



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES
LST FILIERE CONCEPTION ET ANALYSE MECANIQUE



Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du

Diplôme Licence Sciences et Techniques

Spécialité : Conception et Analyse Mécanique

THÈME :

Etude AMDEC DU CLARIFICATEUR CHPX 517 AMELASSE

LIEU :



PRÉSENTÉ PAR :

- EL HADROURI KHAOULA
- EL OUADARRI NAJOUA

ENCADRÉ PAR :

- Mme. JAMLAOUI IKHLAS (**LESAFFRE MAROC**)
- Pr. HARRAS BILAL

SOUTENU LE 04/07/2022 DEVANT LE JURY :

- Pr. A. EL KHALFI
- Pr. HARRAS BILAL

Dédicaces

✚ A nos chers parents en reconnaissance de leurs efforts et encouragement pendant toute la période de nos études.

✚ A notre encadrant **Mme. JAMLAOUI IKHLAS** et tout Personnel de la société **LESAFFRE MAROC**.

✚ A notre encadrant **Mr HARRAS BILAL**, nous le remercions énormément pour leur aide précieuse et leurs conseils avisés.

✚ A tous nos amis, notamment **MOURAD BOUINBI** qui nous a beaucoup aidés pour réaliser notre thème de stage.

Remerciements

Au terme de notre stage effectué à la Société LESAFFRE MAROC, nous aimerions remercier vivement la société qui nous a accueillis, ainsi que Mr. Abdlouahed ssarou chef de service de maintenance mécanique, de nous avoir confié ce travail, de nous avoir encadré pendant les deux mois de stage et pour l'aide efficace qu'elle nous a apportée à l'élaboration de ce projet, nous avons ainsi bénéficié de son expérience.

Nous tenons également à remercier tout le personnel du service de production et ainsi le service de maintenance, notamment Mr ABDELHAK BOUJNANE (chef d'atelier), Mr MOURAD BOUINBI (technicien) pour son accueil et aide .

Nous nous adressons également nos remerciements à tous les opérateurs pour leur accueil.

Nous remercions profondément à notre encadrant à la FSTF Mr. HARRAS pour sa disponibilité et sa contribution efficace et son orientation très utile pour la réussite de notre projet.

Nos remerciements s'adressent également à tous les enseignants de la FSTF qui ont contribué à notre formation pendant ces trois années et particulièrement aux enseignants du département du Génie Mécanique.

Table des matières

.....	6
Introduction	
LISTE DES TABLEAUX	7
LISTE DES FIGURES	8
CHAPITRE I : HISTORIQUE ET PRESENTATION DE L'ENTREPRISE	9
I. Présentation de l'entreprise.....	10
II. Historique du groupe LESAFFRE	10
III. Historique de LESAFFRE MAROC.....	11
IV. Moyens de production.....	12
V. Stratégie du groupe	12
VI. Organigramme LESAFFRE MAROC	13
CHAPITRE II : PROCESSUS DE FABRICATION	14
I. La chaine de production	15
1. La Préparation du milieu de culture.....	15
a. La mélasse.....	15
✚ Dilution.....	16
✚ Clarification.....	16
✚ Stérilisation.....	17
✚ Refroidissement.....	18
b. Les sels nutritifs.....	18
2. Fermentation.....	18
a. Echelle laboratoire.....	18
b. Echelle industriel.....	19
✚ Pré_fermentation	19
✚ Fermentation de la levure mère.....	19
✚ Séparation de la levure mère.....	20
✚ Fermentation de la levure commerciale.....	20
✚ Séparation de la levure commerciale.....	20
3. Filtration sous vide.....	20
4. Conditionnement de la levure.....	21
a. La levure fraîche.....	21
b. La levure sèche	22
5. Conclusion.....	
CHAPITRE III : PRESENTATION ET ANALYSE FONCTIONNELLE DU CLARIFICATEUR CHPX	25
I. La présentation de la machine et du problème.....	25
1. Le fonctionnement générale.....	25
2. Principe de fonctionnement.....	26
3. Le nettoyage du bol.....	27
4. Le fonctionnement mécanique de la machine.....	28
5. Caractéristiques de la machine	29

II.	Analyse fonctionnelle de la machine.....	30
1.	Analyse fonctionnelle externe.....	31
2.	Analyse fonctionnelle interne	32
	Chapitre IV APPLICATION D'AMDEC SUR LE CLARIFICATEUR CHPX 517	35
I. I.	Méthodologie AMDEC.....	36
1.	Définition de l'AMDEC	36
2.	Type d'AMDEC.....	36
3.	Analyse de défaillance	36
4.	Evaluation	37
5.	Démarche pratique de l'AMDEC	39
III.	Découpage de la machine.....	40
1.	Décomposition du bol.....	40
2.	Décomposition du moteur.....	41
3.	Dispositif d'entraînement vertical.....	42
4.	Dispositif d'entraînement horizontal	43
5.	Le système d'eau de commande	44
6.	La garniture mécanique.....	44
7.	Les pattes du clarificateur	45
8.	Le serpentin de refroidissement	45
III.	Analyse AMDEC du clarificateur CHPX 517.....	45
1.	Constitution du groupe de travail.....	45
2.	Analyse AMDEC du clarificateur CHPX 517	45
3.	Le seuil de criticité.....	46
4.	Diagramme de Pareto.....	46
5.	Diagramme d'Ishikawa.....	49
	Présentation de l'outil utilisé : Diagramme d'Ishikawa	49
	Diagrammes d'Ishikawa des éléments critiques	50
6.	Analyse AMDEC des éléments critiques.....	52
IV.	Plan de maintenance préventive.....	54

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Introduction

Dans le cadre de notre formation en Licence Science et Technique Conception et

Analyse Mécanique, nous avons effectué un stage de fin d'études au sein de la société LESAFFRE MAROC, pour une durée de deux mois.

Après notre intégration dans l'équipe, nous avons eu l'occasion de collaborer dans l'amélioration de la maintenance des équipements, particulièrement le clarificateur, dans une perspective qui fait face aux défaillances, diminue les temps d'arrêt.

L'étude AMDEC consiste à analyser et améliorer la disponibilité de la machine et par conséquent limiter l'arrêt de production sachant que le produit (mélasse) est un composant principal dans la production de la levure.

Le présent travail est fait en plusieurs étapes :

- ✓ présentation de la société.
- ✓ Suivie des processus de production de la levure.
- ✓ Présentation et analyse fonctionnelle de la machine.
- ✓ Présentation de la méthode AMDEC.
- ✓ Application d'AMDEC sur le clarificateur de la mélasse et établissement d'un plan de maintenance préventive.
- ✓ Conclusion.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.1: Les étapes de nettoyage du bol.

Tableau 3.2 : Mesures effectuées au cours de la clarification.

Tableau 3.3 : Mesures effectuées au cours du débouillage.

Tableau 3.4 : Mesures effectuées au cours du nettoyage du bol.

Tableau 3.5 : Caractéristiques techniques de la machine.

Tableau 3.6 : Consommation d'énergie de la machine.

Tableau 4.1 : Gravité.

Tableau 4.2: Fréquence.

Tableau 4.3: Non détection.

Tableau 5.1 : Nomenclature des éléments du bol.

Tableau 5.2 : Nomenclature des éléments du mécanisme d'entraînement vertical.

Tableau 5.3 : Nomenclature des éléments du mécanisme d'entraînement horizontal.

Tableau 5.4 : Classement des éléments selon la criticité.

Tableau 5.5 : Tableau Pareto.

Tableau 5.6 : Tableau AMDEC des éléments critiques.

Tableau 5.7 : Plan de Maintenance préventive.

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Organigramme de l'entreprise LESAFFRE-MAROC.

Figure 2.1 : La mélasse brute.

Figure 2.2: Cuve de dilution de la mélasse brute.

Figure 2.3 : Schéma de clarificateur et stérilisation de la mélasse.

Figure 2.4 : Les étapes de cultures pures de la souche avant pré-fermentation.

Figure 2.5 : Filtre à tambour rotatif sous vide.

Figure 2.6: Aspect de la levure fraîche.

Figure 2.7 : Aspect de la levure sèche.

Figure 2.8: Schéma du procédé de fabrication de la levure.

Figure 3.1 : Le clarificateur de la mélasse

Figure 3.2 : le bol du clarificateur

Figure 3.3 : les éléments de la machine

Figure 3.4: le diagramme de bête à corne du clarificateur CHPX 517.

Figure 3.5: le diagramme pieuvre du clarificateur CHPX 517.

Figure 3.6 : Graphe SADT du clarificateur CHPX 517.

Figure 3.7 : Graphe FAST du clarificateur CHPX 517.

Figure 4.1: vue éclatée des éléments du bol.

Figure 4.2: vue éclatée du moteur.

Figure 4.3 : vue éclatée du mécanisme d'entraînement vertical.

Figure 4.4 : vue éclatée du mécanisme d'entraînement horizontal.

Figure 4.5 : système de commande d'eau de manœuvre.

Figure 4.6 : garniture mécanique.

Figure 4.7 : les pattes de la machine.

Figure 4.8: serpentins de refroidissement.

Figure 4.9 : Analyse PARETO du clarificateur.

Figure 4.10 : diagramme d'Ishikawa du défaut de chapeau de bol.

Figure 4.11: diagramme d'Ishikawa du défaut de fond mobile du bol.

Figure 4.10 : diagramme d'Ishikawa du défaut de la tige du piston.

Figure 4.10 : diagramme d'Ishikawa du défaut de la garniture mécanique.

Figure 4.10 : diagramme d'Ishikawa du défaut des roulements.

Figure 4.10 : diagramme d'Ishikawa du défaut des tampons.

Figure 4.10 : diagramme d'Ishikawa du défaut du piston.



CHAPITRE I :

HISTORIQUE ET PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

I. PRESENTATION DE L'ENTREPRISE :

Fondé en 1853, le groupe agroalimentaire Lesaffre est un leader mondial de la levure boulangère. Lesaffre est également actif dans le domaine de la nutrition et de la santé humaine et animale avec sa connaissance approfondie de la levure et ses compétences pointues en biotechnologie.

Aujourd'hui, le groupe Lesaffre compte plus de 35 sites de production et de nombreuses sociétés de vente et de distribution sur les cinq continents. Son statut d'expert dans le domaine de la levure et des extraits de levure, ainsi que sa volonté de s'adapter aux exigences du marché international, en ont fait une référence mondiale sur le marché de la levure et des produits de boulangerie.

L'entreprise est mondialement connue pour deux trophées :

- Trophée Arabian Prestige à Barcelone en 1984.
- 1985 Trophée International de la Qualité à Madrid.

II. HISTORIQUE DU GROUPE LESAFFRE :

En 1853 : deux fils de cultivateurs du nord de la France, **Louis LESAFFRE** et **Louis Bonsuelle** créent une distillerie d'alcool de grains et de genièvre à Marquette-lez-Lille. A l'origine, la levure n'était qu'un sous-produit de la fabrication des alcools grains.

En 1863 : Acquisition du premier moulin à Marc-en-Baroeul. C'est à partir de ce site que se développera la Société Industriel **LESAFFRE** qui se révélera progressivement comme l'élément moteur et le support de l'essor industriel et commercial de la branche levure du groupe.

En 1871 : Le baron autrichien Max de Springer, propriétaire à Maisons-Alfort d'une très belle distillerie, rapport de chez Mautner, à Vienne, l'idée d'extraire la levure des moûts de fermentation des grains et de la vendre aux boulangers. Ces derniers, à cette époque, utilisaient leurs propres levains, accompagnés parfois de levure résiduaire de brasserie, deux ans après **LESAFFRE & Bonduelle** développent la fabrication de levure fraîche à Marcs-en-Baroeul, à la place de l'ancien moulin.

En 1895 : Naissance de la marque de levure l'hirondelle. Une hirondelle dont le dessin va évoluer au fil du temps, jusqu'à devenir l'emblème du groupe en 2003.

III. HISTORIQUE DE LESAFFRE MAROC :

Crée en 1975, **SODERS**, la société des dérivées des sucres est depuis 1993 majoritairement détendue par le groupe **LESAFFRE**. Elle est ainsi devenue la première entreprise privatisée du Maroc. Elle bénéficie de l'expérience de la maîtrise technique du leader mondial de la fabrication de levure de panification.

Basés à Fès, elle emploie 150 personnes avec une superficie de 2 hectares qui bénéficie d'une politique salariale attractive et des possibilités de formation continue d'un grand groupe qui a su conserver les valeurs humaines d'une entreprise familiale.

LESAFFRE Maroc fabrique et commercialise au Maroc de la levure et des améliorantes de panification : les marques <Jaouda > en levure fraîche, <Rafiaa> en levure sèche, <Nevada> la levure sèche réservée à l'export en Tunisie, les améliorants de panification <Ibis> et <Migimax>, ainsi que les arômes. Sa large gamme de produits en fait aujourd'hui le leader sur le marché des professionnels.



Bénéficiant de l'expertise du savoir-faire du groupe **LESAFFRE Maroc** possède un laboratoire d'analyse qui effectue chaque jour de nombreux tests physico-chimiques et bactériologiques. La qualité des levures est ainsi sans cesse évaluée afin d'optimiser leurs performances : forces fermentative, pureté, stabilité et résistance par rapport au contexte climatique et il a reçu 2 trophées :

- ✓ Le trophée du prestige arabe en 1984 à Barcelone.
- ✓ Le trophée international de la qualité en 1985 à Madrid.

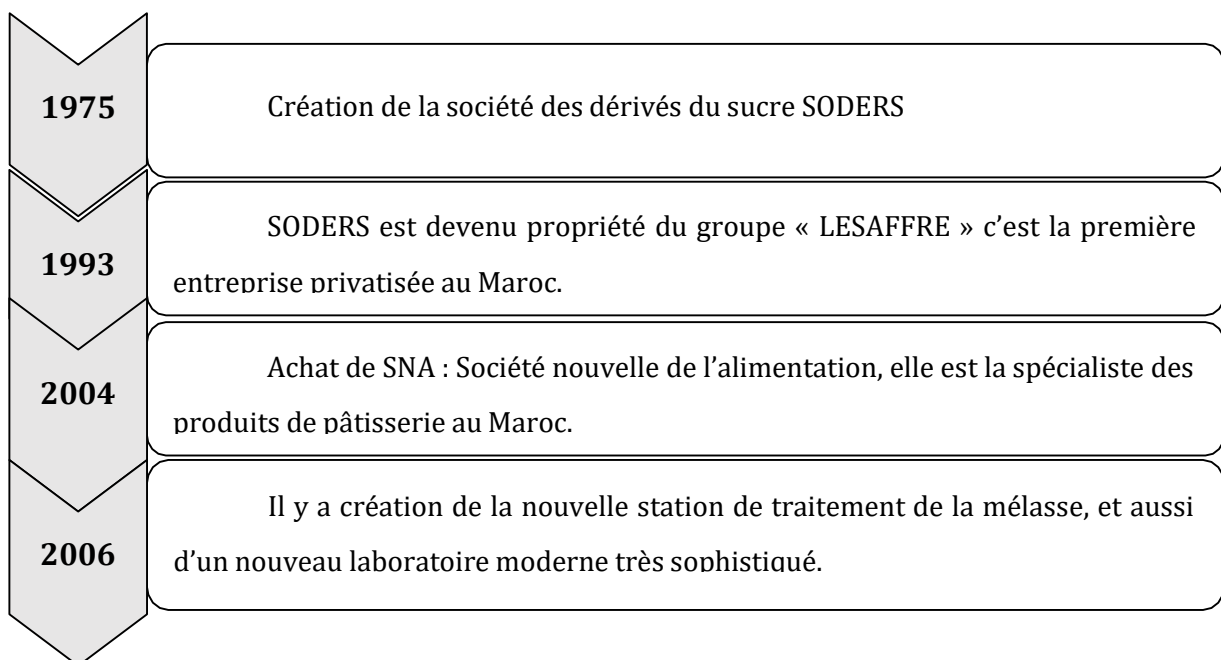
Par ailleurs, le service qualité de **LESAFFRE Maroc** assure un suivi de produits en faisant réaliser quotidiennement des contrôles depuis la réception des matières premières jusqu'à la livraison aux clients, il valide à chaque étape de fabrication la conformité des produits à un

cahier de charge très strict.

Enfin, une sensibilisation permanente des salariés de l'entreprise aux principes et règlements relatifs à l'hygiène permet de respecter des normes bactériologiques rigoureuses.

Entre 1993 et 2004, l'entreprise a investi 200 millions de dirhams dans la modernisation de ses outils de production.

En 2004, **LESAFFRE Maroc** fait l'achat de SNA : Société nouvelle de l'alimentation, elle est la spécialiste des produits de pâtisserie au Maroc. Elle commercialise la levure et les améliorants ainsi que toute une gamme de produits de pâtisserie et petit matériel de haute qualité.



En 2006 il y a création de la nouvelle station de traitement de mélasse, et aussi d'un nouveau laboratoire moderne très sophistiqué.

IV. MOYENS DE PRODUCTION :

L'usine est constituée de : 3 clarificateurs, 3 filtres rotatifs, 3 lignes d'emballage, 5 séparateurs, 2 séchoirs, 3 chaudières, plus d'une centaine de pompes volumétriques et centrifuges, une Chambre froide de 450 tonnes, 8 cuves de stockage de crème, 6 tanks de mélasse, 5 fermenteurs F4 ; F5 ; F6 ; F7 ; F8.

V. STRATEGIE DU GROUPE :

Afin d'être le leader mondial sur le marché de la levure de panification et des

extraits de levure et de comprendre les attentes de ses clients et de répondre aux contraintes culturelles du pays de chacune de ses implantations, l'entreprise adopte une stratégie s'articulant autour des points suivants :

- Fournir des produits de qualité.
- Adapter une politique environnementale volontariste.
- Maîtriser le savoir-faire.
- Avoir une capacité à proposer des solutions sur mesure.
- Appliquer une politique salariale attractive.
- Anticiper les besoins.

VI. ORGANIGRAMME LRSSAFRE MAROC :

L'organigramme ci-dessous résume la voie hiérarchique de la société :

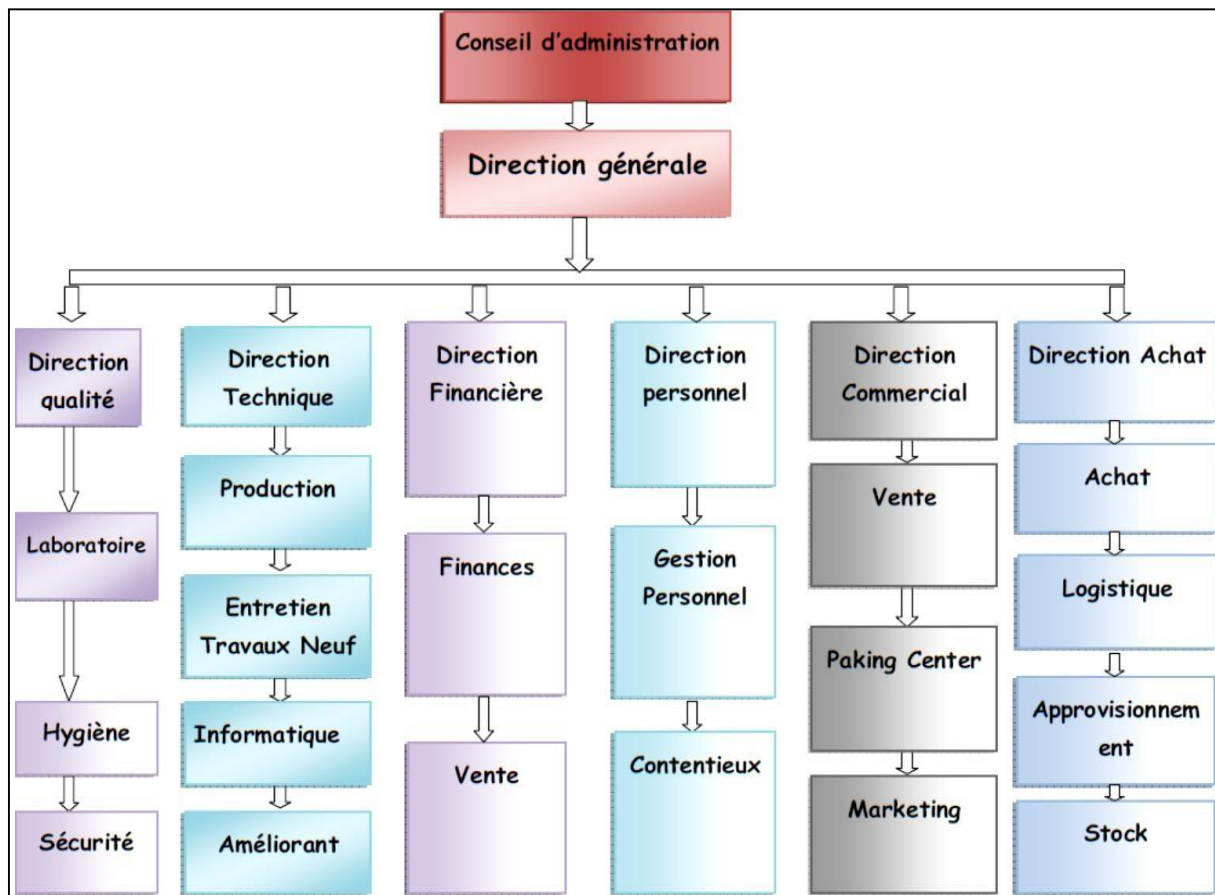


Figure 1.1 : Organigramme de l'entreprise LESSAFRE-MAROC



CHAPITR II : **PROCESSUS DE FABRICATION**

I. LA CHAÎNE DE PRODUCTION :

L'objectif des fabricants de levures est de produire un nombre important de levures capable de garder leur aptitude à fermenter pendant 4 semaines au minimum dans des conditions de stockage de 4°C.

Les levures se multiplient par bourgeonnement, en fermentation aérobie avec un temps de dédoublement de 1H 30min dans des conditions de suralimentation avec production d'alcool. Les étapes de fabrication sont :

- La préparation de la mélasse et des sels nutritifs
- Phase de fermentation
- Phase de filtration sous vide
- Phase de conditionnement de la levure

1. La Préparation du milieu de culture :

La levure est très exigeante sur le milieu de culture dont les éléments essentiels (mélasse, soufre, urée, phosphate...dont les composantes indispensables N, P, C, S) sous des conditions physico-chimiques optimums.:

- Source de carbone : la mélasse après dilution, stérilisation et clarification.
- Source d'azote : l'urée qui est stocké après dilution.
- Source de sulfate : la solution de sulfate d'ammonium.
- Source de phosphore : la solution de phosphate.
- Eau : joue sur les caractères physico-chimiques de la levure.

a. LA MÉLASSE :



Figure2.1 : La mélasse brute

La mélasse est la matière première essentielle pour la production de la levure, c'est un sous-produit des sucreries. La mélasse est livrée par des camions puis stockée dans de grands tanks.

+ DILUTION :

La mélasse brute pose des problèmes d'engorgement lors de sa circulation dans les conduites. Pour faire face à ce problème, la société LESAFFRE débute la préparation de la mélasse par une dilution afin de diminuer la viscosité de la mélasse brute et pour avoir un bon mélange avec les autres ingrédients (sels nutritifs,...).

Pour effectuer cette tâche, on introduit dans une cuve de capacité de 15 m³ la mélasse brute (22% mélasse de la canne à sucre, 78% mélasse de la betterave) qui provient de deux grands tanks de stockage. La dilution est d'environ 52% de la mélasse brute et 48% de l'eau chaude. La température dans la cuve est de 70°C grâce à l'eau chaude ajoutée (66°C) et la vapeur injectée (3.5bar) ce qui favorise la diminution de la viscosité de la mélasse.

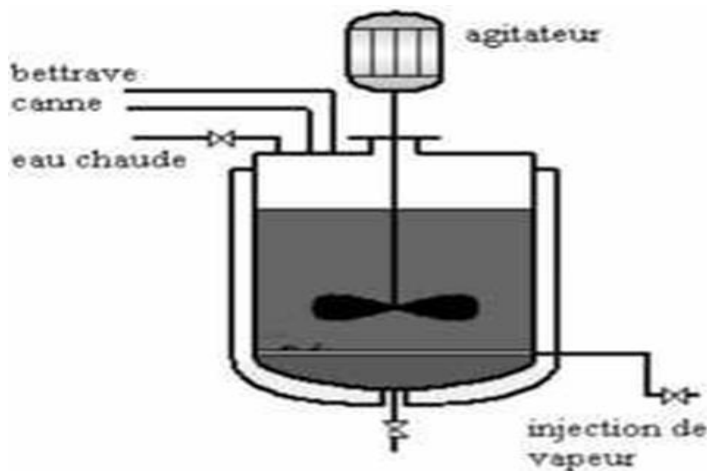


Figure2.2 : Cuve de dilution de la mélasse brute

+ CLARIFICATION :

C'est l'opération qui permet de séparer la mélasse diluée de toutes impuretés comme les colloïdes et les boues. Elle permet ainsi d'éviter le colmatage de l'échangeur utilisé pendant la stérilisation. Pour cela on utilise la centrifugation grâce à des clarificateurs.

L'étape de clarification est précédée par une étape de filtration qui a le même but et elle est effectuée par un filtre à panier qui élimine toutes les grandes particules

pour faciliter la clarification.

✚ STÉRILISATION DE LA MÉLASSE :

La mélasse diluée clarifiée (MDC) est stérilisée par injection de vapeur sous pression de 3.5bars. Le contact de la vapeur avec la mélasse MDC permet l'augmentation de la température de ce dernier de 90°C à 120°C afin d'éliminer les micro-organismes qui peuvent exister dans la mélasse MDC.

Dans cette étape, il y a deux paramètres à contrôler : la température dans le stérilisateur et le temps de contact d'où la nécessité d'adopter un barème (temps, température) convenable pour tuer les micro-organismes et pour préserver la valeur nutritionnelle de la mélasse.

✚ REFROIDISSEMENT :

Avant d'être utilisée dans la fermentation, la MDCS passe dans des refroidisseurs, qui sont des échangeurs à plaques mélasse / eau froide, la mélasse se refroidit ainsi que l'eau se réchauffe.

Remarque: Le chauffage de l'eau de refroidissement provoque la formation du calcaire et risque un colmatage des plaques de l'échangeur, l'utilisation du polyphosphate à pour but d'empêcher le dépôt du calcaire, c'est l'opération décalcification.

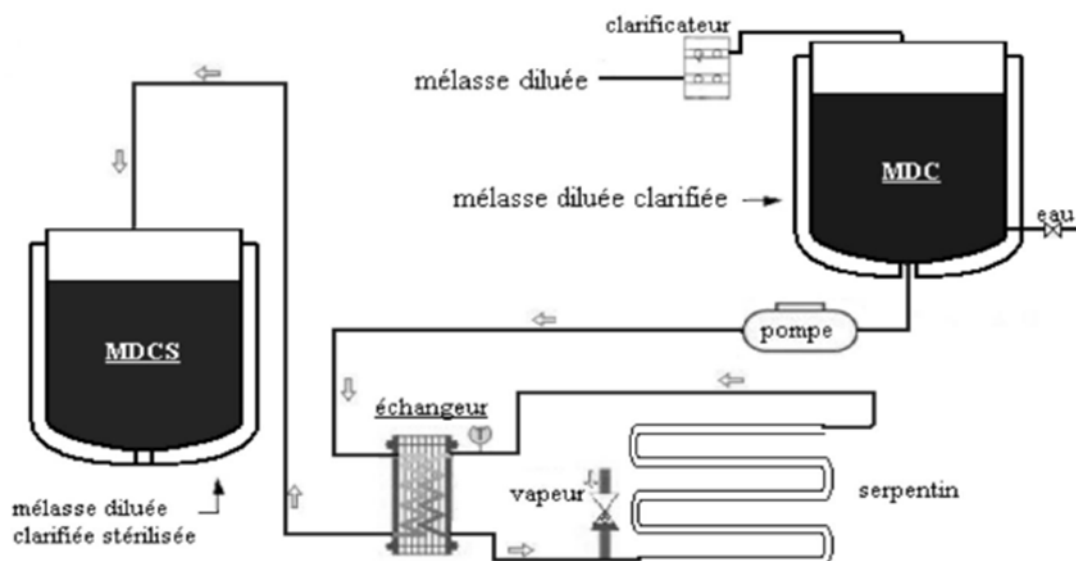


Figure 2.3 : Schéma de clarificateur et stérilisation de la mélasse

b. LES SELS NUTRITIFS:

La mélasse manque de **phosphore** et d'**azote**, donc pour couvrir les besoins de la levure, d'où la nécessité de les apporter sous forme de sels nutritifs qui comprennent :

- **L'urée et les sulfates d'ammonium** : sont une source d'azote nécessaire pour la production des enzymes et des protéines cellulaires.
- **Les phosphates** : sont une source de phosphore qui peut également apporter de l'azote (phosphate d'ammonium). Le phosphore est nécessaire pour la production d'énergie et la phosphorylation membranaire.

Le traitement des sels nutritifs se fait dans une station spéciale où ils subissent une filtration pour éliminer les impuretés, puis une désinfection par l'eau de javel avant d'être envoyés vers les fermenteurs.

2. Fermentation :

a. ECHELLE LABORATOIRE :

Chaque mois, la société *LESAFFRE MAROC* reçoit de la France 2 souches de *Saccharomyces cerevisiae*, une pour la levure fraîche et l'autre pour la sèche dans des tubes conservés à 4 °C, ces souches sontensemencées dans des tubes dans un milieu nutritif spécifique à la croissance des levures pour préparer 60 tubes par mois. Cette étape exige en premier temps un travail dans des conditions strictement aseptiques, pour écarter tout risque de contamination, sont appelées cultures pures, ensuite le contenu des tubes est transvasé dans un petit ballon de 250 ml appelé « Van Lear » dont le milieu gélosé contenant du saccharose et incubé à 30 °C pendant 48 H puis conservés à 4 °C laissera possible une première multiplication cellulaire. puis le contenu du « Van Lear » est versé dans un ballon plus grand appelé « Carlsberg » où elles se multiplient à nouveau et enfin dans des cuves de 800 L dans des conditions semi-aérobie.

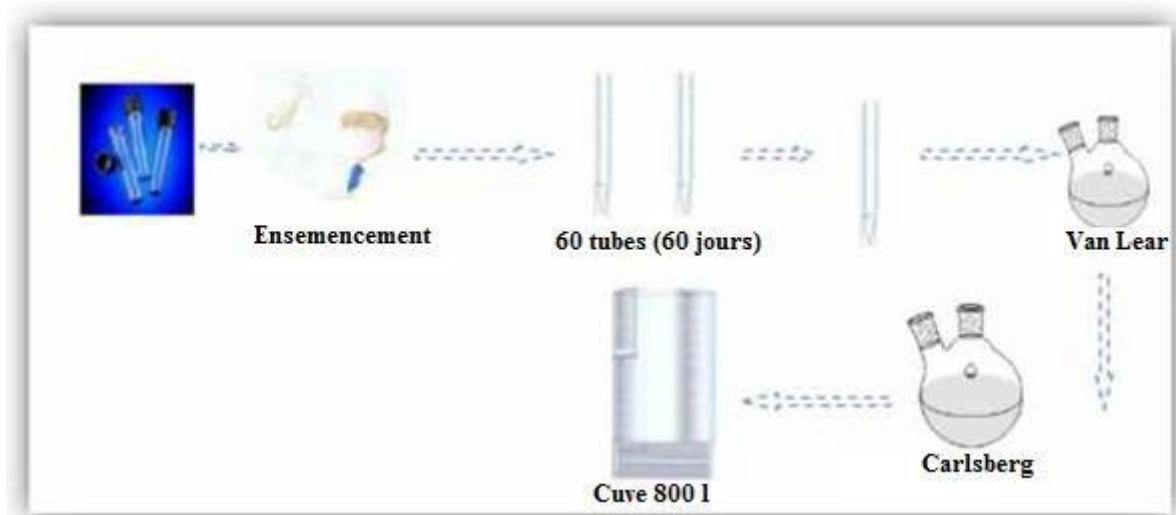


Figure 2.4 : Les étapes de cultures pures de la souche avant pré-fermentation

b. ECHELLE INDUSTRIEL :

+ Pré-fermentation :

Cette opération se poursuit dans un pré fermenteur bien nettoyé par la soude à une température de 90 °C et rincé à l'eau. Avant le refoulement du volume de 800L, le milieu doit être préparé par les éléments suivants : la cuve est remplie par le volume d'eau nécessaire, on ajoute le sulfate de magnésium, les vitamines, l'eau de javel pour la stérilisation et l'acide sulfurique pour ajuster le pH.

La mélasse, sulfate d'ammonium et le mono ammonium phosphate sont ajoutés graduellement au cours du pré fermentation selon les besoins de la levure. L'air aussi est apporté graduellement avec le temps suivant la concentration de la levure dans le milieu.

+ Fermentation de la levure mère :

Après la pré-fermentation on passe à la fermentation de la levure mère qui se fait dans des grandes cuves. Dans cette étape l'alimentation en mélasse et les autres ingrédients est continue après un temps de 17h, on aura une grande population de levure sous forme liquide qu'on appelle le moût.

On ajoute aussi une anti-mousse pour éviter les mousses qui se produisent lors de la fermentation.

Les facteurs qui influencent la levure sont la température, le pH et le taux

d'alcool. La Température est contrôlée à l'aide d'un régulateur lié à un échangeur de chaleur qui refroidit le moût pour ne tuer pas la levure.

✚ Séparation de la levure mère :

Dès que la fermentation de la levure mère touche sa fin, le moût levuré est envoyé vers un séparateur centrifuge afin de séparer la phase solide (crème) de la phase liquide (moût délevuré). La crème obtenue sera stockée dans des cuves munies d'un système de refroidissement pour assurer une température de 4 °C.

✚ Fermentation de la levure commerciale :

La crème déjà séparée constitue le pied d'ensemencement pour la fermentation commerciale.

Cette étape de fermentation se déroule dans des fermenteurs de capacité plus grande, elle permet d'obtenir le produit fini, son principe est le même que celui de la fermentation de la levure mère. Après 17 h de fermentation, le contenu est refoulé vers la station de séparation.

✚ Séparation de la levure commerciale :

Après l'obtention de la levure commerciale : le moût obtenu à la sortie des fermenteurs contient les cellules de levures et une solution liquide qui présentent les restes du milieu nutritif. Pour éliminer ces déchets et éclaircir la couleur de la pâte on utilise un séparateur qui a comme principe la centrifugation, on obtient un liquide dense (crème) et un liquide léger (le moût délevuré). La crème obtenue a une faible teneur en matières sèches (18 à 20 %) d'où la nécessité d'aspirer son eau sur filtre (30 à 33 % de matières sèches).

3. Filtration sous vide :

La filtration de la crème se fait sur tambour rotatif sous vide illustré par la figure suivante.



Figure 2.5 : Filtre à tambour rotatif sous vide

Principe de fonctionnement du filtre de séparation de la levure :

Le tambour est un cylindre horizontal (80 cm de diamètre) perforé servant de support. Il est revêtu d'une pré-couche d'amidon (toile filtrante) qui ne laisse passer que l'eau sans la suspension solide. Pendant la rotation lente du tambour (3 tr/min) les cellules sont immergées à tour de rôle dans l'auge contenant la crème et le NaCl. Sous l'action du vide, l'eau traverse la pré-couche et la levure se dépose sur celle-ci sous forme de gâteau (secteur de filtration). Un lavage est fait sur le gâteau obtenu par un liquide approprié toujours sous vide (secteur de lavage) afin d'éliminer le NaCl puis un essorage entraînant une grande partie de l'eau. Une fois devant le couteau racleur, le vide cesse, l'air comprimé est envoyé à contre-courant par la valve de distribution facilitant le décrochage du gâteau.

Après raclage, le gâteau est malaxé, boudiné et extrudé à travers des filières téflonnées de sections carrées, puis divisé en pains pour la levure fraîche ou séché sur lit fluidisé pour la levure sèche.

4. Conditionnement de la levure :

➤ **Levure fraîche :**



Figure 2.6: Aspect de la levure fraîche

Le conditionnement de la levure fraîche débute par la filtration de la crème sur des filtres rotatifs sous vide. Cette phase essentielle permet de passer d'une crème de levure à 22% de matière sèche à un gâteau de levure à 32% de matière sèche, donnant après boudinage la levure bien friable que le boulanger recherche.

Le boudin de levure pressée est découpé en pain de 500g, qu'on enveloppe individuellement dans un papier paraffiné de cellophane assurant sa bonne conservation. Après mise en carton, la levure est conservée en chambre froide afin d'être réfrigérée à cœur avant son expédition.

➤ **Levure sèche :**



Figure2.7 : Aspect de la levure sèche

La production de ce type suit les mêmes étapes que la levure fraîche sauf qu'après la filtration sous vide la pâte est mélangée avec une quantité d'émulsifiant qui sert à conserver le produit plus longtemps et donne aussi la couleur blanche caractéristique de la levure.

Le gâteau obtenu est transformé en vermicelle à l'aide d'une grille de porosité connue, ensuite elle est transférée au sécheur à lit fluidisé à l'air chaud par une conduite vibratoire afin d'éliminer le maximum d'eau restant dans la cellule sans l'endommager, tout en augmentant le taux de matière sèche jusqu'à 94% pour la SPH et 95.5% pour la SPI, La levure sèche obtenue est ensuite tamisée puis stockée dans des silos.

SPI : levure sèche instantanée sous forme de petits bâtons fissurés emballées sous vide ou gaz neutre dans des sachets de 450g ainsi que dans des cartons de 25kg destinés à l'export.

SPH : levure sèche active ou à réhydratation sous forme de granules ou de sphérules, emballées sous air dans des sachets de 50g, 100g et 500g.

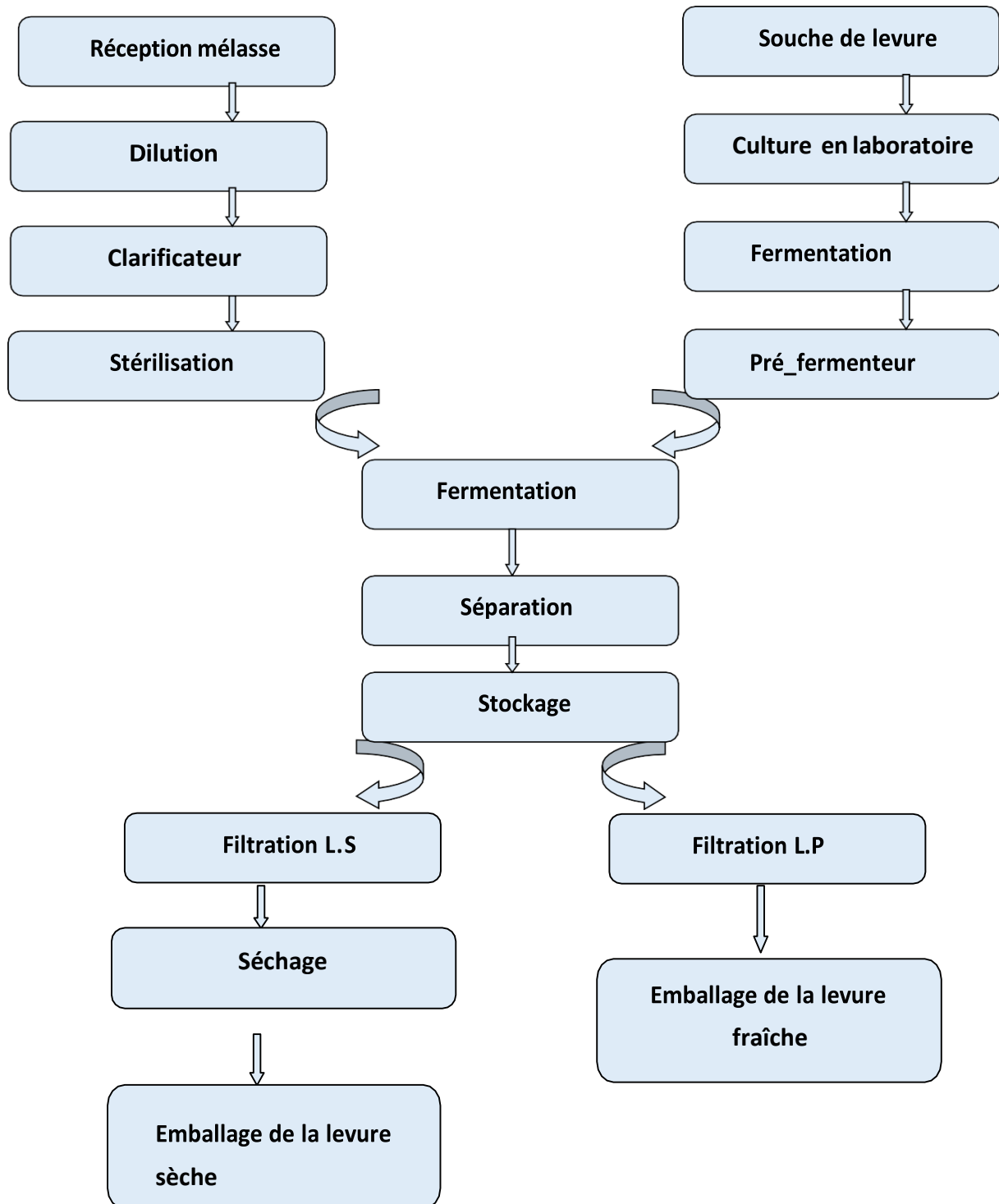


Figure 2.8 : Schéma du procédé de fabrication de la levure .

5. CONCLUSION :

Dans Cette Partie nous avons décrit la composition de la levure, et le procédé de fabrication au sein de la société LESAFFRE-Maroc, depuis la matière première passant par la fermentation jusqu'a au magasinage du produit fini.

En effet, la levure est produite à partir d'un milieu de culture bien définie dont les éléments essentiels (mélasse, soufre, urée, phosphate...dont les composantes indispensables N, P, C, S) sous des conditions physico-chimiques optimums.

Ces éléments permettent la croissance des bactéries qui constituent les éléments indispensables pour la fermentation.

La mélasse, diluée et clarifiée (MDC), est stérilisé sous un barème de stérilisation de 120°C pour détruire toute la flore microbienne y compris les spores ce qui permet d'obtenir une mélasse diluée clarifiée stérilisée (MDCS). Cette dernière est refroidie par un échangeur à plaques mélasse- eau pour baisser la température à 34-46°C, température adéquate pour la fermentation de la levure



CHAPITRE III :
PRESENTATION ET ANALYSE
FONCTIONNELLE DU
CLARIFICATEURCHPX 517

I. LA PRESENTATION DE LA MACHINE :

1. Le fonctionnement général de la machine :

Le clarificateur est une machine qui permet la clarification de la mélasse c'est-à-dire la séparation des particules solides d'un liquide grâce à la force centrifuge obtenue par une rotation rapide du bol

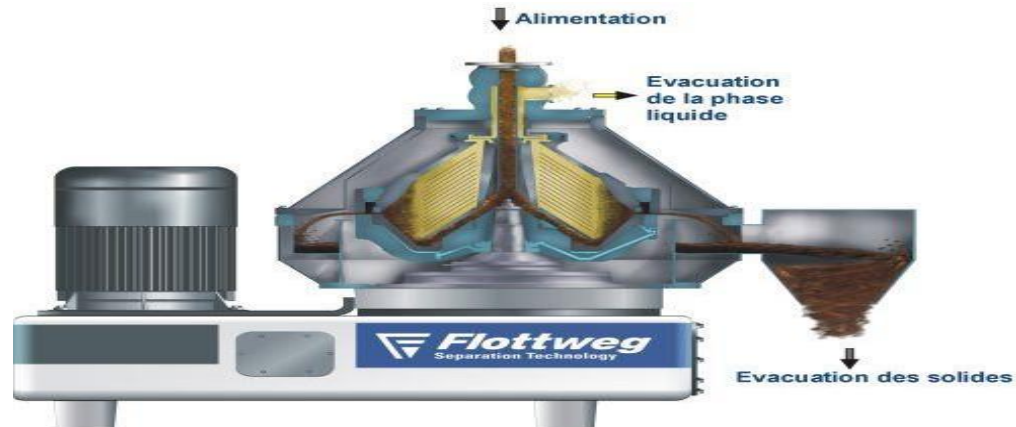


Figure 3.1 : Le clarificateur de la mélasse

2. Principe de fonctionnement :

Les trois étapes principales du fonctionnement de la machine sont : **Clarification**, **déplacement** et **débouillage**.

❖ **La clarification :** cette phase s'effectue à l'intérieur d'un bol en rotation. Le produit est introduit dans le bol en rotation de la centrifugeuse par le haut via un tube fixe (1) et il subit une accélération dans le distributeur (2) allant jusqu'à la vitesse de rotation du bol avant d'entrer dans la pile d'assiettes (3). Le distributeur est spécialement conçu pour assurer une accélération en douceur de la partie liquide du produit. La séparation liquide-solides s'effectue entre les disques. La phase liquide se déplace vers le centre du bol puis elle est pompée hors du bol par une turbine centrifète (4).

❖ **Le déplacement :** une fois l'alimentation de la mélasse coupée l'écoulement de l'eau de manœuvre dans le bol commence pour faire dégager le reste du liquide clarifié.

❖ **Le débouillage :** une fois le déplacement terminé, l'évacuation des solides (débouillage) commence, ces solides (les boues) sont collectés à la périphérie du bol rotatif. Ils sont chassés par un système hydraulique et sont évacués aux intervalles prédéfinis, ce système hydraulique force le fond mobile du bol (5) à descendre, ouvrant ainsi à la périphérie du bol (6) les sorties pour les solides.

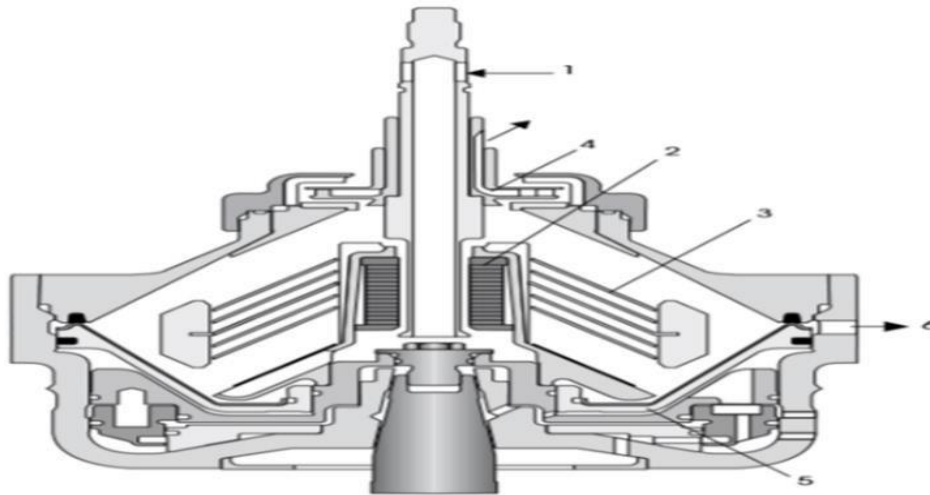


Figure 3.2 : le bol du clarificateur

3. Le nettoyage du bol :

Le nettoyage du bol se fait par la circulation de plusieurs types de liquides de rinçage et de nettoyage dans la machine suivant un programme fixe.

➤ [Les étapes du nettoyage :](#)

Le nettoyage avec l'eau	
Rinçage préliminaire	180 secondes
Vidange	0 secondes

Nettoyage avec la soude	
Nettoyage soude	1800 secondes
Récupération soude	80 secondes
Rinçage après nettoyage soude	180 secondes
Vidange	0 secondes

Nettoyage avec l'acide	
Nettoyage acide	1200 secondes
Récupération acide	80 secondes
Rinçage après nettoyage acide	180 secondes
Vidange	0 secondes

Tableau 3.1 : Les étapes de nettoyage du bol

➤ [Résultats des essais :](#)

Lors des différents modes de fonctionnement de la machine, des mesures de ont été effectuées et consignées dans les tableaux ci-dessous :

Au cours de la clarification					
Vitesse de rotation (tr/min)	La vibration (mm/s)	La pression de l'eau de manœuvre(Kpa)	La pression du liquide (Kpa)	L'ampérage (A)	Le temps de clarification
3913 – 3918 tr/min	0.9 – 1.1 mm/s	310 – 555 Kpa	277 – 375 Kpa	29 – 38 A	10 min

Tableau 3.2 : Mesures effectuées au cours de la clarification

Au cours du débouage					
Vitesse de rotation (tr/min)	La vibration (mm/s)	La pression de l'eau de manœuvre(Kpa)	La pression du liquide (Kpa)	L'ampérage (A)	Le temps de débouage
3918 – 3921 tr/min	Augmente jusqu'à 1.4 mm/s	320 – 570 Kpa	Diminue jusqu'à atteindre la valeur 0 Kpa	Augmente jusqu'à 92 A	1 min 32 s

Tableau 3.3 : Mesures effectuées au cours du débouage

Au cours du nettoyage					
Vitesse de rotation (tr/min)	La vibration (mm/s)	La pression de l'eau de manœuvre(Kpa)	La pression du liquide (Kpa)	L'ampérage (A)	Le temps de débouage
3918 – 3921 tr/min	1.0 - 1.2 mm/s	310 - 560 Kpa	337 – 349 Kpa	34 – 35 A	46 s

Tableau 3.4 : Mesures effectuées au cours du nettoyage

➤ [Analyse des résultats :](#)

D'après les résultats obtenus, la vibration et l'ampérage subissent une augmentation au cours du débouage, cette augmentation est liée au débit de la mélasse.

Lorsqu'une décharge des solides va commencer (débouage), l'électrovanne se ferme tout en empêchant le passage de la mélasse, ce qui explique la diminution de la pression du liquide.

Au cours du nettoyage, le clarificateur fait un seul débouage, et il fait deux débouages au cours de la clarification, ce qui explique la différence du temps du débouage entre la clarification et le nettoyage.

Le choix du temps de la clarification est en fonction de la qualité de la mélasse.

4. Le fonctionnement mécanique de la machine :

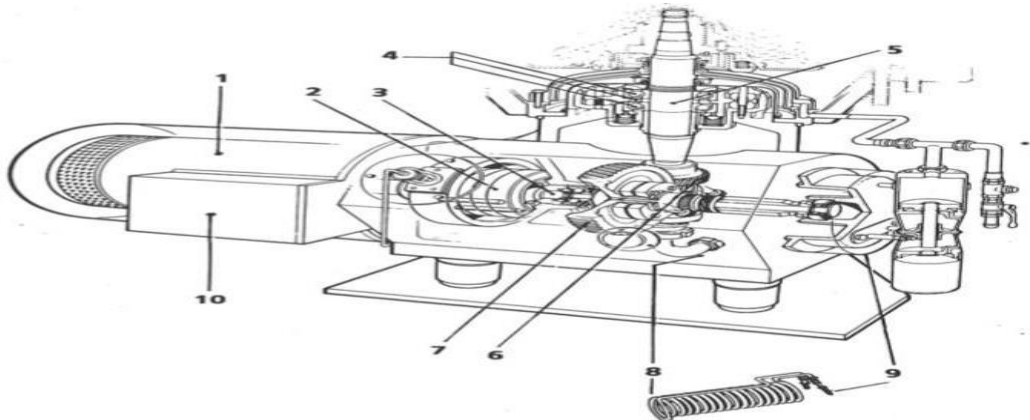


Figure 3. 3 : les éléments de la machine

Le moteur (1) fait tourner le bol via le couplage (2) et l'engrenage à vis sans fin (6.7). L'engrenage à vis sans fin sert à adapter la vitesse de rotation du bol au régime du moteur le nombre de tours du bol est un tant soit peu supérieur à celui du moteur.

5. Caractéristiques de la machine :

➤ Caractéristiques techniques :

Le débit de la mélasse	15 (.max)
Vitesse du bol	3955 tr/min (.max)
Pression de sortie	0.5 - 1 bar
Puissance du moteur	45 KW
Volume de la chambre à boues	25.7 l
Temps de démarrage	9 - 10 min
Temps d'arrêt	25 - 28 min
Volume de décharge de solides	petite décharge 15 - 17 l Grande décharge 30 - 35 l
Fréquence	50 ou 60 Hz

Tableau 3.5 : Caractéristiques techniques de la machine

➤ Consommation d'énergie :

Puissance électrique (séparateur)	23 KW à 10 (approx.) 27 KW à 30 (approx.)
Eau de manœuvre pour la décharge des solides	petite décharge 1 - 2 l Grande décharge 1.5 - 3 l

Tableau 3.6: Consommation d'énergie de la machine

➤ Matériaux :

Le matériau utilisé est l'acier inoxydable de haute qualité pour toutes les parties en contact avec le produit traité pour une raison essentielle : l'acier au carbone se corrode. Cette corrosion peut entraîner une contamination du produit, le déséquilibre du bol, un coût d'entretien élevé et des temps d'arrêt machine prolongés.

a. Dispositif d'écoulement :

Les lignes d'entrée et de sortie peuvent être complétées de vannes et d'instrumentation nécessaires pour la régulation et le contrôle de séparation, comme des électrovannes, vannes de régulation, clapet anti-retour, manomètres, débitmètre, etc.

II. ANALYSE FONCTIONNELLE :

L'analyse fonctionnelle d'un système est l'étude qui a pour but de mettre en évidence l'ensemble des fonctions et critères d'appréciation permettant au système de répondre à un besoin, on parle d'analyse fonctionnelle externe ou interne.

1. Analyse fonctionnelle externe :

Analyse fonctionnelle qui considère le système comme une boîte noire. Cela signifie que l'on regarde le système de l'extérieur, sans regarder ce qu'il y a dedans.

Parmi les outils destinés à nous aider à réaliser cette analyse fonctionnelle externe : le diagramme de bête à corne et le diagramme de pieuvre.

a. Le diagramme de bête à corne

La bête à cornes nous permettra de déterminer les exigences fondamentales qui justifient la conception du clarificateur CHPX 517, et cela à l'aide des trois questions fondamentales :

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

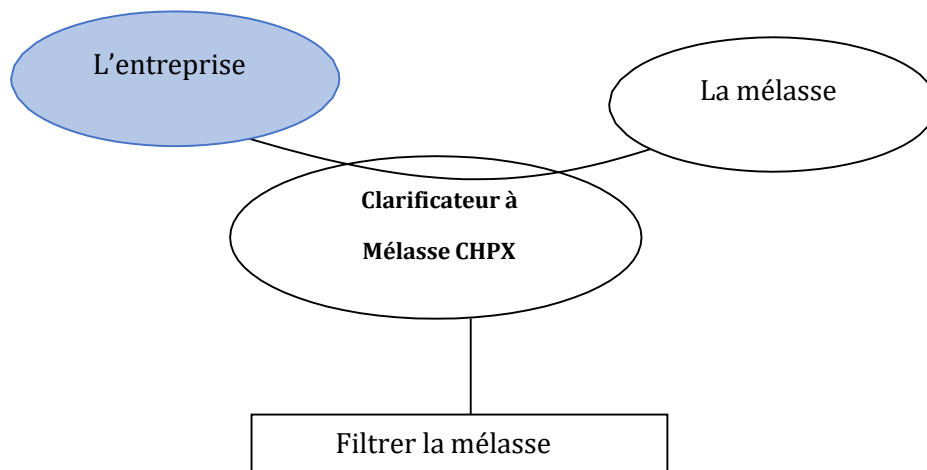
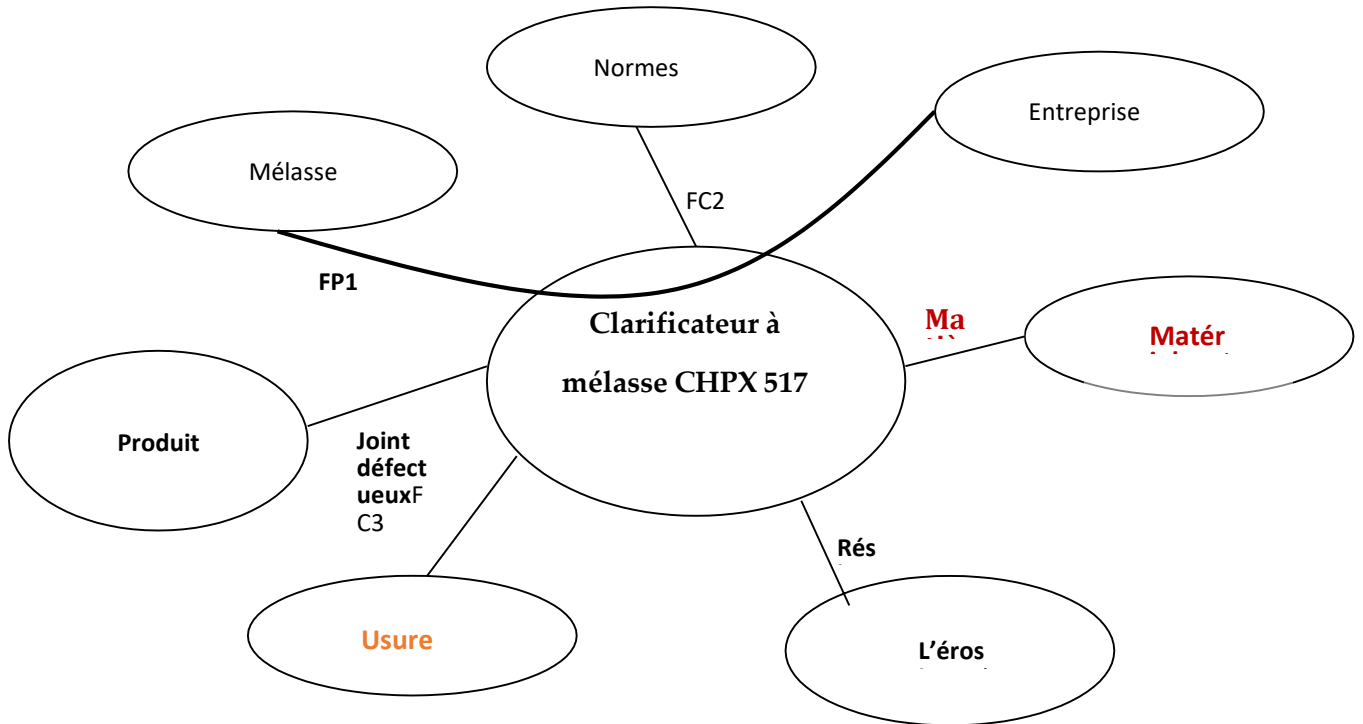


Figure 3.4: diagramme de bête à corne du clarificateur CHPX 517

b. Diagramme de pieuvre

Ce diagramme (fig.) sert à exprimer les fonctions, il est constitué du système et des éléments de son milieu environnant, et il fait apparaître les fonctions entre les éléments du milieu environnant et le système.



Fonctions	Explication
FP1	permet la clarification de la mélasse
FC1	assurer la qualité de la mélasse
FC2	respecter les normes notamment de sécurité
FC3	alimenter la machine
FC4	assurer la maintenabilité de la machine
FC5	résistance au milieu ambiant (corrosion)

Figure 3.5: le diagramme pieuvre du clarificateur CHPX 517

2. Analyse fonctionnelle interne :

Analyse du point de concepteur en charge de réaliser le produit. Cette analyse consiste à passer des fonctions de services aux fonctions techniques permettant de les concrétiser. Pour cela on va utiliser La méthode SADT et FAST pour réaliser cette analyse fonctionnelle interne.

c. La méthode SADT

La méthode SADT est une méthode graphique qui permet de mettre en évidence toutes les informations relatives à ce système.

On représente un système par une « boîte » à l'intérieur de laquelle on inscrit la « fonction globale du clarificateur CHPX 517 ».

Les entrées sont de deux types :

- ✓ Le flux matière d'œuvre qui est modifié par la fonction.
- ✓ Les données de contrôle qui déclenchent, régulent ou contraignent le déroulement de la fonction.

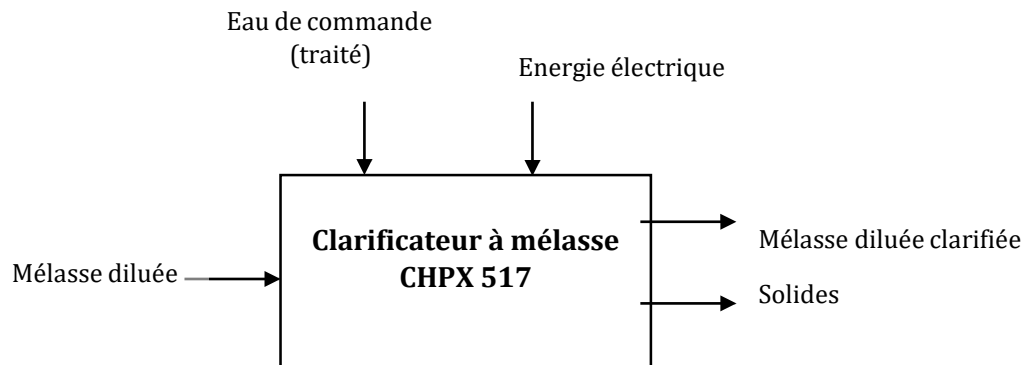


Figure 3.6 : Graphe SADT du clarificateur CHPX 517

d. Méthode de FAST

La méthode FAST permet de relier et d'ordonner toutes les fonctions techniques assurées par les éléments du système. Pour chaque fonction technique, le diagramme FAST répond aux questions (pourquoi, comment).

Nous dressons ci-dessous le diagramme FAST relatif au « clarificateur » :

Chapitre IV :

APPLICATION D'AMDEC

SUR LE CLARIFICATEUR CPHX 510

I. METHODOLOGIE AMDEC :

1. Définition de l'AMDEC

L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) est une méthode d'analyse prévisionnelle de la fiabilité qui permet de recenser les modes de défaillances potentielles dont les conséquences affectent le bon fonctionnement du moyen de production, de l'équipement ou du processus étudié, puis d'estimer les risques liés à l'apparition de ces défaillances, afin d'engager les actions correctives ou préventives .

Cette méthodologie n'est réellement efficace qu'avec l'expérience, il faut donc se renseigner en profondeur auprès des personnes compétentes.

2. Type d'AMDEC

Globalement il existe trois types d'AMDEC :

AMDEC procédé : on identifie les défaillances du procédé de fabrication dont les effets agissent directement sur la qualité du produit fabriqué (les pannes ne sont pas prises en compte).

AMDEC machine (ou moyen) : on identifie les défaillances du moyen de production dont les effets agissent directement sur la productivité de l'entreprise. Il s'agit donc de l'analyse des pannes et de l'optimisation de la maintenance ;

AMDEC Produit : elle est utilisée pour évaluer les défauts potentiels d'un nouveau produit et leurs causes.

3. But de l'AMDEC :

4. Evaluation :

L'évaluation se fait selon 3 critères principaux :

- **La gravité**
- **La fréquence**
- **La non-détection**

Ces critères ne sont pas limitatifs, le groupe de travail peut en définir d'autres plus judicieux par rapport au problème traité. Chaque critère est évalué dans

une plage de notes. Cette plage est déterminée par le groupe de travail.

La gravité :

Elle exprime l'importance de l'effet sur la qualité du produit (AMDEC procédé) ou sur la productivité (AMDEC machine) ou sur la sécurité (AMDEC sécurité). Le groupe doit décider de la manière de mesurer l'effet.

Gravite	Détail	Note
Mineure	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sécurité : Aucune incidence mesurable ✓ Production : arrêt de production < 2min ✓ Aucune dégradation notable. 	1
Moyenne	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sécurité : Risque faible pour les machines seulement ✓ Production : arrêt de production de 2min à 20min. ✓ Perte de produit moyenne. ✓ Remis en état de courte durée ou petite réparation. 	2
Importante	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sécurité : Risque faible pour le personnel. ✓ Production : arrêt de production de 20min à 60min. ✓ Perte de produit élevée. ✓ changement matériel défectueux nécessaire. 	3
Catastrophique	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sécurité : Risque grave pour le personnel et les machines. ✓ Production : arrêt de production de 1h à 2h. ✓ Perte de produit trop élevé. ✓ Vibrations fortes. 	4

Tableau 4.1 : Gravité

La fréquence :

On estime la période à laquelle la défaillance est susceptible de se reproduire.

Fréquenc	Détail	Note
Très Faible	Défaillance rare : moins d'une défaillance par an.	1
Faible	Défaillance possible : moins d'une défaillance par trimestre.	2
Moyenne	Défaillance fréquente : moins d'une défaillance par mois.	3
Forte	Défaillance très fréquente : moins d'une défaillance par semaine.	4

Tableau 4.2: Fréquence

La non-détection :

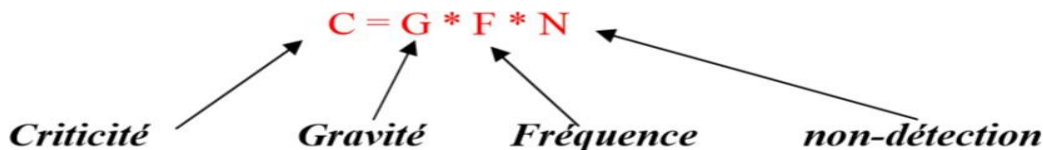
Elle exprime l'efficacité du système permettant de détecter le problème.

Niveau de non détection	Détail	Note
Détection évidente	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Défaillance détectable à 100%. ✓ Signe évident d'une dégradation. ✓ Dispositif de détection automatique (alarme). 	1
Détection possible	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Défaillance détectable. ✓ Signe de la défaillance facilement détectable mais nécessite une action particulière (visite...). 	2
Détection improbable	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Difficilement détectable peu exploitable ou nécessitant ✓ Une action ou des moyens complexes (démontage...) 	3
Détection impossible	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Défaillance indétectable. ✓ Aucun signe de la défaillance. 	4

Tableau 4.3: Non détection

 [La criticité :](#)

Lorsque les 3 critères ont été évalués dans une ligne de la synthèse AMDEC, on fait le produit des 3 notes obtenues pour calculer la criticité.



Le groupe de travail doit alors décider d'un seuil de criticité. Au-delà de ce seuil, l'effet de la défaillance n'est pas supportable. Une action est nécessaire.

1. Démarche pratique de l'AMDEC :

L'emploi des AMDEC crée une ossature qu'il convient de compléter et d'outillée. Pour cela une analyse plus fine de la pertinence des informations est nécessaire. Le groupe AMDEC est tenu de maîtriser la machine et de mettre à jour et s'assurer de la validité de toutes les informations utiles à l'étude. Il appartient à ce groupe de s'appuyer sur le retour d'expérience de tous les opérateurs de tous les services de cycle de fabrication de produit, qui peuvent apporter une valeur ajoutée à l'analyse.

La démarche pratique de l'AMDEC se décompose en 4 étapes suivantes:

- **Etape 1 :**
 - Initialisation de l'étude qui consiste :
 - Définition de la machine à analyser.

- La définition de la phase de fonctionnement.
- La définition des objectifs à atteindre.
- Constitution de groupe de travail.
- La définition de planning des réunions.
- La mise au point des supports de travail.
- **Etape 2 :**
Description fonctionnelle de la machine qui consiste :
 - Découpage de la machine.
 - Inventaire des fonctions de service.
 - Inventaire des fonctions techniques.
- **Etape 3 :**
Analyse AMDEC qui consiste :
 - Analyse des mécanismes de défaillances.
 - Evaluation de la criticité à travers :
 - Probabilité d'occurrence F.
 - Gravité des conséquences G.
 - Probabilité de non détection D.
 - Criticité est définie par le produit: $C=F.G.D$
 - Propositions d'actions correctives.
- **Etape 4 :**
Synthèse de l'étude/décisions qui consiste :
 - Bilan des travaux.
 - Décision des actions à engager.

2. Principe du diagramme de Pareto :

Le diagramme de Pareto est un graphique représentant l'importance de différentes causes sur un phénomène. Ce diagramme permet de mettre en évidence les causes les plus importantes sur le nombre total d'effet et ainsi de prendre des mesures ciblées pour améliorer une situation.

Etapas d'élaboration du diagramme de Pareto:

Ce diagramme se représente sous la forme d'une série de colonnes triées par ordre décroissant. Elles sont généralement accompagnées d'une courbe des valeurs cumulées de toutes les colonnes.

Ce diagramme est construit en plusieurs étapes :

- Etablir la liste des données.
- Quantifier chacune de ces données.
- Effectuer la somme des valeurs obtenues.
- Calculer les pourcentages par valeurs décroissantes.
- Représenter graphiquement ces pourcentages par un histogramme.
- Représenter l'historgramme des valeurs cumulées.

II. DECOUPAGE DE LA MACHINE

La machine se compose de huit éléments :

- Un bol.
- Un moteur électrique.
- Dispositif d'entraînement vertical.
- Dispositif d'entraînement horizontal.
- Un système de commande d'eau de manœuvre.
- Une garniture mécanique.
- Un serpentin de refroidissement.
- Les pattes de la machine.

1. Décomposition du bol :

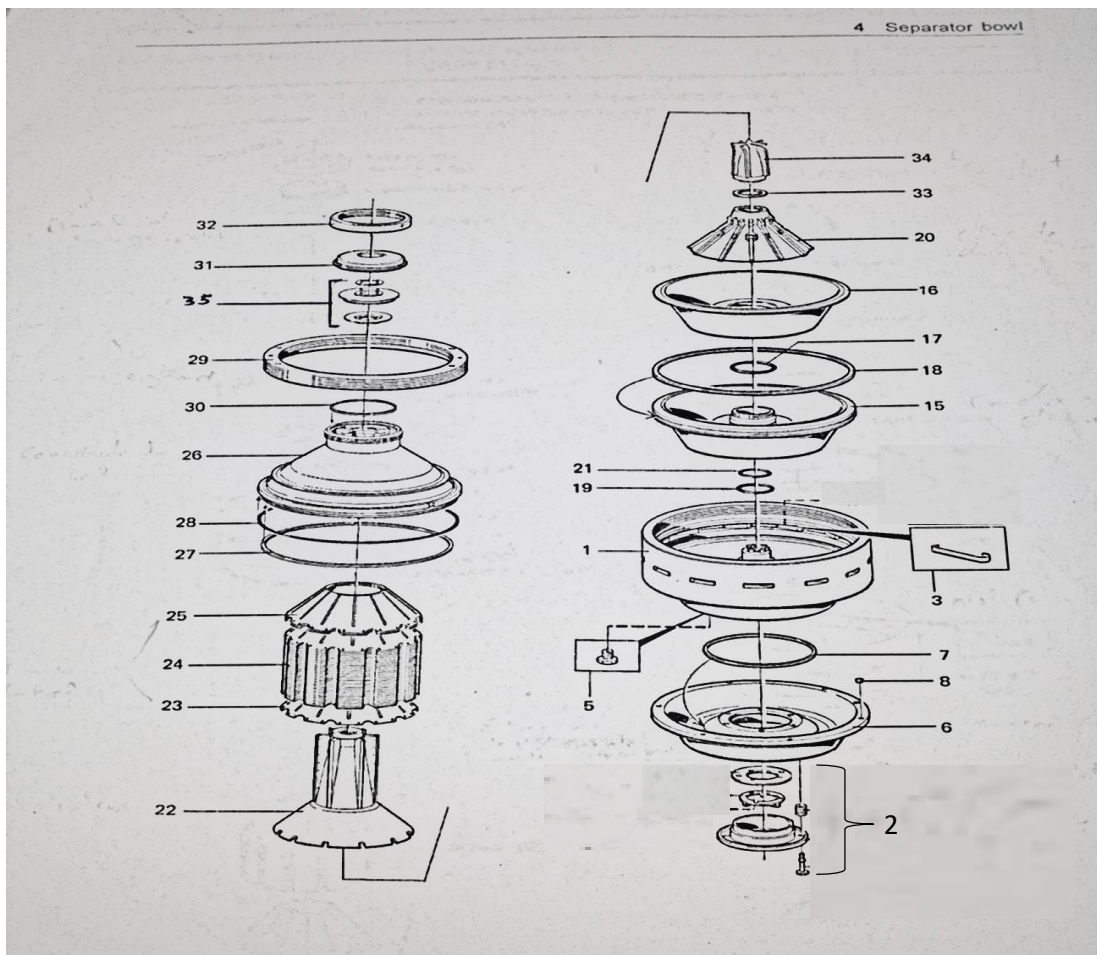


Figure 5.1: vue éclatée des éléments du bol

1	Fond de bol	
26	Le chapeau de bol	
7	Joints d'étanchéité	
17		
18		
19		
21		
27		
28		
30		
3		Tôle de protection
23		Disque inférieur
24	Pile de disques	
25	Disque supérieur	
22	Le distributeur	
34	Ecrou coiffant	
29	Grand anneau de serrage	
35	Turbine centripète	
20	Cône de distribution	
32	Petit anneau de serrage	
31	Chambre d'évacuation	
15	Fond mobile du bol	
6	Anneau coulissant de manœuvre	
8	Clapet de décharge	
5	Embouchure de vidange	
2	Vanne annulaire	

Tableau 5.1 : Nomenclature des éléments du bol

2. Décomposition du moteur :

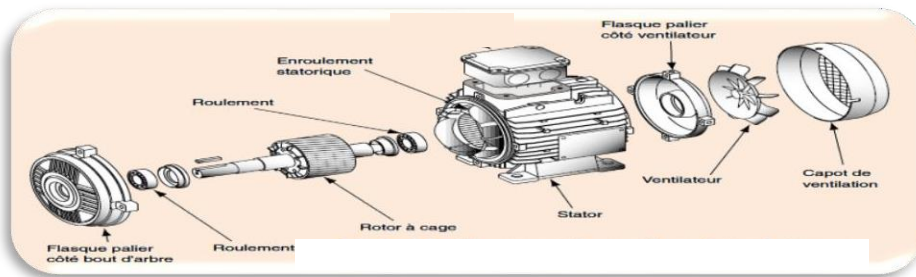


Figure 5.2: vue éclatée du moteur

3. Dispositif d'entraînement vertical :

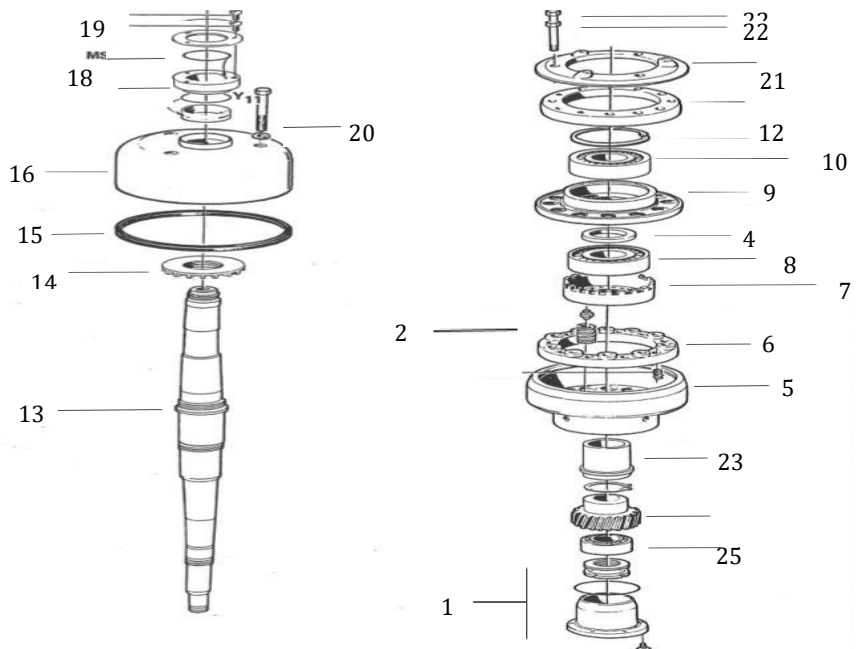


Figure 5.3 : vue éclatée du mécanisme d'entraînement vertical

1	Boîte de roulement
2	Ressort
3	Roulement à bille
4	Bague de retenue
5	Support de coussinet
6	Tampon en caoutchouc inférieur
7	Boîte de roulement
8	Roulement à billes inférieur
9	Couvercle
10	Roulement à billes supérieur
11	Cerclips
12	Tampon en caoutchouc supérieur
13	Arbre du dispositif vertical
14	Défecteur
15	Joint

16	Couvercle du bâti
17	Bague protectrice
18	Joint thorique
19	Vis
20	Vis
21	Couvercle du coussinet supérieur
22	Vis
23	Manchon
24	Cerclips
25	La vis sans fin

Tableau 5.2 : Nomenclature des éléments du mécanisme d'entraînement vertical.

4. Dispositif d'entraînement horizontal :

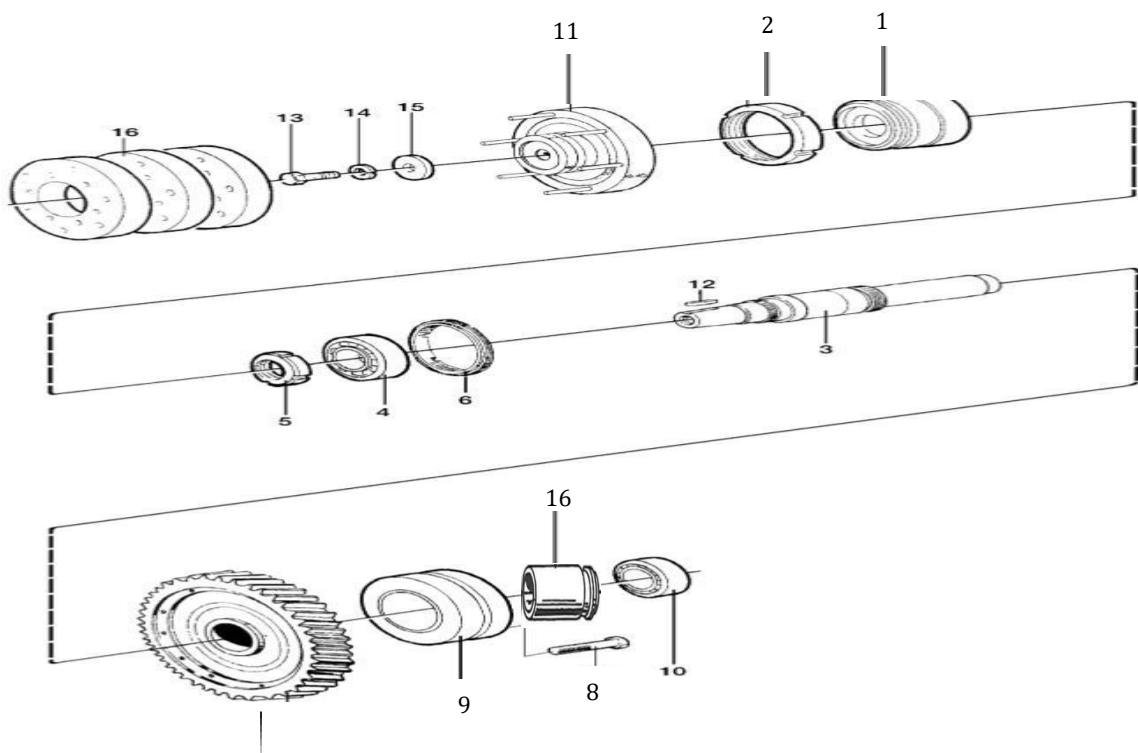


Figure 5.4 : vue éclatée du mécanisme d'entraînement horizontal

1	Logement du roulement
2	Ecrou à encoche
3	Arbre
4	Roulement à billes
5	Ecrou à encoche
6	Entretoise
7	Roue hélicoïdale
8	Vis 6 pans creux
9	Anneaux de fixations
10	Roulement à billes
11	Plateau d'accouplement
12	Clavette
13	Vis
14	Rondelle élastique

15	Rondelle
16	Manchon

Tableau 5.3: Nomenclature des éléments du mécanisme d'entraînement horizontal

5. Le système d'eau de commande :

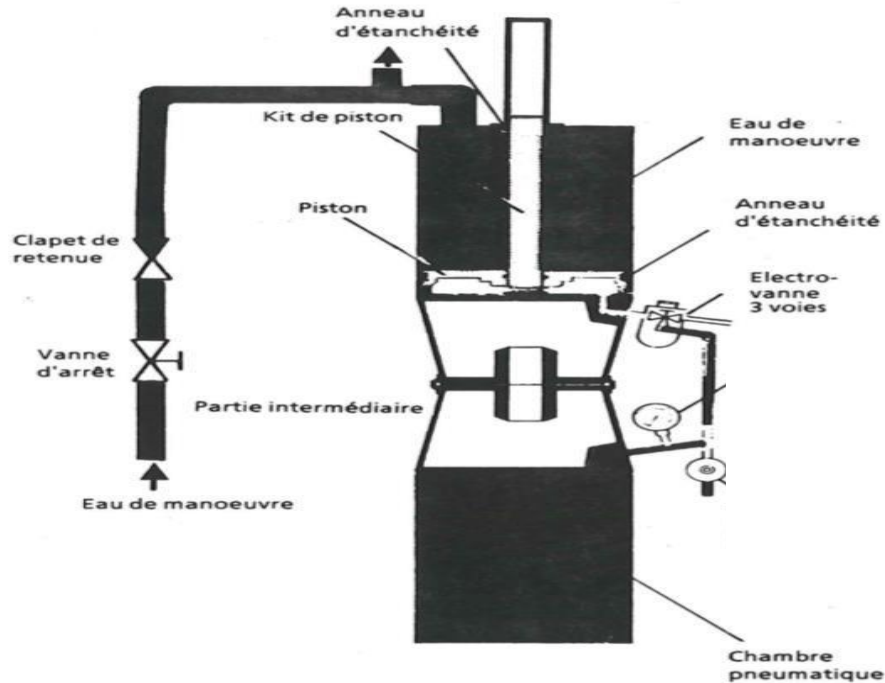


Figure 5.5 : commande d'eau de manoeuvre

6. La garniture mécanique :

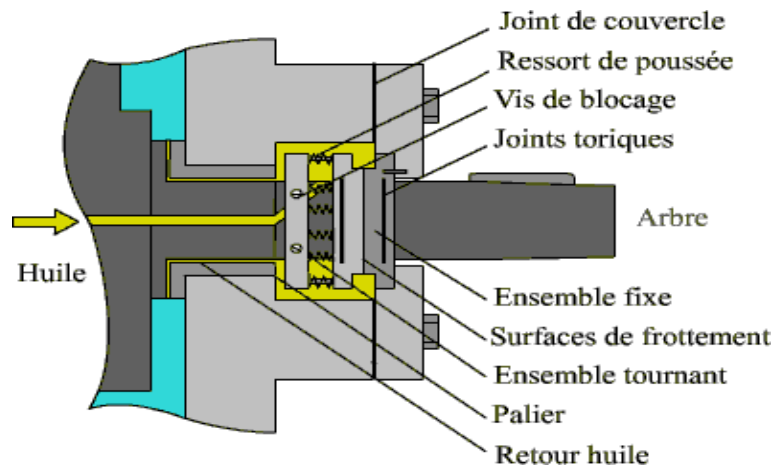


Figure 5.6 : garniture mécanique

7. Les pattes du clarificateur :

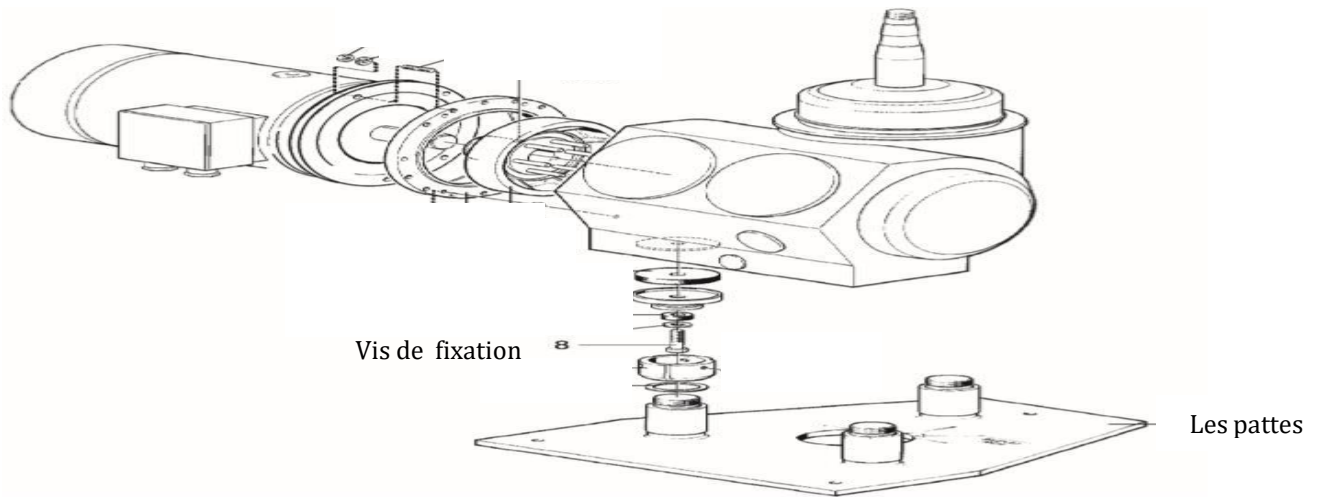


Figure 5.7 : les pattes de la machine

8. Le serpentin de refroidissement :

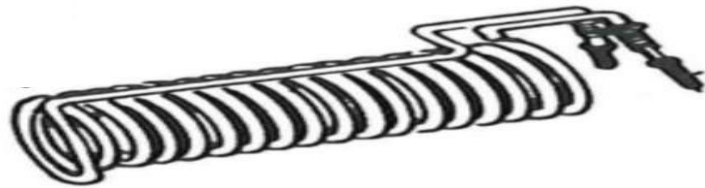


Figure 5.8 : serpentin de refroidissement

III. ANALYSE AMDEC DU CLARIFICATEUR CHPX 517 :

1. Analyse AMDEC du clarificateur CHPX 517 :

En se basant sur l'historique des pannes, on est parvenu à élaborer les tableaux AMDEC du clarificateur CHPX 517.

Les grilles de la méthode AMDEC sont remplies et la criticité est calculée dans les grilles (Voir ANNEXE 1).

2. Le seuil de criticité :

Après avoir évalué la criticité et à l'aide du groupe AMDEC on peut définir un

seuil de criticité convenable, pour notre cas c'est «12» ;

Cependant les éléments critiques sont :

Eléments	criticité
chapeau de bol	27
fond mobile du bol	19,5
Piston	18
tige du piston	18
garniture mécanique	18
paliers du mécanisme horizontal	18
paliers du mécanisme vertical	18
les tampons	18
fond de bol	14
vanne annulaire	12
anneau de serrage	12

Tableau 5.4 : Classement des éléments selon la criticité

3. Diagramme de Pareto :

Aperçu sur la méthode "ABC":

Il est le résultat des recherches de l'économiste italien Vilfredo Fréderico Damaso surnommé par ses étudiants : "Marquis de Pareto". Il observa au début du XXème siècle, que 20% des voies ferrées occupent 80% du trafic (d'où le nom de la loi 80-20 ou 20-80), donc nécessité de s'intéresser qu'aux voies qui sont les plus rentables pour l'entreprise. Le diagramme de Pareto est un graphique à colonnes qui présente les informations par ordre décroissant et fait ainsi ressortir le ou les éléments les plus importants qui expliquent un phénomène ou une situation.

Eléments	Criticité	Criticité%	Criticité cumulé	Numéro d'élément	Cumulé%
Chapeau de bol	27	14,03%	27	1	14,03%
Fond mobile du bol	19,5	10,13%	46,5	2	24,16%
Piston	18	9,35%	64,5	3	33,51%
Tige du piston	18	9,35%	82,5	4	42,86%
Garniture mécanique	18	9,35%	100,5	5	52,21%
Paliers du mécanisme horizontal	18	9,35%	118,5	6	61,56%

Paliers du mécanisme vertical	18	9,35%	136,5	7	70,91%
Les tampons	18	9,35%	154,5	8	80,26%
Fond de bol	14	7,27%	168,5	9	87,53%
Vanne annulaire	12	6,23%	180,5	10	93,77%
Anneau de serrage	12	6,23%	192,5	11	100,00%
Total	192,5				

Tableau5.5 : Tableau de Pareto

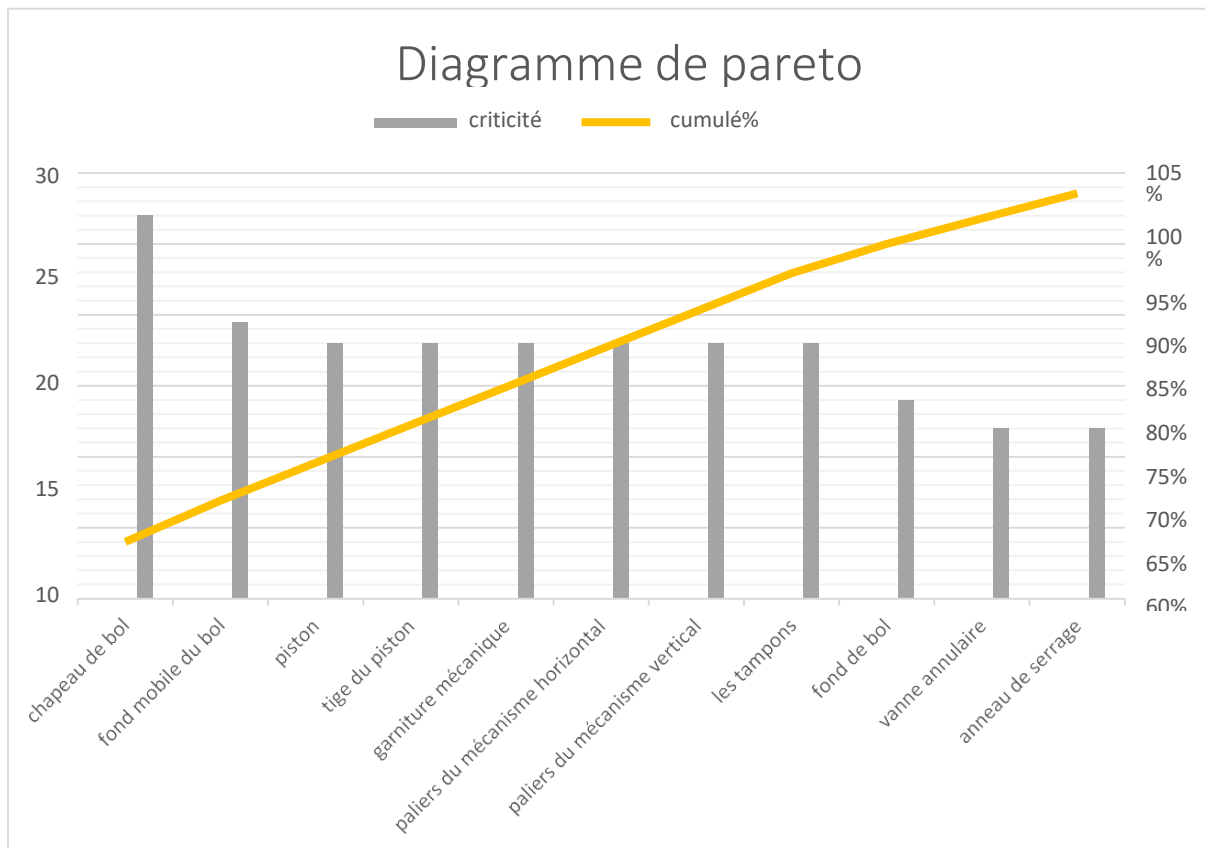


Figure 5.9: Analyse PARETO du clarificateur

+ [Interprétation de la courbe :](#)

La courbe PARETO est composée de trois zones :

Zone A : contient les 8 premiers éléments qui représentent presque 73% du total des éléments et totalisent 80% des effets donc c'est sur ces éléments qu'il faut concentrer les actions de maintenance afin de réduire la criticité.

Zone B : contient les éléments 8 et 9 qui représentent 18 % du totale des éléments

mais ils totalisent presque 14% des effets.

Zone C : contient le dernier élément qui représente 9 % du total des éléments mais il totalise presque 6% des effets.

Conclusion

D'après l'étude AMDEC et le diagramme de Pareto, on a pu déduire les éléments les plus critiques du clarificateur.

4. Diagramme d'Ishikawa :

Pour identifier les causes possibles de la défaillance des éléments critiques, on va opter pour le diagramme d'Ishikawa.

Présentation de l'outil utilisé : Diagramme d'Ishikawa

Le diagramme d'Ishikawa est un outil qui permet d'identifier les causes possibles d'un effet constaté et donc de déterminer les moyens pour y remédier.

Cet outil se présente sous la forme d'arêtes de poisson classant les catégories de causes inventoriées selon la loi des 5M (Matière, Main d'œuvre, Matériel, Méthode, Milieu).

Les catégories de causes commencent toutes par la lettre M :

Matériel: machines, outils, équipements...

Main d'œuvre: directe, indirecte, motivation, formation, absentéisme, expérience, problème de compétence...

Milieu: environnement physique, lumière, bruit, poussière, aménagement, température...

Méthode: instructions, manuels, procédures, modes opératoires utilisés...

Matières: c'est tout ce qui est consommable (les matières premières, les fluides, les énergies).

Diagrammes d'Ishikawa des éléments critiques :

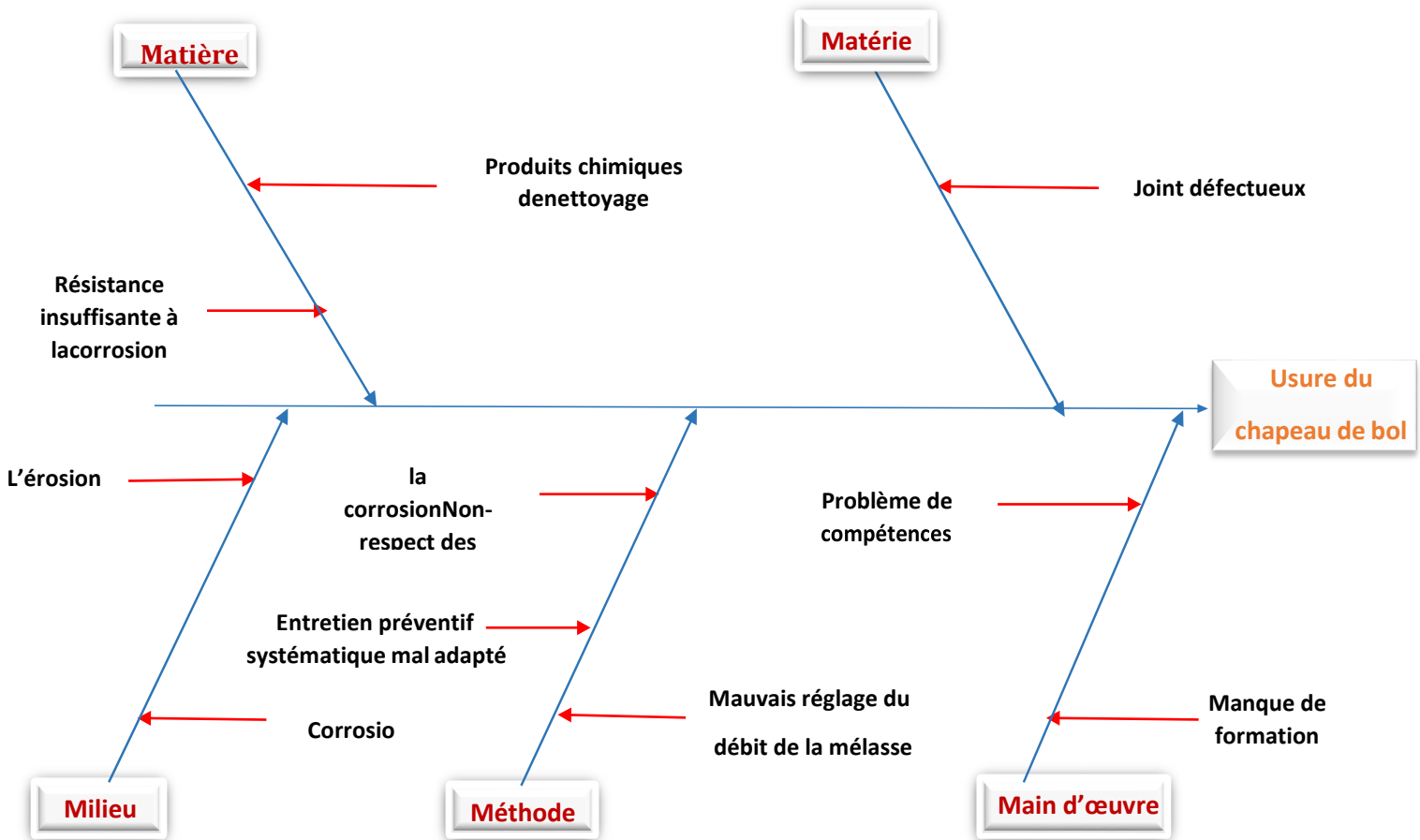


Figure 5.10 : Diagramme d'Ishikawa du chapeau de bol

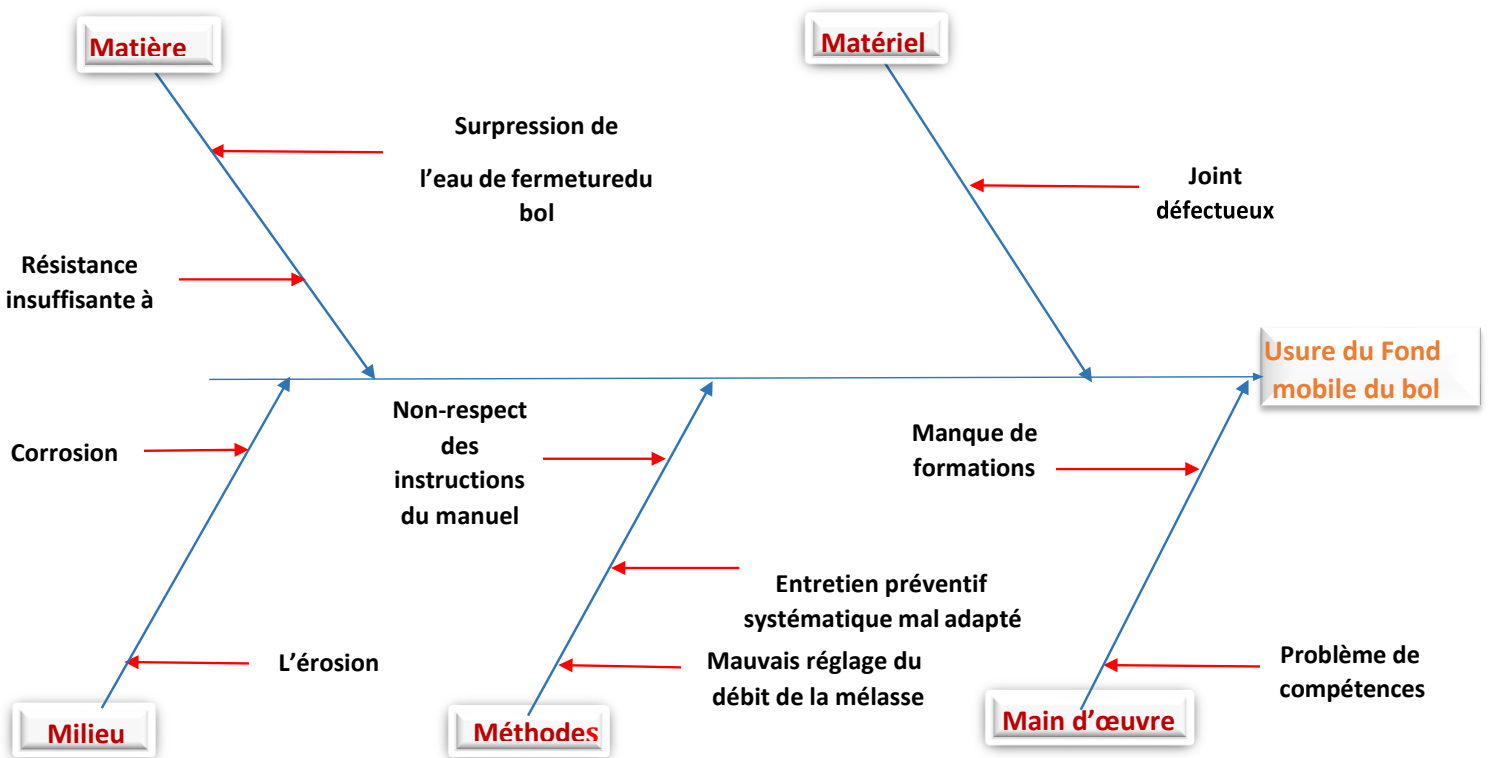


Figure 5.11 : Diagramme d'Ishikawa du fond mobile du bol

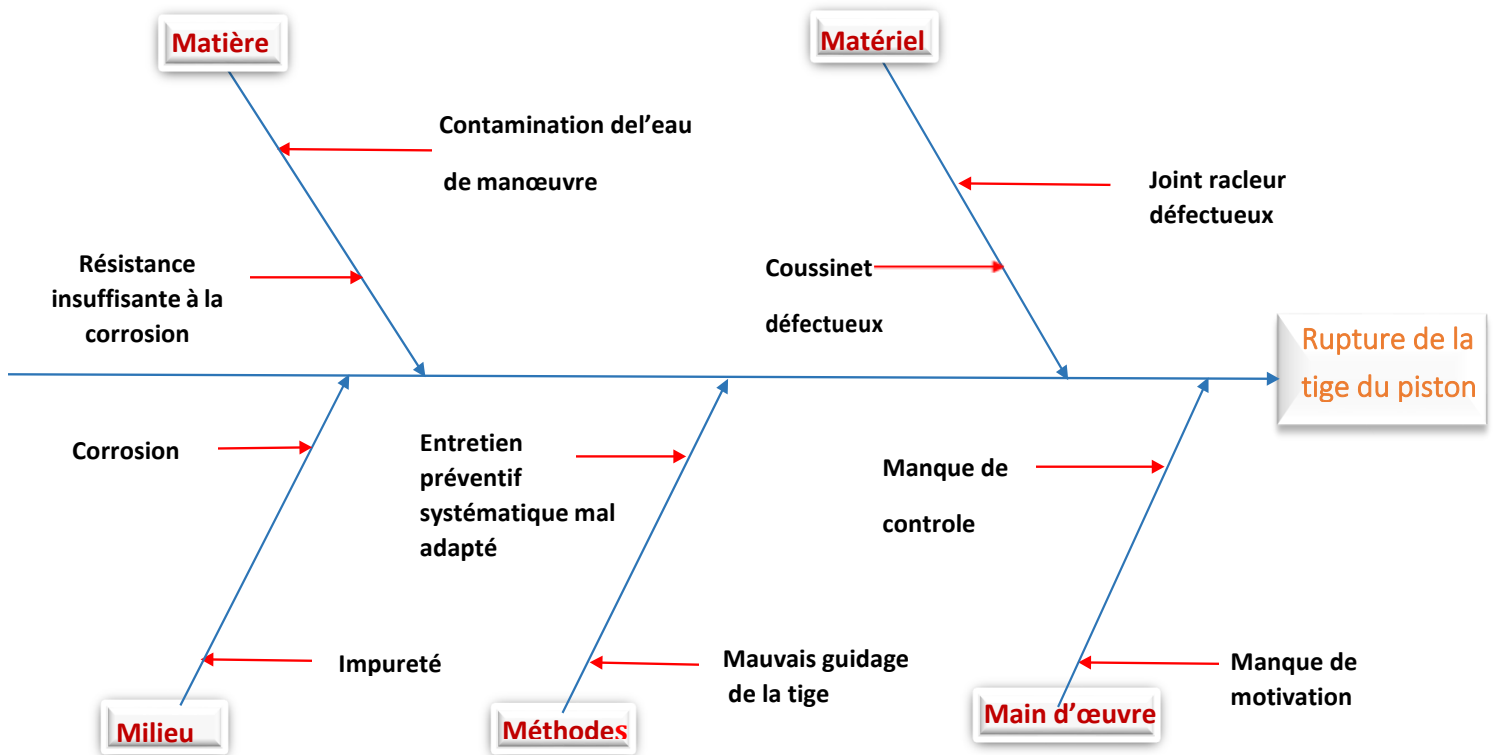


Figure 5.11 : Diagramme d'Ishikawa de la tige du piston

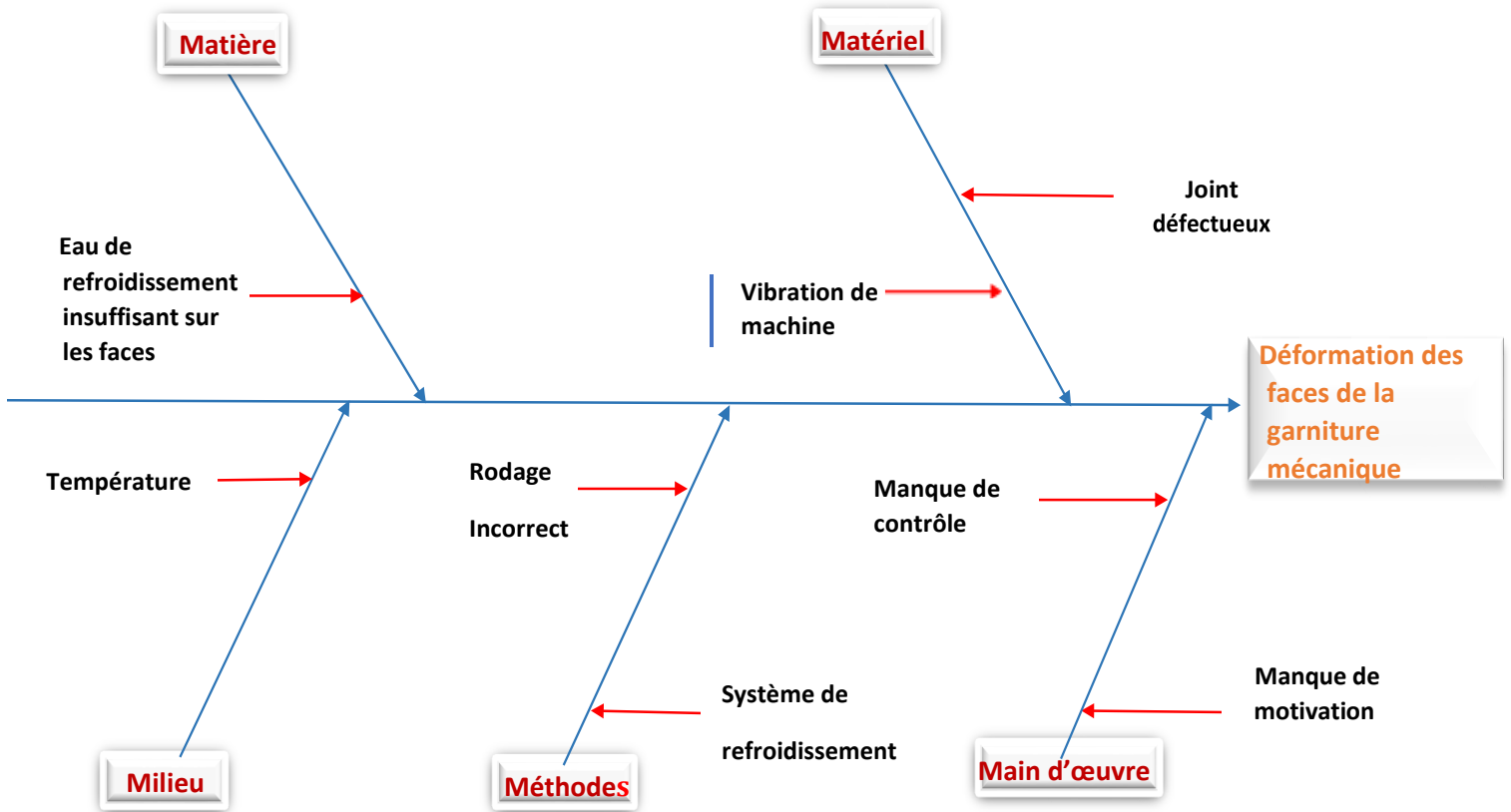


Figure 5.11 : Diagramme d'Ishikawa de la garniture mécanique

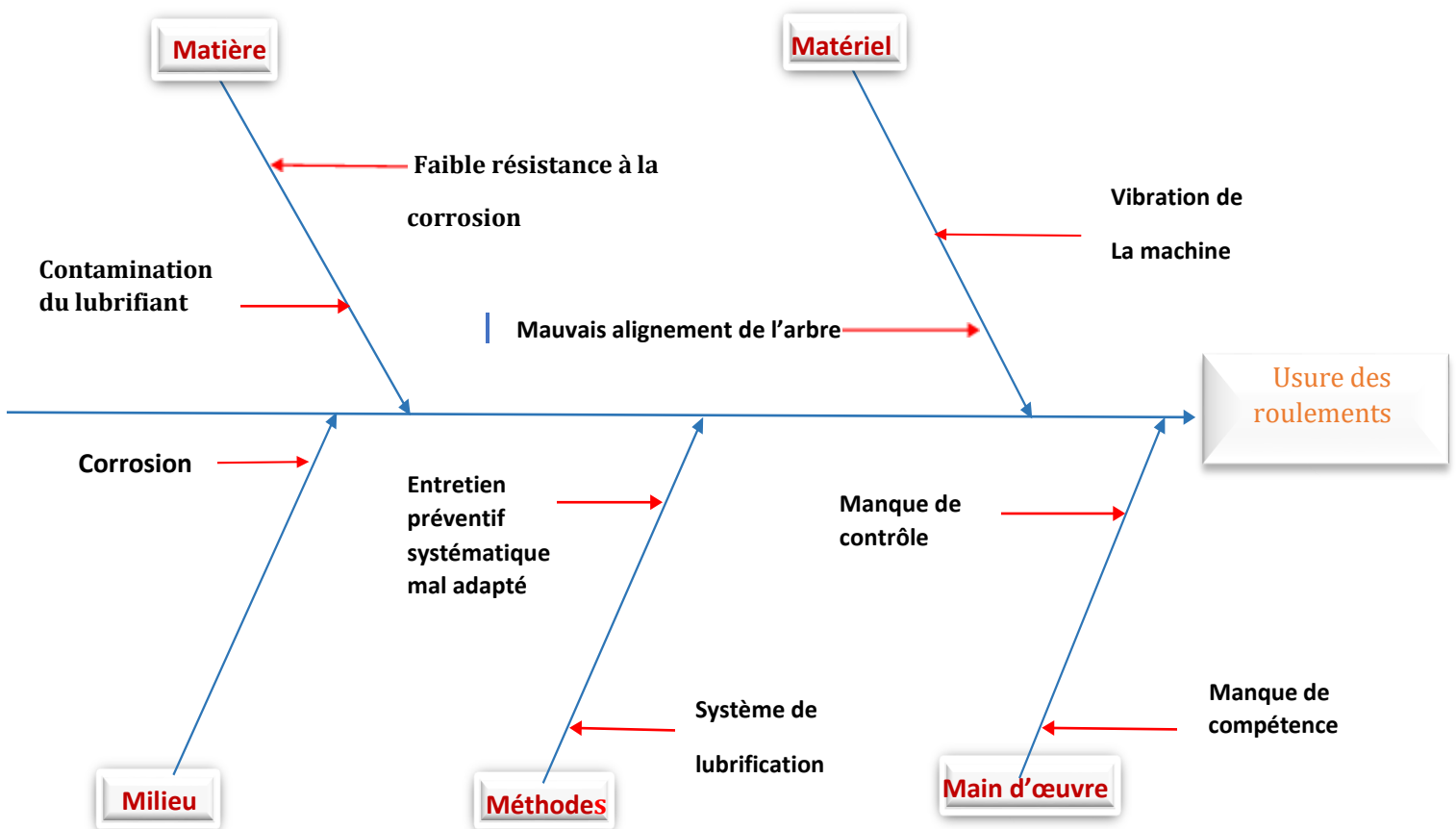


Figure 5.11 : Diagramme d'Ishikawa des roulements

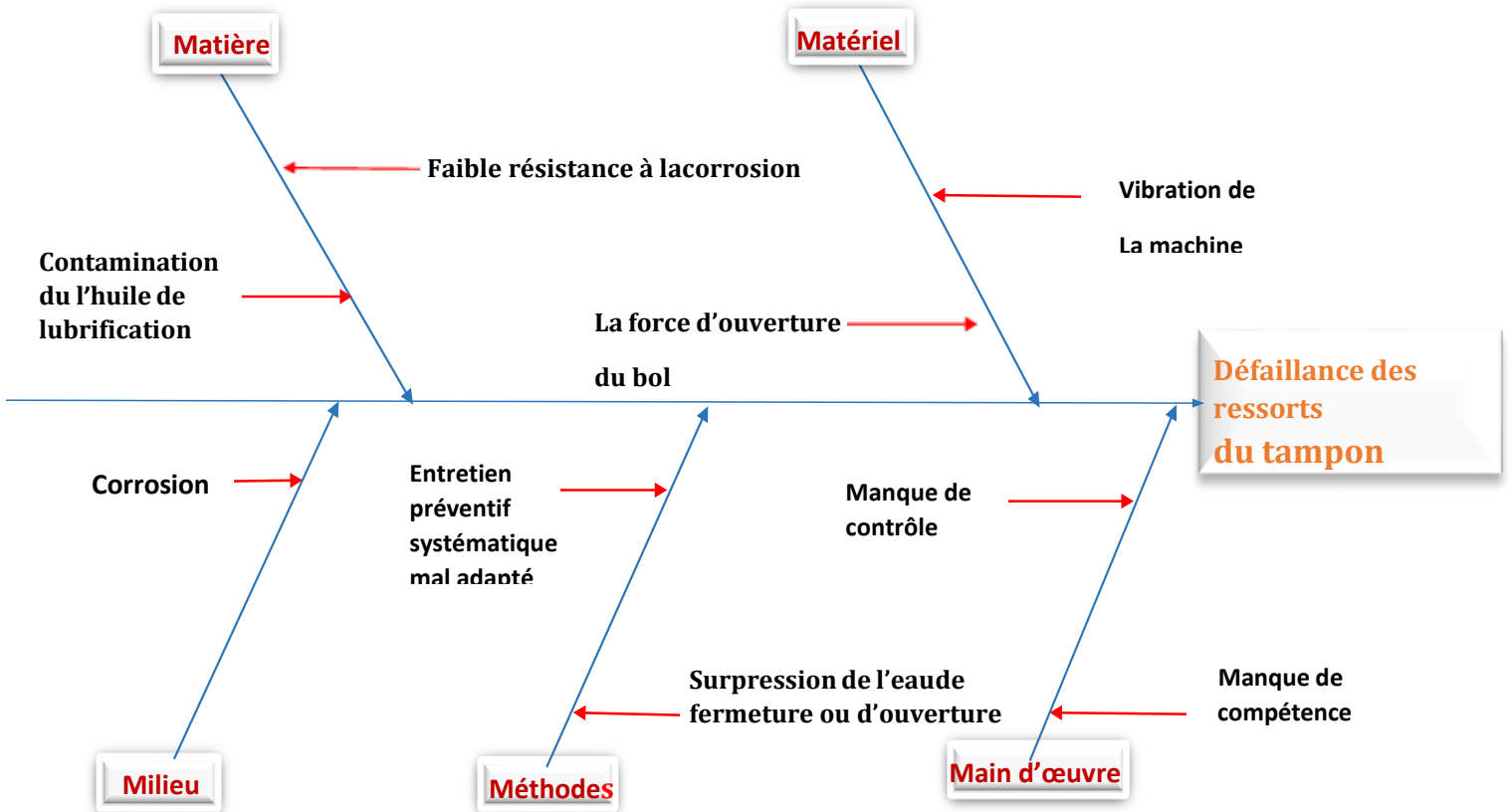


Figure 5.11 : Diagramme d'Ishikawa des tampon

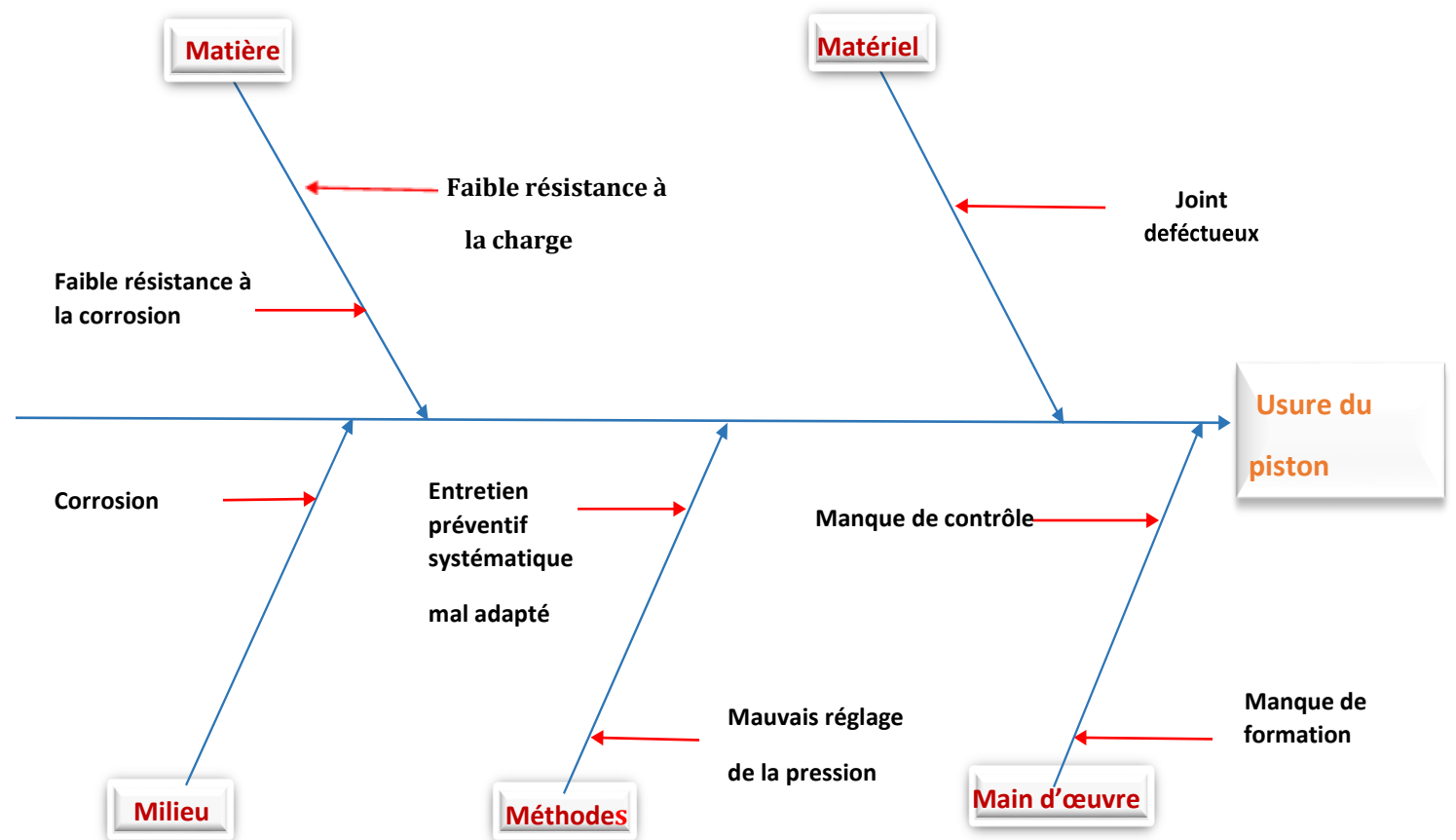


Figure 5.11 : Diagramme d'Ishikawa du piston

5 . Analyse AMDEC des éléments critiques :

Eléments	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Criticité				Actions
					G	F	N	C	
Chapeau de bol	Il constitue l'enveloppe du bol	Usure du chapeau de bol	Détérioration du joint -Corrosion -grippage	Fuite de la mélasse depuis le bol	3	3	3	27	-Nettoyer et graisser le chapeau de bol avec de la graisse aux silicones. -Surveiller toute attaque de corrosion -Changer le joint du chapeau de bol -Régler le débit de la mélasse pour réduire l'effet de l'érosion
Fond mobile De chapeau	Permet la fermeture du bol par la pression de l'eau de manœuvre	Usure de l'anneau d'étanchéité du piston	Fatigue	Empêchement de la fermeture complète du bol	3	3	3	27	-Nettoyer et graisser le fond mobile du bol avec de la graisse aux silicones - changer les deux joints et la chemise de protection
		Usure de la chemise de protection	Fatigue	L'érosion	2	2	3	12	
Piston	Conversion de la pression en un travail	Usure du piston	-Fuites - corrosion	-Grippage du piston -Défaut de débouillage	2	3	3	18	-Régler la pression (pression maximale : 4bar) et ne doit pas être inférieur à 2bar -surveiller toute attaque de

									corrosion ou designes de grippage du piston. -suivre la qu -Nettoyer et graisser le piston et le cylindre avec de la graisse aux silicones
Tige du Piston	Transfère la force générée par le piston	Rupture de la tige du piston	-Joint défectueux -grippage	-Fuite externe de l'eau de manœuvre -Mauvais pilotage du piston	2	3	3	18	- Changer le joint racleur et le coussinet - Nettoyer et graisser la tige du piston avec de la graisse aux silicones -Surveiller toute attaque à la corrosion.
Paliers du mécanisme horizontal et vertical	Guider en rotation l'arbre	Détérioration des roulements	Mauvaise lubrification	arrêt brutal de la machine	3	2	3	18	-Remplacer ou réparer le serpentin. -Surveiller de près la vibration. -Contrôler l'alignement de l'arbre. -Protection des roulements contre la corrosion et la poussière pendant le stockage. -changer l'huile de lubrification

Garniture mécanique	Assurer l'étanchéité de l'huile	Déformation des faces de la garniture mécanique	refroidissement insuffisant -rodage incorrect	-Fuites permanentes -Fissures thermiques sur les faces	3	2	3	18	- Vérifier la planéité des pièces rodées. -Augmenter le refroidissement au niveau des faces. -surveiller de près de la vibration de la machine. -Motiver le personnel (primes...).
Les tampons	Amortir les chocs	Ressorts défectueux	Fatigue	L'usure des organes de la machine comme : les roulements et l'engrenage	3	2	3	18	-Régler la pression d'ouverture du bol. -surveiller de près de la vibration de la machine -Motiver le personnel (primes...). - changer l'huile et les ressorts. et les tampons s'ils sont usés. -surveiller toute attaque à la corrosion.

Tableau 5.6: Tableau AMDEC des éléments critiques

IV. PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE :

ELEMENTS	PLANNING	Périodicité	PERSONNEL	TEMPS MOYEN REQUIS
Chapeau de bol	-Nettoyer et graisser le chapeau de bol avec de la graisse aux silicones.	Trimestre	Mécanicien	60 min
	-Surveiller toute attaque de corrosion	Trimestre	Mécanicien	60 min
	-Changer le joint du chapeau de bol	Trimestre	Mécanicien	60 min
	-Contrôler le débit de la mélasse pour réduire l'effet de l'érosion	Quotidiennement	Opérateur	15 min
Fond mobile du bol	-Nettoyer et graisser le fond mobile du bol avec de la graisse aux silicones	Trimestre	Mécanicien	60 min
	-changer les deux joints	Trimestre	Mécanicien	60 min
	-changer la chemise de protection	Trimestre	Mécanicien	60 min
Garniture mécanique	- Vérifier la planéité des pièces rodées	Hebdomadaire	Mécanicien	15 min
	-contrôler le refroidissement au niveau des faces	Hebdomadaire	Mécanicien	15 min
	-surveiller de près la vibration de la machine	quotidiennement	Opérateur	10 min
	-Changer les joints de la garniture mécanique	Trimestre	Mécanicien	20 min
Paliers du mécanisme horizontal et vertical	-Remplacer ou réparer le serpentin.	Trimestre	Mécanicien	80 min
	-Surveiller de près la vibration de la machine.	Quotidiennement	opérateur	10 min
	-Contrôler l'alignement de l'arbre.	Mensuel	Mécanicien	80 min
	-changer l'huile de lubrification	Mensuel	Mécanicien	30 min
	-Vérifier la qualité de l'huile de lubrification	Hebdomadairement	Mécanicien	15 min
	-Changer les roulements	Semestre	Mécanicien	90 min
Piston	-contrôler le réglage la pression (pression maximale : 4bar et ne doit pas être inférieur à 2bar).	Quotidiennement	opérateur	10 min
	-surveiller toute attaque de corrosion ou de signes de grippage du piston.	Mensuel	Electricien	35 min
			Technicien	

	-Contrôler la qualité de l'eau (présence d'impuretés).	Quotidienne ment	defroid	25 min
	-Nettoyer et graisser le piston et le cylindre avec de la graisse aux silicones	Mensuel	Electricien	35 min
Les tampons	-Contrôler le réglage de la pression d'ouverture du bol.	Quotidienne ment	Opérateur	10 min
	-surveiller de près de la vibration de la machine	Quotidienne ment	Opérateur	10 min
	- changer l'huile de lubrification	Mensuel	Mécanicien	30 min
	-Changer les ressorts.	Mensuel	Mécanicien	90 min
	-Changer les tampons.	Trimestre	Mécanicien	90 min
Tige du piston	- Changer le joint racleur	Mensuel	Electricie n	25 min
	-changer le coussinet	Trimestre	Electricien	25 min
	- Nettoyer et graisser la tige du piston avec de la graisse aux silicones	Mensuel	Electricien	35 min
	-Surveiller toute attaque à la corrosion.	Mensuel	Electricien	35 min

Tableau 5.7 : Plan de Maintenance préventif

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ce rapport est le rendement d'un travail collectif durant la période de notre stage, dans la société LESAFFRE MAROC, où nous avons pu mettre en pratique nos connaissances théoriques acquises durant notre formation.

Pour l'élaboration de ce travail, nous avons commencé dans un premier temps par la description détaillée du clarificateur CHPX 517, puis une analyse de l'historique des défaillances, ensuite nous avons établi une étude AMDEC, ce qui nous a permis de cerner la problématique et de dégager les causes principales qui pénalise le bon fonctionnement du clarificateur CHPX 517, ainsi nous avons pu relever les éléments critiques par l'application de la méthode ABC.

Par la suite, le diagramme Ishikawa nous a permis d'identifier les causes principalement responsables de chaque problème, ce qui nous a aidé à donner des solutions en employant des actions correctives, et ainsi donner un plan de maintenance préventive de la machine

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

LES LIVRES

Livre Maintenance industrielle

LES SITES WEB

<http://www.deschamps-web.com>

<http://fr.wikipedia.org>.

<http://reseauquimper.free.fr>.

<http://local.alfalaval.com>.

www.hellopro.fr

<http://www.idecq.fr>





