

III. Application de l'analyse A.M.D.E.C

Nous présentons ci-après l'étude AMDEC détaillée du machine d'emballage

Le tableau illustre tous les modes de défaillance de la machine d'emballage' RGD mape', avec les valeurs de la criticité. Ces valeurs de criticité de l'étude AMDEC sont basées sur les données citées précédemment.

Tableau 9 : Tableau AMDEC

Matériel		Caractéristique de la défaillance				Criticité			
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet	Mode de détection	G	O	D	C
Moteur	Convertir l'énergie électrique en énergie mécanique	Fatigue des roulements	Fin de la durée de vie	Détérioration prématurée des autres composants	Bruit et vibration	3	2	1	6
		Mauvaise fixation du moteur	Desserrage de la fixation	Détérioration prématurée des autres composants	Vibration	3	1	2	6
Convoyeur à chaîne	l'avancement des produits	Coincement ou blocage de la chaîne	Mauvaise graissage	Arrêt d'avancement des produits	Visuel	2	2	1	4
Embrayage à friction	La correction de la longueur du sachet	Corrosion de la surface du disque Ferodo	Frottement du disque avec l'électroaimant	La longueur du sachet n'est pas exacte	démontage	2	3	3	18

Mâchoire	Découpage et soudure transversale	Usure du couteau et support	Fin de durée de vie	Ne réalise pas la coupe du papier	Visuel	2	3	2	12
Tapis de sortie	Recevoir le produit déjà emballé et le retirer de la machine	Le tapis n'est pas bien tendu	Desserrage des vis de fixation	L'accumulation des sachets de madeleine	visuel	2	1	1	2
Molettes	Soudure longitudinale	Usure des résistances	Fin de la durée de vie	Le sachet n'est pas bien soudé	visuel	2	4	1	8
Dateur	Marquage de la date	Mauvaise fixation	Non réglage du dateur	L'emplacement de la date sur le sachet n'est pas exact	Visuel	2	2	1	4
Porte bobine de film alimentaire	Il soutient les bobines qui vont fournir le film alimentaire	La bobine ne peut pas se dérouler librement	La bobine est desserrée	Le film n'est pas bien centré par rapport aux produits	visuel	2	1	1	2
Arbres	Transmettre une puissance sous forme d'un couple et d'un mouvement de rotation	-Vibration – Usure	-Mauvaise lubrification -Surcharge	Arrêt de la machine	-Analyse vibratoire	3	1	1	3

IV. Analyse de criticité

Ce tableau représente la criticité des éléments de la machine d'emballage RGD mape classés en ordre décroissant.

Tableau 12: Tableau de criticité

Les équipements	Criticité
Embrayage à friction	18
Mâchoire	12
Molettes	8
Moteur	6
Convoyeur à chaîne	4
Dateur	4
Arbres	3
Tapis de sortie	2
Porte bobine de film alimentaire	2

Après l'application de l'analyse AMDEC sur la machine d'emballage RGD mape, qui nous a permis de déterminer tous les modes de défaillance, leurs causes et leurs conséquences, ainsi que la méthode d'identification pour chaque anomalie. Afin d'identifier les sous-ensembles critique de la machine. On a défini un seuil de criticité égale à 7, les modes de défaillances qui ont une criticité supérieure à ce seuil sont mentionnés en rouge com

me le montre l'histogramme suivant :

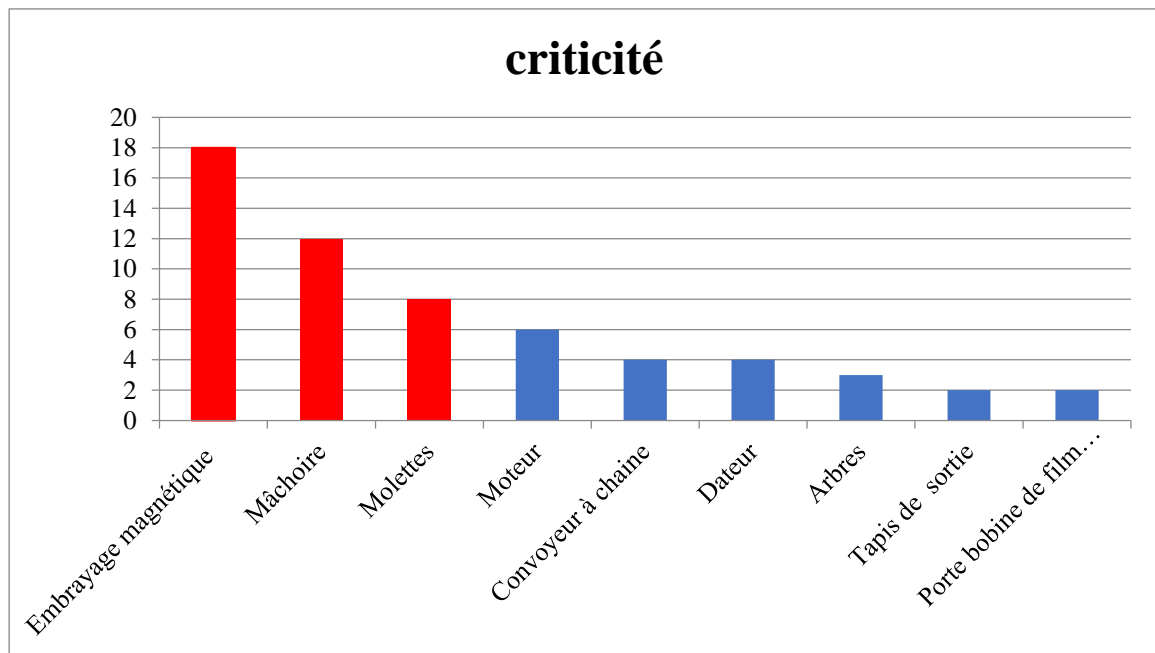


Figure 25 : Diagramme de criticité

V. Conclusion

Les outils d'analyse utilisés précédemment facilitent la reconnaissance des équipements critiques, et leurs ordres de priorité dans la maintenance. A l'aide de ces outils de décisions, nous cherchons à garantir la fiabilité et améliorer la sûreté de fonctionnement. En conclusion, nous avons présenté dans ce chapitre les résultats de l'étude AMDEC, qui comprennent les modes de défaillance possibles engendrés par chaque organe durant le fonctionnement de la machine d'emballage 'RGD mape'. Nous avons spécifié les causes et les effets de chaque anomalie tout en donnant la nature et la fréquence du mode. Cette étude a permis aussi de localiser les éléments critiques et leur ordre de priorité. Les actions à mener sont des actions préventives permettent de garder le système en marche normale. Cette démarche (étude **AMDEC** et analyse de **criticité**) constitue la première tâche vers l'implantation du plan de maintenance préventive.

Chapitre 4



d'un plan de maintenance préventive

I. Introduction

Après avoir déterminé les différents modes de défaillance de la machine '**RGD mape**', à l'aide d'une étude AMDEC. Nous allons maintenant nous intéresser à l'ensemble des actions préventives nécessaires pour remédier à ces modes. Dans ce chapitre, nous allons présenter les interventions à effectuer sur la machine d'emballage, ainsi des recommandations visant à diminuer ses pannes.

II Plan de maintenance préventive



Plan de maintenance preventive

Service
maintenance

Machine d'emballage RGD mape

équipement	Opération	Fréquence						exécutant
		jour	semaine	mois	trimestre	semestre	année	
Convoyeur à chaîne	- Graissage de la chaîne. -Nettoyage des poussoirs un par un. -Vérification de la tension de la chaîne.	*	*			*		Mécanicien Operateur mécanicien
Porte bobine	-Centrage du film -ajustement du rouleau	*						Operateur mécanicien
Système de coupe et soudure transversale	-nettoyage des collecteurs -lubrification des roulements -nettoyage des lames	*				*	*	Mecanicien Mecanicien Operateur Mecanicien
	-Affutage des lames de coupe -nettoyage des mâchoires -changement des 4 résistances	*				*	*	Mecanicien Electricien

Système de soudure longitudinale	<ul style="list-style-type: none"> -lubrification des roulements -nettoyage des collecteurs -nettoyage du système entier -changement des résistances 				*	*	*	<ul style="list-style-type: none"> Mécanicien Electricien Mécanicien Electricien
Embrayage magnétique	<ul style="list-style-type: none"> -vérifier que la photo cellule lit correctement le spot du film -changement du disque Feredo -graissage des chaines de transmission -lubrification des roulements -changement de l'électroaimant -lubrification de l'arbre 	*				*	*	<ul style="list-style-type: none"> Mécanicien Mécanicien Mécanicien Mécanicien Electricien Mécanicien
moteur	<ul style="list-style-type: none"> - nettoyage des ailettes de refroidissement -vidange d'huile et remplissage -Vérification de l'absence de vibrations -Vérification de la ventilation -Contrôle général -Contrôle des fixations 				*	*	*	<ul style="list-style-type: none"> Mécanicien Mécanicien Mécanicien Mécanicien mécanicien
réducteur	<ul style="list-style-type: none"> -Vérification du niveau d'huile et remplissage si nécessaire -Contrôle des vibrations -Contrôle des fixations -Examen dentures par un spécialiste -Contrôle des jeux roulements et roulements alésages 					*	*	<ul style="list-style-type: none"> Mécanicien Mécanicien Mécanicien Mécanicien mécanicien

Tapis de sortie	-contrôle de la tension du tapis				*			Mécanicien
-----------------	----------------------------------	--	--	--	---	--	--	------------

Conclusion

Au terme de notre analyse et en guise de conclusion, nous pouvons dire que ce stage bien limité dans le temps, nous a permis de tester certaines de nos connaissances théoriquement acquise aux sein de la FST, et de les traduire en pratique. Ce serait vraisemblablement une étape transitoire et précieuse vers la traduction de nos connaissances théoriques accumulées par le passe vers les aspects pratiques de la vie professionnelle.

Dans le but d'une meilleure optimisation des ressources disponibles et de réduire les coûts des pertes qui sont la clé de survie de l'entreprise, nous avons essayer dans un premier temps de faire la description des machines mises en service suivie d'une analyse globale de toute la ligne, afin de savoir la partie qui tombe le plus en panne.

Cependant, nous avons constaté que la machine d'emballage constitue la partie vulnérable qui connaît souvent des pannes récurrentes au sein de l'ensemble de toute la ligne de production de madeleine WESTRE.

Dans ce cadre, une étude AMDEC et une analyse de criticité de la machine d'emballage RGD mape viendront mener la démarche technique. Ces mesures nous a permis de déterminer avec exactitude les éléments les plus critiques de la machine à savoir (embrayage magnétique, Système de coupe et soudure transversale, système de soudure longitudinale). Une attention particulière serait accordée à ces éléments à travers un plan de maintenance préventive et bien ciblées.

Cela dit, et compte tenu de la durée de notre stage, une bonne partie de travail restera à faire, notamment celle relative à l'application des études AMDEC sur toute les machines de la ligne de production de madeleine WESTRE , ainsi que les autres outils de maintenance à savoir la méthode d'ISHIKAWA....

Bibliographie

- Base de données internes de la société AL HANINI
- Manuel Maintenance & Fonctionnement Systèmes
- Le catalogue de la machine 'RGD mape'
- <http://fr.wikipedia.org>
- [Mecanique-engrenages-et-liens-souples-42182210/poulies-et-courroies-de-transmission-b5680/](http://www.mecanique-engrenages-et-liens-souples-42182210/poulies-et-courroies-de-transmission-b5680/)
- Livre pratique de la maintenance préventive