

# SOMMAIRE

RESUME.....	4
LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX .....	5
INTRODUCTION GENERALE .....	7
<b>CHAPITRE I : INTRODUCTION DE L'ENTREPRISE.....</b>	<b>9</b>
<b>I-1- Introduction.....</b>	<b>10</b>
<b>I-2- Historique et activité.....</b>	<b>10</b>
<b>CHAPITRE II : RÔLE DE LA MAINTENANCE DANS L'ENTREPRISE.....</b>	<b>13</b>
<b>II-1-Définition de la maintenance (norme NF EN 13306).....</b>	<b>14</b>
<b>II-2-Les objectifs de la maintenance (norme FD X 60-000).....</b>	<b>14</b>
<b>II-3-La stratégie de maintenance (normes NF EN 13306 &amp; FD X 60-000)..</b>	<b>14</b>
<b>II-4-Les fonctions du service maintenance (norme FD X 60-000).....</b>	<b>15</b>
• <i>Etude</i> .....	15
• <i>Préparation</i> .....	15
• <i>Ordonnancement</i> .....	16
• <i>Réalisation</i> .....	16
• <i>Gestion</i> .....	16
<b>II-5-Domains d'action du service maintenance.....</b>	<b>16</b>
<b>II-6-Place du service maintenance dans l'entreprise.....</b>	<b>17</b>
<b>II-7-Les types de la maintenance.....</b>	<b>18</b>
<b>II-7-1-La maintenance corrective.....</b>	<b>18</b>
II-7-1-1Maintenance corrective «curative».....	18
II-7-1-2Maintenance corrective «palliative» .....	18
<b>II-7-2-La maintenance préventive .....</b>	<b>18</b>
II-7-2-1-La maintenance préventive systématique .....	18
II-7-2-2-La maintenance préventive conditionnelle .....	18
II-7-2-3La maintenance préventive prévisionnelle.....	18
<b>II-8-Les niveaux de la maintenance.....</b>	<b>19</b>
<b>CHAPITRE III : IMPLANTATION DE LA TPM DANS L'ENTREPRISE D'ACCUEIL -MK AERO- .....</b>	<b>26</b>
<b>III-1-Introduction .....</b>	<b>27</b>
<b>III-2-Les critères de performance industrielle .....</b>	<b>28</b>
III-2-1-Les caractéristiques d'un système de production.....	28

<b>III-3-LA TPM : Un système de production</b> .....	29
<b>III-3-1-La stratégie de la TPM</b> .....	29
• <i>Pilier 1 : Amélioration au cas par cas</i> .....	30
• <i>Pilier 2 : Maintenance autonome ou gestion autonome des équipements</i> .....	31
• <i>Pilier 3 : Maintenance planifiée</i> .....	32
• <i>Pilier 4 : Amélioration des compétences et du savoir-faire du personnel</i> .....	33
• <i>Pilier 5 : Maîtrise de la conception produits et équipements</i> .....	33
➤ <i>Etude et analyse</i> .....	35
➤ <i>Solution</i> .....	38
• <i>Pilier 6 : Maintenance de la qualité</i> .....	39
• <i>Pilier 7 : TPM dans les services fonctionnels ou TPM dans les bureaux</i> .....	40
• <i>Pilier 8 : Maîtrise de la sécurité, des conditions de travail et respect de l'environnement</i> .....	40
<b>III-4-L'état d'esprit créé par la TPM</b> .....	40
<b>III-5-Les conditions de réussite</b> .....	41
<b>III-6-La pérennisation de la démarche</b> .....	41
<b>CHAPITRE IV : OPTIMISATION DES DURÉES DE PANNES DU PARC MACHINE DANS L'ENTREPRISE</b> .....	42
<b>IV-1-PRESENTATION DU CAHIER DE CHARGE</b> .....	43
IV-1-1-Objectif .....	43
IV-1-2-Travail demandé .....	43
IV-1-3-Inventaire des machines .....	43
<b>IV-2-Etude et analyse de l'état actuel</b> .....	44
IV-2-1-Diagramme causes-effets 'ISHIKAWA' .....	44
IV-2-2-Analyse Q-Q-O-Q-C-P .....	46
IV-2-2-1-Quoi ? Qui ? Où ? Quand ? Comment ? .....	46
IV-2-2-2-Application .....	46
IV-2-2-3-Conclusion .....	47
IV-2-3-Analyse PARETO .....	47
IV-2-3-1-Introduction .....	47
IV-2-3-2-Interprétation .....	48
IV-2-3-3-Application .....	49
• <i>Indicateur de fiabilité</i> .....	49
• <i>Indicateur de maintenabilité</i> .....	50
• <i>Indicateur de disponibilité</i> .....	51
• <i>Synthèse</i> .....	53

<b>IV-2-4-Analyse AMDEC</b> .....	53
IV-2-4-1-Définition de l'AMDEC.....	53
IV-2-4-2- DEMARCHE DE L'ETUDE AMDEC .....	54
• <i>Echelle de cotation</i> .....	55
IV-2-4-3- Application.....	57
IV-2-4-3-1- Machine VTC 30C N°050506 .....	57
• <i>Indentification des modes de défaillances</i> .....	57
• <i>Tableau d'analyse AMDEC</i> .....	57
• <i>Hiérarchisation des défaillances</i> .....	60
IV-2-4-3-2-Machine VTC300 N°050233 .....	61
• <i>Indentification des modes de défaillances</i> .....	61
• <i>Tableau d'analyse AMDEC</i> .....	61
• <i>Hiérarchisation des défaillances</i> .....	63
IV-2-4-3-3-Machine VTC 30C N°050529 .....	63
• <i>Indentification des modes de défaillances</i> .....	63
• <i>Tableau d'analyse AMDEC</i> .....	64
• <i>Hiérarchisation des défaillances</i> .....	66
IV-2-4-3-4-Machine FH 580 N°050182 .....	66
• <i>Indentification des modes de défaillances</i> .....	66
• <i>Tableau d'analyse AMDEC</i> .....	66
• <i>Hiérarchisation des défaillances</i> .....	68
<b>CHAPITRE V : PLAN D'ACTION</b> .....	69
<b>V-1-INTRODUCTION</b> .....	70
<b>V-2-Plan d'action de la machine 506</b> .....	70
<b>V-3-Plan d'action de la machine 233</b> .....	71
<b>V-4-Plan d'action de la machine 529</b> .....	72
<b>V-5-Plan d'action de la machine 182</b> .....	72
<b>V-6-SYNTHESE</b> .....	73
VI-6-1-Objectif .....	73
VI-6-2-Listes des points critiques.....	73
• <i>Liste de recommandations</i> .....	74
• <i>CONCLUSION</i> .....	75
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE</b> .....	76

# INTRODUCTION GENERALE

La maintenance industrielle, qui a pour vocation d'assurer le bon fonctionnement des outils de production, est une fonction stratégique dans les entreprises. Intimement liée à l'incessant développement technologique, à l'apparition de nouveaux modes de gestion, à la nécessité de réduire les coûts de production, elle est en constante évolution. En effet l'implantation de la TPM a pour objectif de rentabiliser au maximum les équipements ; elle est donc basée sur la participation de tout le personnel de l'entreprise et le respect de la créativité de chacun.

Par conséquent mon travail consiste à suivre la démarche de la TPM afin de réussir la maintenance dans MK AERO et améliorer les rendements. Pour cela la problématique de la réduction des heures de pannes dans l'usine consiste tout d'abord la simplification des différentes actions pour les opérateurs à l'aide du premier et deuxième chapitre, qui ont pour but la fluidité de la manipulation et la diminution des pannes dans un certain temps.

En addition, une analyse optimale de toutes les machines, dans le chapitre 5, est bien importante dans la maintenance vue son intérêt d'étude détaillée contenant tous les composants défaillants.

Par conséquent, des plans correctifs et des plans de maintenances préventives, dans le chapitre 6, illustrent bien la capacité des actions convenables pour améliorer le niveau de maintenance.

Ainsi, nous avons scindé notre rapport en cinq chapitres :

Le premier chapitre intitulé "INTRODUCTION DE L'ENTREPRISE" a été consacré à la présentation de la société d'accueil MK AERO ainsi que son secteur d'activité et des entrepreneurs.

Dans le deuxième chapitre intitulé "ROLE DE LA MAINTENANCE DANS L'ENTREPRISE", nous donnons quelques généralités sur la maintenance à savoir l'objectif, la stratégie dans l'entreprise, les types de maintenance industrielle et ses niveaux qui ont été illustrés par les travaux personnels que j'ai réalisés.

Le troisième chapitre intitulé "IMPLANTATION DE LA TPM DANS L'ENTREPRISE D'ACCUEIL MK AERO" a été réservé à élaborer la fonctionnalité de la TPM et sa démarche, marquée par l'illustration de ses piliers à l'aide des formations réalisées et des modes opératoires effectués après des études et des applications sur le logiciel SOLID WORKS, qui a pu évoluer le rôle de la maintenance préventive dans l'entreprise.

Le quatrième chapitre parlant de "L'OPTIMISATION DES DUREES DE PANNES DU PARC MACHINE DANS L'ENTREPRISE" représente toute sorte d'étude et d'analyse ayant pour but d'extraire tous les éléments et les composants qui ont la

possibilité de causer des problèmes et des pannes. Cette étude a été réalisée en se basant sur les méthodes d'analyse à savoir : ISHIKAWA, QQQQCP, PARETO et AMDEC.

Le cinquième chapitre “ PLAN D'ACTION ” comporte des plans d'action des différentes machines du parc en élaborant les composants dégagés du chapitre précédant en donnant des suggestions et des préventions.

Nous terminons notre document par une conclusion et des perspectives pour visualiser l'intégralité du problème.

# **CHAPITRE I : INTRODUCTION DE** **L'ENTREPRISE**

## **I-1- Introduction**

Le site MK AERO à Tanger est spécialisé dans le parachèvement des pièces aéronautiques et le traitement de surface en partenariat avec LELMA.

Les deux usines sont situées l'une à côté de l'autre. Il s'agit de créer un centre unique d'expertise dans le domaine de l'aéronautique et répondre plus efficacement aux demandes des donneurs d'ordres internationaux.

Ce sont deux unités industrielles spécialisées dans la fabrication de pièces élémentaires d'aérostructures et le traitement et revêtement de surfaces, à l'usage notamment du secteur de l'aéronautique.

Les usines MK Aero et Lelma , oeuvrent en synergie pour offrir une solution globale et intégrée allant de la fabrication et l'assemblage au traitement et revêtement de surfaces par voie physico-chimique.

Son partenaire, L'Electrolyse, est associé au projet à travers sa filiale Lelma dans le cadre d'une coentreprise. A noter que MK Aéro développe pour ses clients aéronautiques, principalement Airbus et Safran, notamment des travaux manuels pour les pièces élémentaires d'aérostructure comme le parachèvement, l'assemblage et récemment l'usinage de moyenne dimension.

## **I-2- Historique et activité**

Filiale tangéroise du groupe français Mecachrome, MK Aéro, installée sur la zone Tanger Free Zone depuis 2008.

D'une superficie de 3.000 m<sup>2</sup>, MK Aero, filiale de Mecachrome, développe les travaux manuels pour les pièces élémentaires d'aérostructures comme le parachèvement, l'assemblage et l'usinage de petite et moyenne dimension.

-Une coentreprise à 60-40%

Outre Stelia, MK Aéro réalise 10% de son chiffre d'affaires avec [Safran](#) qui dispose déjà avec Aircelle, d'une filiale bien implantée au Maroc. *Les investissements en traitement de surface que vont aider à tripler le chiffre d'affaires que nous réalisons avec Aircelle/Safran.*

Travaillant en quasi-totalité à l'export vers la France mais aussi vers la Tunisie, MK Aéro réalise 65% de son activité avec Stelia Aerospace, le nouvel ensemble constitué par la fusion d'Aerolia et Sogerma, filiales d'[Airbus](#).



De son côté, Lelma est le fruit d'une joint venture entre l'Electrolyse (60 % des parts) et Mecachrome (40 %). Cette usine met en œuvre des procédés de contrôle non destructif (ressuage), en traitement et revêtement de surface, en peintures et en traitement des effluents industriels liquides par voie physico-chimique. Cette usine, d'une superficie de 3.200 m<sup>2</sup>, traite des pièces d'aérostructures de longueur supérieure à 6 m et de largeur au-delà de 2 m.

En matière de technologie, outre les procédés d'oxydation anodique chromique (OAC), Lelma est le premier au Maroc à proposer le procédé d'anodisation sulfotartrique (en anglais Tartaric sulphuric anodisation ou TSA). Ce dernier moins polluant représente 80% de son activité.

Par ailleurs, depuis 2011, Mécachrome France et L'Electrolyse, ont développé une coentreprise avec 60% des parts pour L'Electrolyse.



## **CHAPITRE II : RÔLE DE LA** **MAINTENANCE DANS L'ENTREPRISE**

## **II-1-Définition de la maintenance (norme NF EN 13306)**

La maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise.

Une fonction requise est une fonction, ou un ensemble de fonctions d'un bien considérées comme nécessaires pour fournir un service donné.

## **II-2-Les objectifs de la maintenance (norme FD X 60-000)**

Selon la politique de maintenance de l'entreprise, les objectifs de la maintenance seront :

- la disponibilité et la durée de vie du bien ;
- la sécurité des hommes et des biens ;
- la qualité des produits ;
- la protection de l'environnement ;
- l'optimisation des coûts de maintenance ;

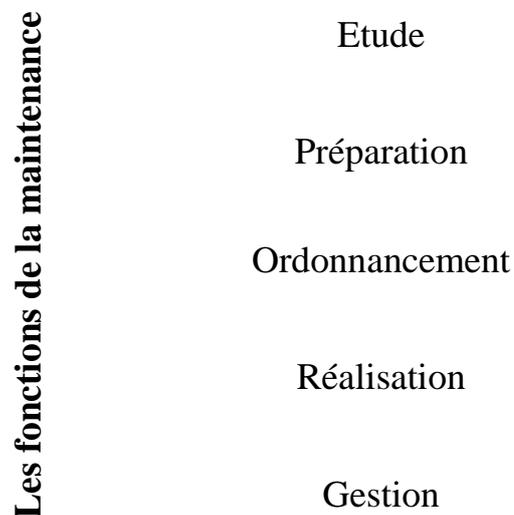
## **II-3-La stratégie de maintenance (normes NF EN 13306 & FD X 60-000)**

"La stratégie de maintenance est une méthode de management utilisée en vue d'atteindre les objectifs de maintenance."

Les choix de stratégie de maintenance permettent d'atteindre un certain nombre d'objectifs de maintenance :

- développer, adapter ou mettre en place des méthodes de maintenance ;
- élaborer et optimiser les gammes de maintenance ;
- organiser les équipes de maintenance ;
- internaliser et/ou externaliser partiellement ou totalement les tâches de maintenance ;
- définir, gérer et optimiser les stocks de pièces de rechange et de consommables ;
- étudier l'impact économique (temps de retour sur investissement) de la modernisation ou de l'amélioration de l'outil de production en matière de productivité et de maintenabilité.

## **II-4-Les fonctions du service maintenance (norme FD X 60-000)**



Tab.1 : Fonctions de la maintenance

- **Etude**

Sa mission principale est l'analyse du travail à réaliser en fonction de la politique de maintenance choisie. Elle implique la mise en œuvre d'un plan de maintenance avec des objectifs chiffrés et des indicateurs mesurables.

- **Préparation**

La préparation des interventions de maintenance doit être considérée comme une fonction à part entière du processus maintenance. Toutes les conditions nécessaires à la bonne réalisation d'une intervention de maintenance seront ainsi prévues, définies et caractérisées. Une telle préparation devra bien sûr s'inscrire dans le respect des objectifs généraux tels qu'ils sont définis par la politique de maintenance : coût, délai, qualité, sécurité,...

Quel que soit le type d'intervention à réaliser, la préparation sera toujours présente. Elle sera :

\*implicite (non formalisée) : dans le cas de tâches simples, l'intervenant assurera lui-même, par expérience et de façon souvent automatique la préparation de ses actions ;

\*explicite (formalisée) : réalisée par un préparateur, elle donne lieu à l'établissement d'un dossier de préparation structuré qui, faisant partie intégrante de la documentation technique, sera utilisé chaque fois que l'intervention sera réalisée. Il sera donc répertorié et conservé sous réserve de mises à jour ultérieures.

- Ordonnancement

L'ordonnancement représente la fonction "chef d'orchestre". Dans un service maintenance caractérisé par l'extrême variété des tâches en nature, en durée, en urgence et en criticité, l'absence de chef d'orchestre débouche vite sur la cacophonie quel que soit le brio des solistes.

- Réalisation

La réalisation consiste à mettre en œuvre les moyens définis dans le dossier de préparation dans les règles de l'art, pour atteindre les résultats attendus dans les délais préconisés par l'ordonnancement.

- Gestion

La fonction gestion du service maintenance devra être capable d'assurer la gestion des équipements, la gestion des interventions, la gestion des stocks, la gestion des ressources humaines, et la gestion du budget.

## **II-5-Domains d'action du service maintenance**

Voici la liste des différentes tâches dont un service maintenance peut avoir la responsabilité :

- la maintenance des équipements : actions correctives et préventives, dépannages, réparations et révisions.
- l'amélioration du matériel, dans l'optique de la qualité, de la productivité ou de la sécurité.
- les travaux neufs : participation au choix, à l'installation et au démarrage des équipements nouveaux.
- les travaux concernant l'hygiène, la sécurité, l'environnement et la pollution, les conditions de travail, ...
- l'exécution et la réparation des pièces de rechanges.
- l'approvisionnement et la gestion des outillages, des rechanges, ...
- l'entretien général des bâtiments administratifs ou industriels, des espaces verts, des véhicules, ...

Ce qui prouve le bien-fondé d'une formation polyvalente.

## II-6-Place du service maintenance dans l'entreprise

Les installations, les équipements, tendent à se détériorer dans le temps sous l'action de causes multiples : usures, déformations dues au fonctionnement, action des agents corrosifs (agents chimiques, atmosphériques, etc.).

Ces détériorations peuvent provoquer l'arrêt de fonctionnement (panne); diminuer les capacités de production; mettre en péril la sécurité des personnes; provoquer des rebuts ou diminuer la qualité; augmenter les coûts de fonctionnement (augmentation de la consommation d'énergie, etc.); diminuer la valeur marchande de ces moyens.

Dans tous les cas ces détériorations engendrent des coûts directs ou indirects supplémentaires.

Le service maintenance, comme le service de sécurité, devient une interface entre toutes les entités qui composent l'entreprise.

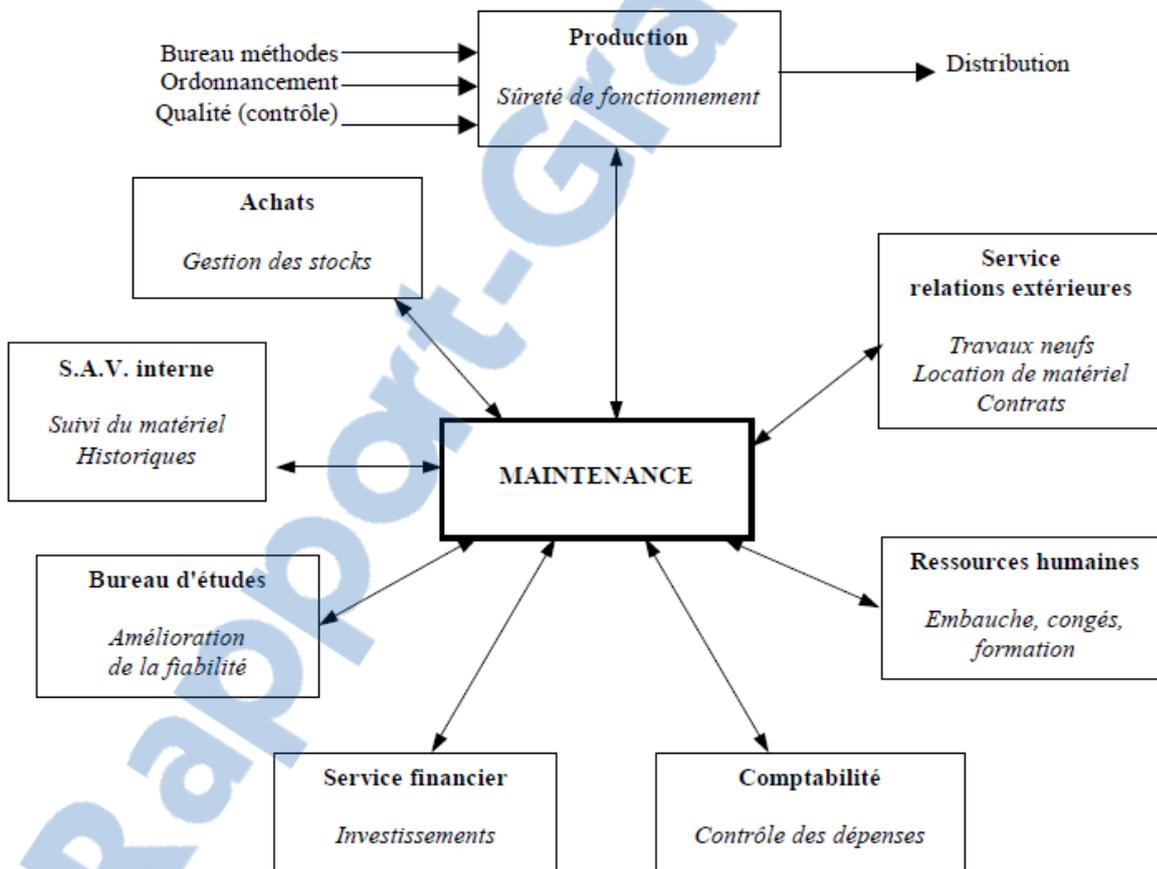


Fig. 1: Maintenance dans l'entreprise

## **II-7-Les types de la maintenance**

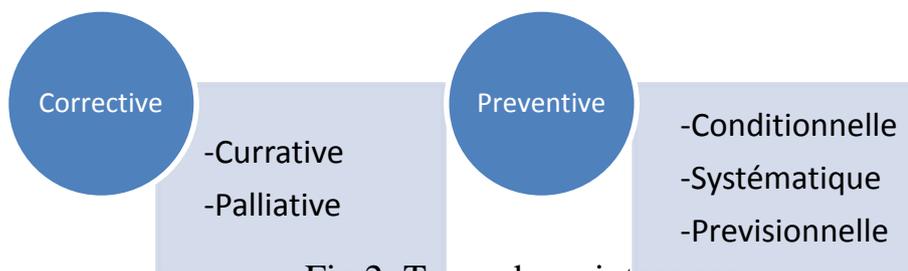


Fig.2: Types de maintenance

### **II-7-1-La maintenance corrective**

C'est la maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise.

#### **II-7-1-1 Maintenance corrective «curative»**

Action de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié pour lui permettre d'accomplir une fonction requise.

#### **II-7-1-2 Maintenance corrective «palliative»**

Action de maintenance corrective destinée à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise.

### **II-7-2-La maintenance préventive**

C'est la maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien.

#### **II-7-2-1-La maintenance préventive systématique**

C'est la maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien.

#### **II-7-2-2-La maintenance préventive conditionnelle**

C'est la maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent.

#### **II-7-2-3La maintenance préventive prévisionnelle**

C'est la maintenance préventive conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien.

## **II-8-Les niveaux de la maintenance**

Niveau 1	Actions simples nécessaires à l'exploitation et réalisées sur des éléments facilement accessibles en toute sécurité à l'aide d'équipements de soutien intégrés au bien.
Niveau 2	Actions qui nécessitent des procédures simples et/ou des équipements de soutien (intégrés au bien ou extérieurs) d'utilisation ou de mise en œuvre simple.
Niveau 3	Opérations qui nécessitent des procédures complexes et/ou des équipements de soutien portatifs, d'utilisation ou de mise en œuvre complexes.
Niveau 4	Opérations dont les procédures impliquent la maîtrise d'une technique ou technologie particulière et/ou la mise en œuvre d'équipements de soutien spécialisés.
Niveau 5	Opérations dont les procédures impliquent un savoir-faire, faisant appel à des techniques ou technologies particulières, des processus et/ou des équipements de soutien industriels. Ce sont des opérations de rénovation, reconstruction, etc.

Tab.2: Niveaux de maintenance

# Parcours d'entretien Maintenance 1<sup>er</sup> niveau

Nom machine  
VTC 300C  
N° Ressource 050233

**1. NETTOYER LA BROCHE**



2'



**2. NETTOYER LE PALLETISEUR ET LA**



5'

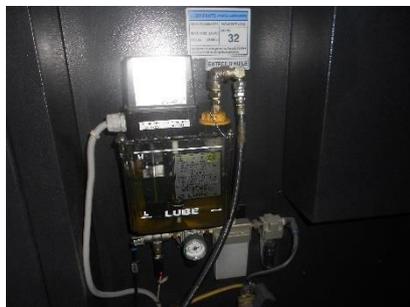


Retirer les coupeaux à l'aide d'un balai + pelle

**3. VERIFIER LE NIVEAU DU GROUPE DE**



1'



Vérifier que le niveau est entre min et max .sinon remettre à niveau / huile

**4. Nettoyer/ vérifier le bouton d'arrêt d'urgence**



1'



Vérifier que le bouton soit en bon état

**5. Nettoyer le poste de travail**



5'



Nettoyer les abords de la machine. Signaler toute anomalie à la maintenance.

**6. Contrôler la benne à coupeaux**



1'



Vider la benne si supérieur au niveau max. Vérifier absence de fuite.

**7. Contrôler le niveau du lubrifiant**



1'



Remettre à niveau avec de l'eau déminéralisée si le niveau est

**8.**

**1. Nettoyer le groupe arrosage et convolve**



Nettoyer les pompes et vérifier leur ventilation .Nettoyer le bac à

**2. Nettoyer les filtres bac à lubrifiant**



**3. Nettoyer les outils et le magasin**



Nettoyer les outils, le magasin et retirer les coupeaux. Signaler

**4. Nettoyer carter X / Glissier**



**1. Contrôler la concentration de lubrifiant**



**Concentration normale=5%**  
 Si on mesure 1% ,remettre 21L  
 Si on mesure 2% ,remettre 16L  
 Si on mesure 3% ,remettre 11L  
 Si on mesure 4% ,remettre 5L

2.

3.

4.

**Chaque samedi –Fin de poste**

**Lundi matin-Fin de poste**

# Parcours d'entretien Maintenance 1<sup>er</sup> niveau

Nom machine  
VTC 30C  
N° Ressource 050529

Rédigé par: Le:	Validé par: Le: Visa:	N° Document:  
--------------------	-----------------------------	----------------------

**ST-I-INF-G-03-01-01-01-A**

<p><b>1. NETTOYER LA BROCHE</b></p>   <p>2'</p>	<p><b>2. NETTOYER LE PALLETISEUR ET LA</b></p>   <p>5'</p> <p>Retirer les copeaux à l'aide d'un balai + pelle</p>
<p><b>3. VERIFIER LE NIVEAU DU GROUPE DE</b></p>   <p>1'</p> <p>Vérifier que le niveau est entre min et max .sinon remettre à niveau l huile</p>	<p><b>4. Nettoyer/ verifier le bouton d'arrêt d'urgence</b></p>   <p>1'</p> <p>Vérifier que le bouton soit en bon état</p>
<p><b>5. Nettoyer le poste de travail</b></p>   <p>5'</p> <p>Nettoyer les abords de la machine. Signaler toute anomalie à la maintenance.</p>	<p><b>6. Contrôler la benne à copeaux</b></p>   <p>1'</p> <p>Vider la benne si supérieur au niveau max. Vérifier absence de fuite.</p>
<p><b>7. Contrôler le niveau du lubrifiant</b></p>   <p>1'</p> <p>Remettre à niveau avec de l'eau déminéralisée si le niveau est</p>	<p><b>8.</b></p>

**1. Nettoyer le groupe arrosage et convoyeur**




**2. Nettoyer filtre bac à lubrifiant**

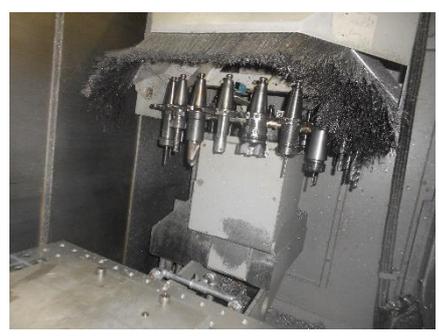



Nettoyer les pompes et vérifier leur ventilation .Nettoyer le bac à

**3. Nettoyer le carter X / glissière**




**4. Nettoyer les outils et le magasin**

Nettoyer les outils, le magasin et retirer les coupeaux. Signaler

**5. Vérifier la bonne ventilation de l'armoire électrique**




**6.**

**1. Contrôler la concentration de lubrifiant**



**Concentration normale=5%**  
 Si on mesure 1% ,remettre 21L  
 Si on mesure 2% ,remettre 16L  
 Si on mesure 3% ,remettre 11L  
 Si on mesure 4% ,remettre 5L

**2.**

**Chaque samedi –Fin de poste**

**Lundi matin-Fin de poste**

**CHAPITRE III : IMPLANTATION DE LA**  
**TPM DANS L'ENTREPRISE D'ACCUEIL -**  
**MK AERO-**

### **III-1-Introduction**

La TPM (Totale productive maintenance) est une démarche globale d'amélioration permanente des ressources industrielles (équipements, hommes, organisation) qui vise la performance économique de l'entreprise. Par sa stratégie et son état d'esprit, la TPM est un système de production. Démarche créée par le JIPM (Japan Institute of Plant maintenance).

La TPM vise la performance économique des entreprises de production à travers une démarche globale de progrès permanent, intégrant le management aussi bien que l'écoute et la responsabilisation de chaque opérateur. Voici donc le pourquoi de la TPM, et comment animer le déroulement de ses différents piliers. Il faut d'abord préciser les mutations d'état d'esprit induites par la TPM ainsi que les conditions de réussite. A l'origine, le Japon Institute of Plant Maintenance (JIPM) a voulu copier les méthodes de maintenance préventive issues de l'US Navy. Mais les consultants du JIPM constatèrent rapidement qu'il ne suffisait pas de faire des prévisions de fiabilité et de disposer de bonnes méthodes de diagnostic pour arriver à une prévention suffisante. L'efficacité de la maintenance préventive dépend des conditions d'utilisation des équipements, donc de leurs utilisateurs. Ces derniers provoquent des dégradations forcées (salissures, mauvais réglages, dépassement des capacités nominales...), mais ils peuvent aussi entendre, voir, détecter les anomalies existantes sur leurs équipements. Fort de ce constat, le JIPM a associé la fonction production à la prévention des défaillances des équipements. Naturellement, ce travail en commun a abouti à la recherche de la performance globale des équipements puis des ressources industriels. Performance qui ne peut pas être séparée des compétences des employés, de l'efficacité de l'organisation et du management. En 1971, le JIPM change le terme de PM (Maintenance Préventive) en TPM ou Total Productive Maintenance (Total members participation Productive Maintenance). Même si le JIPM s'enhardit parfois à utiliser le terme de total productive management, ses dirigeants n'arrivent pas à faire le pas, et le mot maintenance reste attaché à cette démarche.

## **III-2-Les critères de performance industrielle**

La performance industrielle d'une entreprise est évaluée par rapport à :

- La satisfaction de ses clients (qualité, délais, prix, flexibilité, innovation) ;
- La rentabilité (diminution des coûts, résultats financiers, diminution des stocks) ;
- La satisfaction de ses collaborateurs (sécurité, conditions de travail, sentiment d'utilité et de reconnaissance, amélioration des compétences) ;
- Le respect de l'environnement, le développement durable, l'investissement éthique ;
- L'équilibre global entre ces différents critères.

Pour présenter ces objectifs, le JIPM utilise les « 5 S » (5 satisfactions, sans rapport avec les « 5 S » du glossaire) : clients, actionnaires, collaborateurs, communauté, globale. Ce sont les objectifs du world class manufacturing.

Pour cela l'entreprise doit :

- Supprimer les pertes d'efficacité existant dans l'ensemble de ses activités (celles-ci ne concernant pas que la production) ;
- Respecter les conditions de fiabilité intrinsèque de ses équipements, c'est-à-dire celles pour lesquelles ils ont été conçus ou adaptés ;
- Améliorer la fiabilité des équipements pour augmenter leur productivité, leur disponibilité et leur capacité ;
- Disposer d'employés plus compétents comprenant le pourquoi et le comment de leur travail ;
- Développer des produits faciles à fabriquer et des équipements faciles à utiliser pour éviter que la production et la maintenance ne se battent en permanence contre l'incompatibilité entre produits à fabriquer et capacité des équipements ;
- Développer l'organisation et les compétences des services fonctionnels afin qu'ils fournissent à la production les informations et moyens nécessaires à l'obtention de sa performance maximale, ces services ayant aussi pour objectifs d'améliorer leur efficacité interne ;
- Créer les facteurs d'identification de tout le personnel. L'ensemble du personnel doit se sentir utile dans l'amélioration permanente de l'efficacité de l'entreprise, ce qui nécessite compétences, écoute et mise en œuvre des solutions proposées.

### **III-2-1-Les caractéristiques d'un système de production**

Il n'y a pas de systèmes de production meilleurs que d'autres pour guider les entreprises vers leur performance.

Par contre, il est indispensable de savoir distinguer et d'utiliser à leur bon niveau les démarches, méthodes et outils proposés et d'avoir une stratégie qui hiérarchise et coordonne l'ensemble, comme cela est schématisé en 2 (les différents termes utilisés sont expliqués dans le glossaire).

Il faut aussi garder à l'esprit qu'un système de production tel que le Toyota Production System a été construit sur plusieurs décennies. Tout changement de culture demande du temps et doit tenir compte de la particularité de l'entreprise.

Rappelons le constat de W. E. Deming : « J'estime, d'après mon expérience, que la plupart des problèmes et la plupart des possibilités d'améliorations se répartissent comme suit : 94 % appartiennent au système (causes communes dont le management est responsable) ; 6 % sont des causes spéciales (événements passagers dus aux employés ou aux équipements). » (Hors de la crise, trad. J.-M. Gogue, Eco-nomica, 2002)

Pour atteindre la performance industrielle, il est nécessaire de disposer d'un processus sous contrôle statistique, c'est-à-dire où il n'existe plus de causes de variations spéciales telles que dysfonctionnements de l'organisation, erreurs de planification, pannes, mauvaises réparations, mauvais réglages, erreurs opératives, équipements inappropriés, manque matière, etc.

Une fois cet état obtenu, le management peut agir sur le système pour obtenir les conditions idéales permettant d'améliorer les résultats et de diminuer leur dispersion (conception produits et équipements, méthodes, organisation, etc.).

Pour non seulement améliorer sa performance, mais être la meilleure dans son domaine, une entreprise industrielle a besoin de s'appuyer sur l'ensemble de ses forces. Les Japonais utilisent souvent l'expression : « L'un ne va pas sans l'autre. »

Le personnel sera impliqué dans la suppression des causes spéciales s'il possède des compétences et un savoir-faire suffisants pour réaliser parfaitement son travail, mais aussi pour être placé dans une situation où il doit trouver lui-même les solutions pour améliorer son efficacité, ses conditions de travail, sa sécurité.

En étant sur le terrain, la direction prouve aux employés que leur participation a pour elle une grande importance. Il faut qu'elle prouve qu'elle-même agit pour donner à l'atelier des responsabilités adaptées à ses possibilités et supprimer les obstacles créés par le système.

### **III-3-LA TPM : Un système de production**

Rappelons que, par sa stratégie et par son état d'esprit, la TPM est un système de production qui répond aux objectifs « 5 S » de la performance industrielle. Les objectifs de la TPM (et les résultats obtenus sur 3 ou 4 ans) se mesurent en termes de PQCDSM (Productivité, Qualité, Coûts, Délais, Sécurité et environnement, Management).

#### **III-3-1-La stratégie de la TPM**

Le JIPM scinde dans le temps sa stratégie suivant deux axes : atteindre l'efficacité du système de production ; obtenir les conditions idéales de la performance industrielle et les améliorer en continu 3.

Atteindre l'efficacité du système de production

Cela nécessite quatre actions principales que le JIPM appelle piliers.

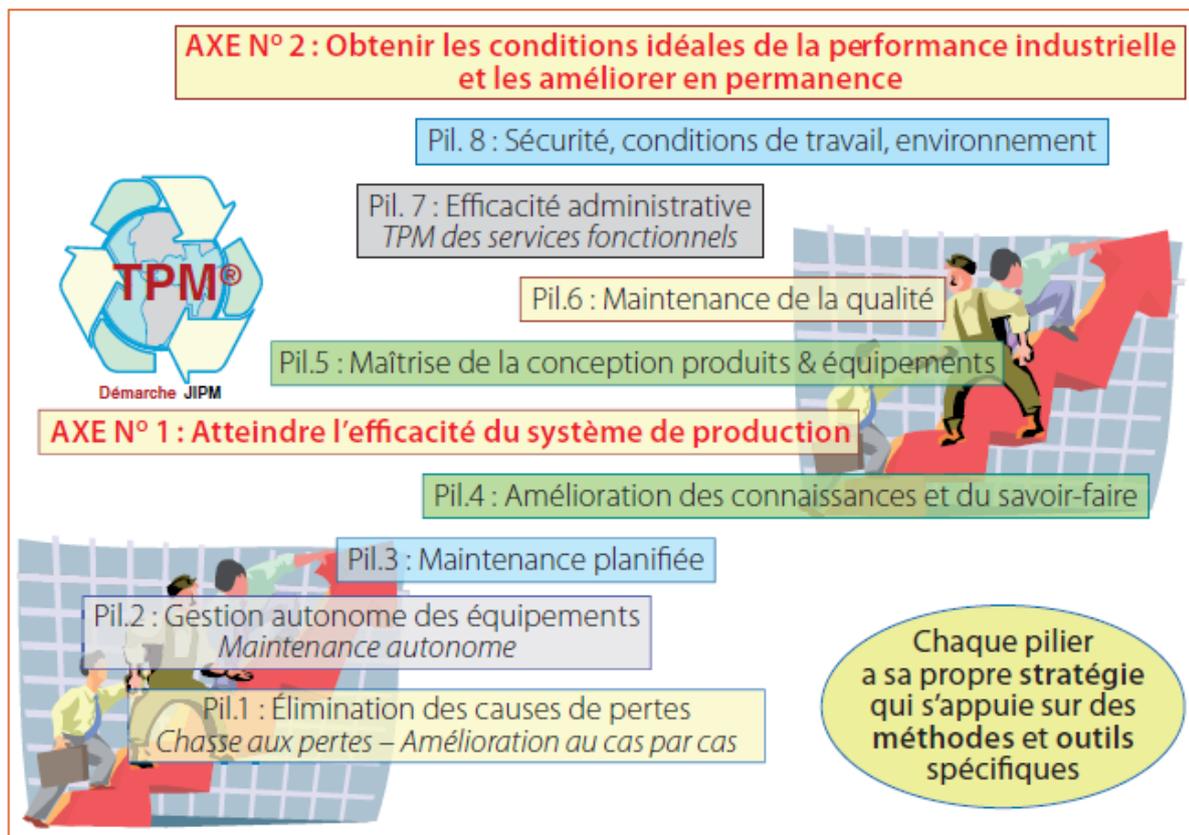


Fig.3 : Les piliers de la TPM

- **Pilier 1 : Amélioration au cas par cas**

Ce pilier a pour objectif de supprimer toutes les causes de perte d'efficacité du système de production. C'est-à-dire réduire à zéro les pertes (la TPM dénombre 16 causes de pertes principales) qui empêchent d'obtenir l'efficacité maximale des équipements, des hommes, des matières et de l'énergie. La suppression de ces pertes nécessite la participation de tous les services opérationnels et fonctionnels qui en sont à l'origine.

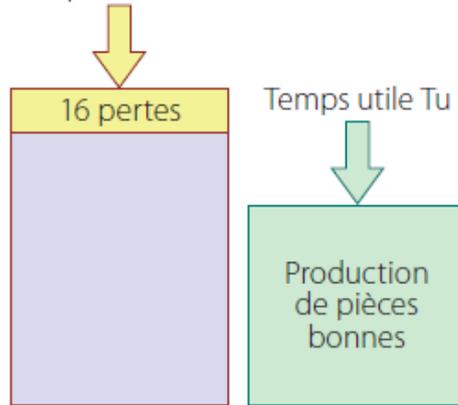
Le JIPM associe à ce pilier un indicateur appelé OEE (Overall Equipment Efficiency) que l'on peut traduire par « taux de rendement global » (TRG).

La chasse aux pertes ne se limite pas seulement à l'amélioration du TRG, qui mesure seulement la performance des équipements. La chasse aux pertes englobe toutes les pertes qui ont pour dénominateur commun leur valeur financière.

Ce pilier utilise deux outils principaux, le TRG et la matrice des pertes. Cette dernière fait l'inventaire de toutes les pertes et permet à la direction de fixer les objectifs de gains sur les trois ou quatre années à venir et de nommer les responsables de projets. Chaque perte sera suffisamment fractionnée en ses différents facteurs pour rendre son étude efficace.

$$TRG = \frac{Tu}{To} = \frac{Tu - \Sigma \text{ pertes}}{To} = \frac{Q \text{ produits bons fabriqués}}{Q \text{ possibles dans les conditions idéales}}$$

Temps d'ouverture To



Conditions idéales :

au moins plus que l'existant  
objectifs du plan stratégique  
capacité maxi de l'équipement  
performance du meilleur équipement  
capacité en supposant zéro perte  
celles obtenues avec le produit le plus facile

To = horaire de travail – arrêts programmés

Arrêts programmés = nettoyages/inspections + maintenance préventive  
+ réunions TPM + essais & modifications

riode  
ts du  
nents  
oyez  
κ des  
tions

- **Pilier 2 : Maintenance autonome ou gestion autonome des équipements**

Ce pilier a pour objectif essentiel d'utiliser les équipements dans leurs conditions de fiabilité intrinsèque (celles pour lesquelles ils ont été conçus). Cela exige le respect, par la production et la maintenance, de leurs conditions normales d'exploitation. En particulier, les opérateurs doivent être compétents et se sentir responsables de la bonne utilisation de leurs équipements (réglage, nettoyage) et de leur qualité (détection des anomalies et des signes avant-coureurs de problèmes et éventuellement capacité à les traiter). Cette responsabilité les touche directement, car il s'agit de la qualité de leur outil de travail.

Pour chaque équipement, groupe ou ligne, ce pilier débute par une première étape, appelée inspection/nettoyage, durant laquelle chaque anomalie est repérée par une étiquette qui sera maintenue sur l'équipement jusqu'à son traitement (la direction fixe généralement un délai maximal d'un mois).

En développant ce pilier, on doit garder en permanence à l'esprit le constat de Deming pour ne pas commettre la même erreur que les cercles de qualité.

L'action des opérateurs et des techniciens de maintenance pour retrouver l'état normal des équipements est essentielle pour « voir les vraies causes de pertes » et mobiliser les hommes.

Pour montrer que la participation des opérateurs dans la chasse aux anomalies et dans l'amélioration des conditions d'utilisation des équipements a une grande

importance, la direction doit réaliser rapidement les réparations ainsi que les bonnes propositions d'améliorations. Elle doit aussi accepter comme un investissement le temps consacré par les opérateurs à leur formation sur le terrain, à la résolution des problèmes en petit groupe ainsi que l'arrêt des équipements pour retrouver ou maintenir leur état normal.

Pour la bonne acquisition de la maintenance autonome j'ai réalisé une présentation afin de sensibiliser les opérateurs de l'importance du niveau 1 et de la nécessité de la maintenance autonome au sein de l'entreprise.



Fig.5 : Présentation de sensibilisation

• **Pilier 3 : Maintenance planifiée**

Pour limiter les imprévus occasionnés par les pannes et pouvoir planifier son activité, il est nécessaire que la maintenance développe une maintenance préventive. Même si l'entreprise joue sur le volant de main-d'œuvre proposé par la sous-traitance, ces imprévus représentent un coût de défaillances (MO, matière, rebuts, charges fixes non ventilées, pénalités, heures supplémentaires, etc.).

Un plan de maintenance préventive efficace s'appuie sur des prévisions de fiabilité basées sur des statistiques et des probabilités ne s'appliquant qu'à des équipements ou procédés sous contrôle statistique, c'est-à-dire pour lesquels on a éliminé les causes spéciales de dégradation.

La TPM montre bien que, tant qu'il existe des causes de dégradations forcées, la maintenance préventive est onéreuse et peu efficace. D'où l'importance du pilier 2.

- **Pilier 4 : Amélioration des compétences et du savoir-faire du personnel**

Pour effectuer correctement un contrôle, un réglage, une inspection, les opérateurs ont besoin de comprendre le pourquoi de ce travail. Il faut donc leur fournir les connaissances expliquant ce pourquoi. Ensuite ils pourront participer à l'élaboration des standards qui définiront les normalités et le comment.

En TPM, les standards de nettoyage, d'inspection et de maintenance de premier niveau sont toujours provisoires, car l'objectif des opérateurs et des groupes de travail est de les simplifier, de les adapter et, mieux, de les supprimer en traitant la cause première du problème.

L'amélioration des standards est la base du progrès continu, de l'innovation et du développement personnel des employés.

Notons que toute démarche TPM débute par les piliers 1 et 2, les autres piliers venant se greffer au fur et à mesure de la suppression des causes spéciales, de la maturité des actions et des besoins de l'entreprise. Dans son évaluation préalable à l'attribution des prix TPM, le JIPM accepte pour les PME que seuls les quatre premiers piliers soient déployés de manière structurée dans l'entreprise. Mais, à terme, la performance d'une PME nécessite aussi d'améliorer la conception de ses produits et de ses équipements, d'utiliser des outils qualité plus performants.

Obtenir les conditions idéales de la performance industrielle et les améliorer en continu.

- **Pilier 5 : Maîtrise de la conception produits et équipements**

Ce pilier a pour objectif de concevoir rapidement des produits et des équipements en adéquation. Une inadéquation entre exigence produit et capacité machine est la cause de rebuts importants, de réglages fréquents, de changements de fabrication longs, de mauvais rendements matière et énergie, d'une sous-utilisation de la main-d'œuvre et des équipements.

Raccourcissement des cycles de vie des produits oblige, ceux-ci doivent être lancés rapidement et sans aléas sur le marché, ce qui nécessite de réduire les temps de mise au point des produits et des équipements.

La conception de produits faciles à fabriquer et d'équipements faciles à utiliser (production et maintenance) nécessite dès l'émergence de la première idée une communication ciblée et une conduite rigoureuse du projet, basée sur la maîtrise des ressources de production, le savoir-faire du personnel de production et de maintenance, la logique d'amélioration permanente.

## Mode opératoire du système de pompage d'azote

<p>1-<b>S'assurer</b> que le système est bien en arrêt : la vanne de la pompe fermée, la pression d'arrivée d'air 1 bar.</p> 	<p>2-<b>Ouvrir</b> la vanne placée à l'avant de la pompe.</p> 	Préparation du circuit (alimentation de la bonbonne de l'azote avec de l'air)
<p>3-<b>Lever</b> le levier pour laisser passer la pression.</p> 	<p>4-<b>S'arrêter</b> quand le manomètre donne une valeur entre 0.4 bar et 0.5 bar. <b>Fermer</b> la vanne pour immobiliser et stabiliser la pression indiquée.</p> 	
<p>6-<b>Ouvrir</b> la vanne de la pompe pour laisser couler le liquide d'azote.</p> 	<p>7-<b>Fermer</b> la vanne une fois terminé.</p> 	Fin de poste
<p>7-<b>Ouvrir</b> la vanne située en avant de la pompe pour laisser évacuer la pression donnée et retourner à la valeur 0 bar. <b>La fermer</b> à la fin.</p> 		

Fig.6 : Mode opératoire de la pompe d'azote

Pour illustrer l'importance de ce pilier, voici, ci-dessous, un mode opératoire d'une nouvelle installation de l'équipement de la pompe d'azote afin faciliter la manipulation par les opérateurs.

Dans cette partie l'étude est faite à partir d'une analyse théorique préliminaire suivie d'une application illustratrice sur le logiciel SOLIDWORKS afin de bien maîtriser le schéma et le circuit pneumatique.

Pour cela j'ai bien réalisé le circuit sur le logiciel pour éclaircir le cheminement de l'air et le fonctionnement de la pompe focalisé sur l'absorption de l'azote liquide vers le haut.

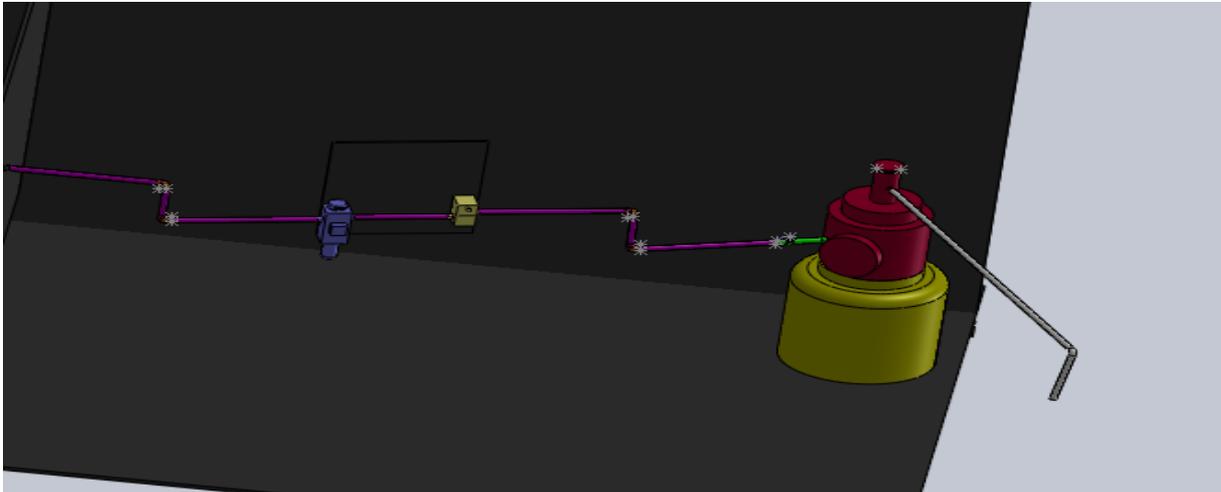


Fig.7 : Schématisation de l'installation

➤ Etude et analyse

✓ Généralité sur l'azote liquide

L'azote liquide est un liquide transparent qui a la particularité de bouillir à  $-196^{\circ}\text{C}$  à pression atmosphérique. Dans les conditions usuelles, le diazote sous forme liquide est donc nécessairement plus froid que cette température. Cette propriété fait de lui un fluide cryogénique très utilisé en biologie pour refroidir rapidement les tissus vivants.

Un liquide si froid s'évapore très rapidement à température ambiante, c'est pourquoi nous n'y sommes pas habitués. Afin de le conserver quelques heures, on le stock dans des récipients calorifugés (sur le principe des thermos à café).

Utilisation :

- Industrielle :
  - Liquide, il est utilisé comme fluide cryogénique,
  - Il sert à créer des atmosphères inertes afin de protéger des produits (sodium, aliments, composés organiques, vins par exemple), des objets ou des contenants (citernes) de l'oxydation, de la corrosion, des insectes, des champignons...
  - Traitement thermique de divers métaux,

- Automobile : le moulage par injection à assistance gazeuse requiert une teneur en azote de 98 à 99,9 % et des pressions comprises entre 10 bar et 200 bar,
- Transport pneumatique de charbon ou d'autres matériaux pulvérulents inflammables.
- Médicale :
  - N<sub>2</sub> est utilisé pour ajuster la composition des mélanges respiratoires dans les caissons de décompression ou les bouteilles de plongée sous-marine,
  - Conservation à basse température de tissus vivants et de cellules.
- Divers :  
Agent de lutte contre les incendies (allié à 50% d'argon et parfois avec du CO<sub>2</sub>).

Propriétés :

Le froid extrême de l'azote liquide en rend la manipulation très dangereuse, car il peut causer des brûlures très graves qui détruisent irrémédiablement la peau ou les yeux. Les professionnels qui l'utilisent doivent donc suivre une formation pour bien en connaître la réactivité et ainsi prendre des précautions appropriées. Si une goutte d'azote liquide entre en contact direct avec la peau, la chaleur de la peau provoquera un choc thermique, de sorte qu'une mince couche d'azote redeviendra instantanément gazeuse et la peau ne sera pas brûlée.

Toute substance occupe un plus grand volume à l'état gazeux qu'à l'état liquide. Ainsi, l'azote liquide qui tend à retrouver sa forme gazeuse sous l'effet de la chaleur ambiante génère une pression immense s'il est conservé dans un contenant hermétique. L'azote liquide, même une toute petite quantité, ne doit donc jamais être scellé car le contenant exploserait violemment. Les contenants spécialement conçus pour supporter cette pression immense sont appelés « dewars ».

-Il se liquéfie à  $T = -196^{\circ} \text{C}$  [77 K] ( $P = 1 \text{atm}$ ). C'est aussi le point d'ébullition de l'azote liquide.

-Le point de fusion de N<sub>2</sub> solide (azote congelé) est à  $-210^{\circ} \text{C}$  (63 K), et donc c'est aussi le point de solidification de l'azote liquide.

-Le point triple se situe à  $T = -210,1^{\circ} \text{C}$  (63,05 K) et Pression = 125,3 hPa (0,1253 bar), et se trouve bien inférieur à la pression atmosphérique ("normale" à 1013,25 hPa ou 1013 mbar), donc l'azote liquide et solide ne peuvent exister à cette pression et températures classiques sur Terre.

-Le Point Critique se situe à  $P_c = 3,4 \text{ MPa}$  (34 bar) et  $T_c = -147 \text{ °C}$  [126 K].

- Phase liquide :

- Masse volumique de la phase liquide (1013,25 hPa, au point d'ébullition) :  $808,607 \text{ kg m}^{-3}$
- Equivalent liquide/gaz (1013,25 hPa et  $15 \text{ °C}$ ) :  $1 \text{ m}^3$  d' $\text{O}_2$  liquide > 691  $\text{m}^3$  de gaz [818,834 kg]
- Point d'ébullition (1013,25 hPa) :  $-195,9 \text{ °C}$  (90 K)
- Chaleur latente de vaporisation (1013,25 hPa, au point d'ébullition de  $-195,9 \text{ °C}$ ) :  $198,38 \text{ kJ kg}^{-1}$

✓ Métaux appropriés

### Métaux

Aluminium	Satisfaisant
Laiton	Satisfaisant
Cuivre	Satisfaisant
Acier ferritiques	Satisfaisant
Acier inox	Satisfaisant

Tab.3: Métaux compatibles avec l'azote

### Plastiques

Polytétrafluoroéthylène	Satisfaisant
Polychlorotrifluoroéthylène	Satisfaisant
Polyflurure de vinylidène	Satisfaisant
Polyamide	Satisfaisant
polypropylène	Satisfaisant

Tab.4: Plastique compatible avec l'azote

## Elastomère

Isobutène-isoprène Buthyl	Satisfaisant
Nitrile	Satisfaisant
chloroprène	Satisfaisant
Chlorofluorocarbones	Satisfaisant
Silicone	Satisfaisant
Ethylène -Propylène	Satisfaisant

Tab.5: Elastomère compatible avec l'azote

### ➤ Solution

#### ✓ Composants essentiels de l'installation pneumatique

##### Lubrificateur :

Le lubrificateur est le système le plus simple qui permet une bonne lubrification des éléments d'un circuit pneumatique.

L'air qui traverse le lubrificateur rencontre la membrane interne qui obstrue le passage et pousse l'air à travers l'ensemble Venturi. L'intérieur du système Venturi est relié au dôme de visualisation qui en communication avec la cuve par l'intermédiaire d'un petit tuyau où on est interposé une aiguille de réglage.

Le chute de pression provoquée dans le système de Venturi crée un appel d'air à travers l'ensemble dôme tuyau jusqu'à la cuve où se trouve l'huile de lubrification. La quantité d'huile envoyée dans le circuit peut être modifiée par la vis de réglage située sur le dôme de visualisation.

##### Distributeur :

Les distributeurs pneumatiques sont des éléments de la chaîne d'énergie. Ils distribuent de l'air comprimé à partir d'un signal de commande.

✓ Application de l'installation sur SOLIDWORKS

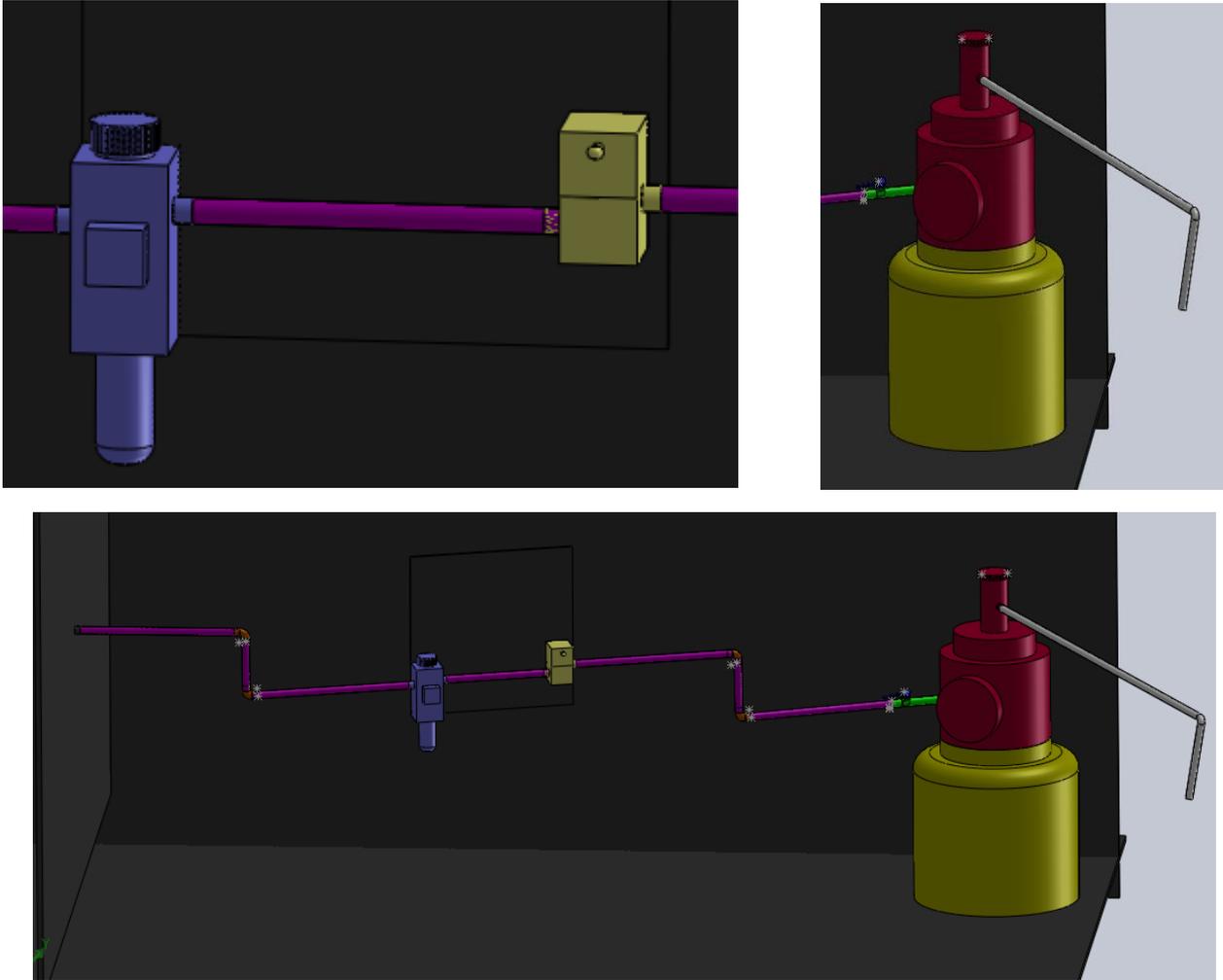


Fig.8 : Ensembles de l'installation

- *Pilier 6 : Maintenance de la qualité*

Le développement des quatre premiers piliers améliore la performance de production en supprimant les causes spéciales de dysfonctionnements. L'objectif du pilier 6 est de maîtriser la dispersion du processus, de rechercher, aux niveaux qualité, fiabilité, procédés, organisation, les conditions optimales garantissant une dispersion minimale et d'obtenir ainsi le zéro-défaut, le zéro-panne, le zéro-défaillance chronique, le zéro-« grain de sable ».

Cette recherche des conditions idéales rejoint la démarche 6 Sigma. Dans ce domaine, la TPM propose des outils innovants tels que l'analyse PM, la matrice QA, l'analyse 4M.

- *Pilier 7 : TPM dans les services fonctionnels ou TPM dans les bureaux*

Le développement de la TPM dans les services fonctionnels et la logistique est obtenu en développant trois piliers :

- La chasse aux pertes (externes et internes à ces services).
- La maintenance autonome réalisée en utilisant les compétences des employés pour mettre en évidence les anomalies relatives aux conditions de travail, à la redondance de certaines actions, à la qualité des informations traitées
- L'amélioration des compétences et du savoir-faire nécessaire au développement des deux premiers piliers.

L'application de la TPM dans les services fonctionnels nécessite la volonté de la direction et une certaine créativité. Son développement prouve au personnel de production et de maintenance que l'ensemble de l'entreprise est dans une démarche de progrès et à un effet boule de neige.

- *Pilier 8 : Maîtrise de la sécurité, des conditions de travail et respect de l'environnement*

Il ne peut y avoir performance industrielle s'il existe encore des accidents dans l'entreprise, si le travail est pénible, salissant, dangereux, et si l'activité de l'entreprise provoque une dégradation de l'environnement.

Les entreprises n'ont pas attendu la TPM pour prendre en compte ces problèmes, mais l'écoute du personnel, la rigueur, la standardisation, la suppression de l'imprévu dans les activités de production, le réflexe d'amélioration permanente contribuent à rendre naturelles ces préoccupations.

#### **III-4-L'état d'esprit créé par la TPM**

C'est celui-ci qui assurera la réussite de la démarche TPM. Nous avons évoqué dans la description des différents piliers les changements de comportements apportés dans la culture de l'entreprise ; rappelons-en les principaux :

- Être exigeant vis-à-vis de la qualité des ressources utilisées et des résultats obtenus. Ne plus accepter de défauts qualité, de pannes, de pertes, de machines en mauvais état, de problèmes récurrents.
- Faire preuve de rigueur, d'exigence, aller sur le terrain pour vérifier et analyser les problèmes.
- Dans le périmètre de ses connaissances et de ses moyens, chacun, du directeur à l'opérateur, doit avoir pour objectif l'amélioration permanente des ressources de production.
- Rechercher la suppression de la cause première tout en pensant respect des conditions de base et standardisation avant de vouloir améliorer.

Cet état d'esprit est créé par l'encadrement et la direction qui :

- sont eux-mêmes exigeants et rigoureux ;

- écoutent le personnel, le poussent à proposer des solutions et acceptent d'appliquer ces dernières ;
- S'appuient sur la communication visuelle ;
- reconnaissent la performance des employés en pensant que le bond en avant que l'on fait est parfois plus important que les chiffres ;
- mettent à profit chaque dysfonctionnement pour apprendre et trouver des améliorations.

### **III-5-Les conditions de réussite**

Le changement de culture obtenu est le garant de la réussite, mais, pour créer ces conditions, la direction doit :

- Intégrer la TPM dans la politique de l'entreprise à moyen terme ;
- Ne pas vouloir tout faire d'un seul coup (Kaizen) ;
- Définir et partager entre tous des objectifs de progrès permanent clairs et ambitieux ;
- Exiger la participation des services fonctionnels ;
- Accepter en tant qu'investissement :
  - d'arrêter les équipements pour retrouver leur état normal,
  - de libérer les opérateurs pour qu'ils se forment et travaillent en groupe,
  - d'établir une structure TPM permanente ;
- Être présente sur le terrain et montrer sa détermination, sa volonté, son esprit de suite et exiger rigueur et excellence à tous les niveaux de l'entreprise.

### **III-6-La pérennisation de la démarche**

L'intégration de la TPM dans la politique de l'entreprise à moyen terme est la base de sa pérennisation. Mais la mise en évidence des résultats financiers et opérationnels obtenus permettra de perpétuer la démarche et de consolider le changement de culture de l'entreprise.

Le choix d'objectifs de progrès permanents, l'implication de tous les services, l'obtention des prix PM sont aussi nécessaires.

Dans l'entreprise, les salariés évoluent, changent de poste, sont remplacés par de nouveaux embauchés ; la direction doit donc assurer de manière continue la sensibilisation, la formation et la capacité d'animation de la démarche.

**CHAPITRE IV : OPTIMISATION DES**  
**DURÉES DE PANNES DU PARC**  
**MACHINE DANS L'ENTREPRISE**

## **IV-1-PRESENTATION DU CAHIER DE CHARGE**

### **IV-1-1-Objectif**

Il est bien clair que dans toute entreprise soit au Maroc ou à l'étranger se trouve des difficultés et des problèmes en dépit de tous les plannings et les démarches qu'elle possède.

Et cela représente la clé de réussite et du progrès. En fait la manipulation et la résolution des problèmes confrontés dans une entreprise est bien évidemment un indice de sa capacité et sa forte puissance de mettre sa valeur dans le marché.

Pour avoir cette valeur, l'entreprise dans laquelle j'ai effectué mon stage de projet de fin d'études m'a proposée comme sujet <<Réduction des heures de pannes avec optimisation du planning de la maintenance >>, afin d'augmenter sa production en tenant compte de la maintenabilité de ses machines et leurs fiabilités.

### **IV-1-2-Travail demandé**

La réduction des heures de pannes est une idée commune pour plusieurs entreprises. Par conséquent au sein du groupe MECACHROME et surtout dans le site MK-AERO vu les anciens rapports de maintenance, l'entreprise a pour but de diminuer et décroître le nombre des heures de pannes des machines utilisées.

Pour en arriver je me suis chargée d'y faire une étude analysée des différents facteurs agissant sur ce problème afin d'aboutir à une résolution bien efficace et bien fiable.

En effet le rapport de l'année 2015 donne le chiffre 230 comme nombre d'heures de pannes des machines dans l'usine. Et après une réunion avec le directeur de maintenance ce nombre devra être diminué et atteindre la valeur 90 heures comme moyenne.

### **IV-1-3-Inventaire des machines**

L'usine de MK-AERO possède actuellement sept machines d'usinage. Elles seront présentées dans le tableau suivant :

**Machine****Nomenclature****Fraises**

VTC 30C N°050506

FH 580 N°050130

FH 580 N°050182

VTC300 N°050233

VTC 30C N°050529

VTC 820 N°050508

SVC2000L N°050531

Tab.6 : Nomenclature des machines

**Remarque**

La machine SVC2000L N°050531 ne sera pas traitée dans mon projet puisque elle est neuve et n'est pas tombée en panne.

**IV-2-Etude et analyse de l'état actuel****IV-2-1-Diagramme causes-effets 'ISHIKAWA'**

Il s'agit d'une représentation arborescente des liaisons significatives entre un résultat, l'effet, et les multiples causes susceptibles d'en être à l'origine.

Cette méthode de est une méthode de créativité mettant en évidence l'ensemble des causes possibles d'un problème (d'un « effet ») et de dégager les plus probables. Elle donne une représentation claire et visible par tout le monde, grâce à un classement par familles et sous-familles, sous forme d'un diagramme dit « de causes à effet » appelé aussi « diagramme d'Ishikawa » du nom de son inventeur.

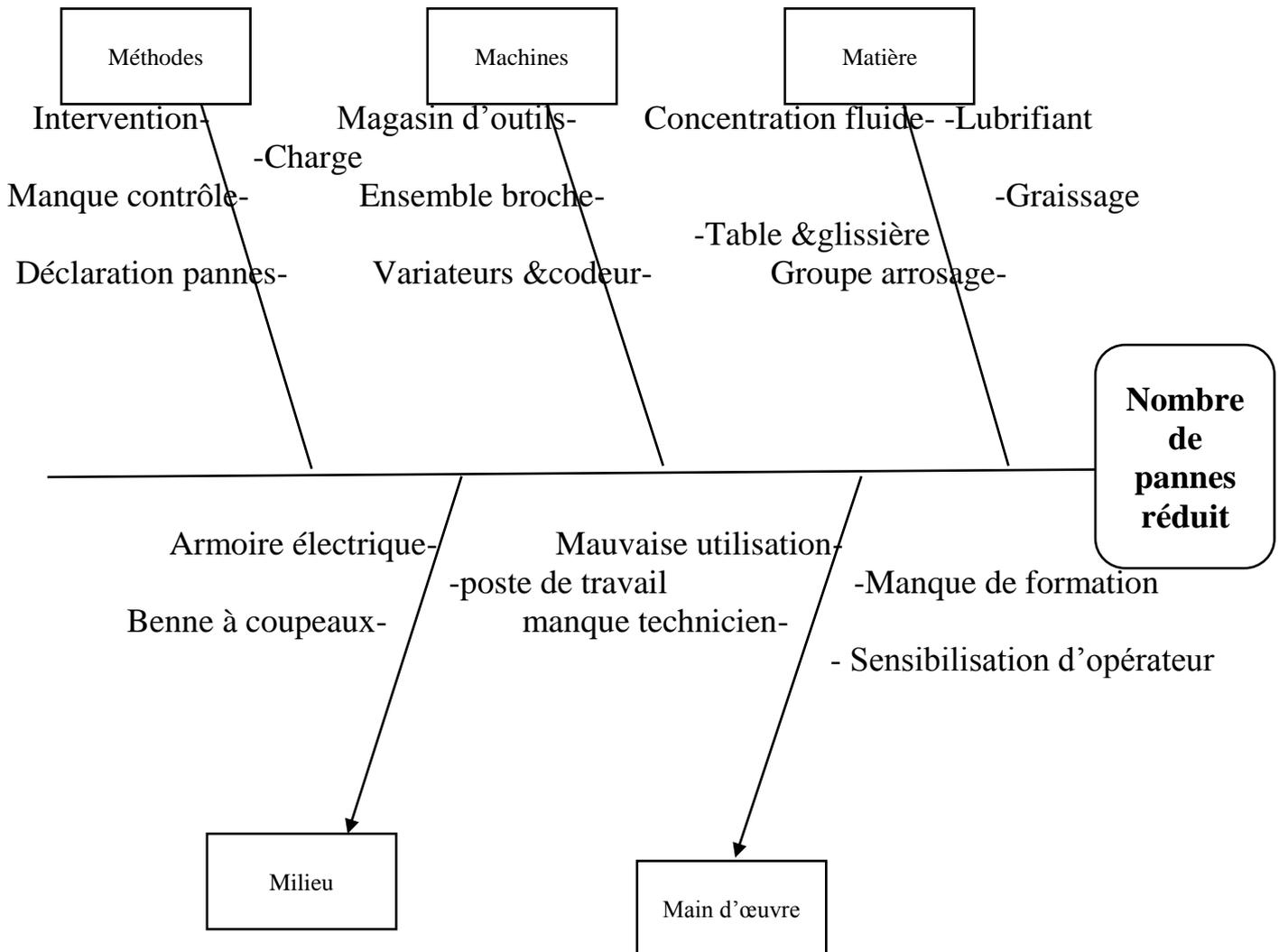


Fig.9: Arrête de Poisson

## IV-2-2-Analyse Q-Q-O-Q-C-P

### IV-2-2-1-Ouoi ? Oui ? Où ? Quand ? Comment ?

Qu'il s'agisse d'analyser une défaillance, d'organiser un poste de travail, la logistique des flux, la conduite d'une réunion, une procédure administrative, ... l'emploi rigoureux de cette démarche contribue incontestablement à mettre en œuvre les conditions optimales de performance.

Simplicité et rigueur sont des conditions essentielles à la réussite.

- Quoi ? Pourquoi ?
- Qui ? Pourquoi ?
- Où ? Pourquoi ?
- Quand ? Pourquoi ?
- Comment ? Pourquoi ?

La méthode consiste à répondre systématiquement aux questions :

- QUI est concerné, responsable, avec quel niveau de formation ou de compétence, etc. (caractéristiques, nombre...) ?
- de QUOI s'agit-il, de quel(s) objet(s), de quelle(s) action(s), etc. (objet, nature, quantité, etc.) ?
- OÙ ? Lieu, distance, etc. ?
- QUAND ? À quel moment, fréquence, combien de temps, etc. ?
- COMMENT réaliser ? (matériel, équipement, moyens nécessaires, etc.)
- POURQUOI réaliser une telle action, etc. ?

### IV-2-2-2-Application

\*QUOI ? C'est quoi le problème ?

→ Le problème est intitulé de la réduction des heures de panne avec optimisation du planning de maintenance. Le problème d'augmentation des heures de pannes pourra toujours avoir de mauvais impacts sur la gestion de production et la gestion de stock ainsi que la gestion de qualité, par conséquent il est préférable d'analyser ce problème et d'aboutir à des solutions bien raisonnables et moins coûteuses.

\*QUI ? Qui a causé le problème ? Quels sont les facteurs agissant sur la durée des pannes et sa diminution ou augmentation ?

→ Le problème d'augmentation des heures de pannes est courant dans toutes les entreprises, en fait il y a plusieurs facteurs agissant sur ce point mais je vais me

contenter d'en citer les plus affectants à savoir : les pannes soudaines des machines, la mauvaise utilisation par les opérateurs et la surcharge de la production.

\*QUAND ? Quand est-ce qu'il faut réduire la durée des heures de pannes ?

→ Vue la complexité des machines et du travail il est bien évident que les heures de pannes soient élevées mais quand il s'agit d'autres inter acteurs voire d'autres causes hors des ensembles mécaniques, il faut bien agir et travailler pour les réduire.

\*COMMENT ? Comment faire pour arriver à résoudre le problème et décroître donc le nombre des heures de pannes ?

→ Avant toute problématique, de prime abord nous sommes censés de bien détailler les causes et les défauts signalés afin d'éliminer successivement les moins dangereux et les corriger pour se focaliser sur les plus complexes et les réduire à leurs tours.

\*Où? Où se trouve la situation la plus dure dans le problème ?

→ La partie la plus compliquée dans n'importe quelle situation se trouve dans les outils d'initiation et le point de départ malgré sa facilité.

#### IV-2-2-3-Conclusion

Le QQQQCP (Qui, Quoi, Où, Quand, Comment, Pourquoi) est un moyen très simple pour analyser aussi complètement que possible un sujet donné ou remettre en cause une situation.

- analyser une activité, un problème
- faire une recherche des causes d'un problème, de ses solutions
- préparer un plan d'action
- décrire une situation

Donc d'après avoir bien analysé les questions demandées, il s'avère très importants travailler sur la formation des opérateurs et des employés ainsi que sur la collaboration entre les différents départements de l'entreprise.

#### IV-2-3-Analyse PARETO

##### IV-2-3-1-Introduction

Les diagrammes de Pareto permettent de dégager les priorités qui permettent à la fois d'augmenter la fiabilité d'une machine (réduction du nombre de ses arrêts), sa maintenabilité (Réduction du TTR) ainsi que sa disponibilité.

Pour un ensemble donné, on recense et on codifie les types de pannes qui apparaissent

Le dépouillement des historiques permet de déterminer :

- le nombre  $n$  de défaillances enregistrées par type de défaut
- les durées d'intervention  $t$  (TA ou TTR) suite à ces défaillances.

On note :

$t$ =le temps moyen de réparation

$n$ =nombre de pannes

$n.t$ = temps total d'arrêts

On trace alors les trois graphes de Pareto portant en abscisse le numéro du type de défaillances et en ordonnée :  $n$ ,  $t$  puis  $n.t$

#### IV-2-3-2-Interprétation

Il apparaît trois zones dans la courbe :

- Zone A : on constate qu'environ 20 % des pannes représente 80 % des coûts, ceci constitue une zone de priorités.
- Zone B : dans cette tranche, les 30 % de pannes suivantes ne coûtent que 15 % des coûts
- Zone C : les 50 % de pannes restantes ne reviennent qu'à 5 % des coûts.

Les résultats obtenus permettent de prendre des décisions en matière de maintenance :

- \_ On se préoccupe davantage des éléments (pannes) de la zone A. On organise pour ces éléments une politique préventive systématique ou préventive conditionnelle avec une surveillance permanente des points clefs.
- on améliore la fiabilité de ces machines
- on prévoit des stocks de pièces de rechange avec une meilleure gestion.

#### IV-2-3-3-Application

- Indicateur de fiabilité

Ci-dessous le tableau récapitulant toutes les pannes, de toutes les machines, causées en 2015.

Numéro de machine	Nombre de panne	Cumul nombre de panne	%Cumulé des nombres de pannes
506	9	9	25.71%
233	7	16	45.71%
529	7	23	65.71%
130	7	30	85.71%
182	4	34	97.14%
508	1	35	100%

Tab.7: Historique des pannes

- Grappe en n

L'objectif étant de diminuer le nombre de défaillances par type de défaut, ce graphe nous oriente vers l'amélioration de la fiabilité.

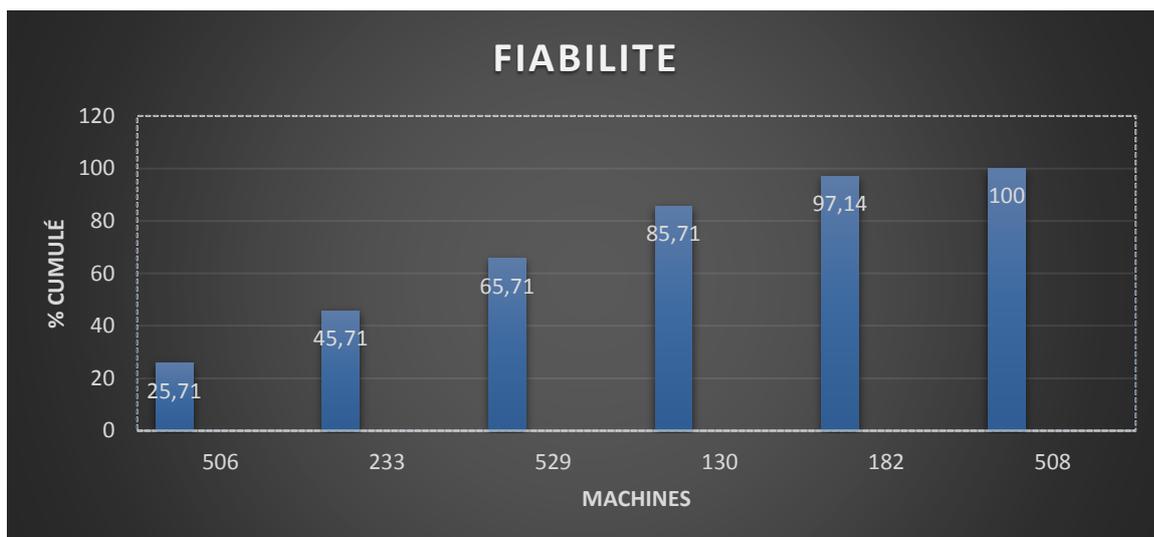


Fig.10: Diagramme Pareto (Grappe de fiabilité)

- Interprétation

D'après le diagramme la région qui constitue une zone de priorité est celle qui comporte les machines suivantes : 506, 233 et 529.

Donc C'est au niveau de ce type de machines qu'il faudra agir pour améliorer la fiabilité.

-Les actions envisageables sont :

- \* modification technique (qualité des composants)
- \*consignes de conduites
- \*surveillance accrue (rondes)

- Indicateur de maintenabilité

Ci-dessous le tableau récapitulant toutes les heures d'arrêts, de toutes les machines causées en 2015.

Numéro de machine	Nb heures d'arrêt	Cumul heures d'arrêt	% des heures cumulées
233	857.25	857.25	55.94%
182	201.56	1058.81	69.09%
130	199.03	1257.84	82.07%
506	139.75	1397.59	91.20%
508	99.5	1497.09	97.69%
529	35.33	1532.42	100%

Tab.8: Historique des arrêts

- Grappe en t

L'objectif ici étant de diminuer le temps moyen d'intervention sur les machines, ce graphe nous oriente vers l'amélioration de la maintenabilité.

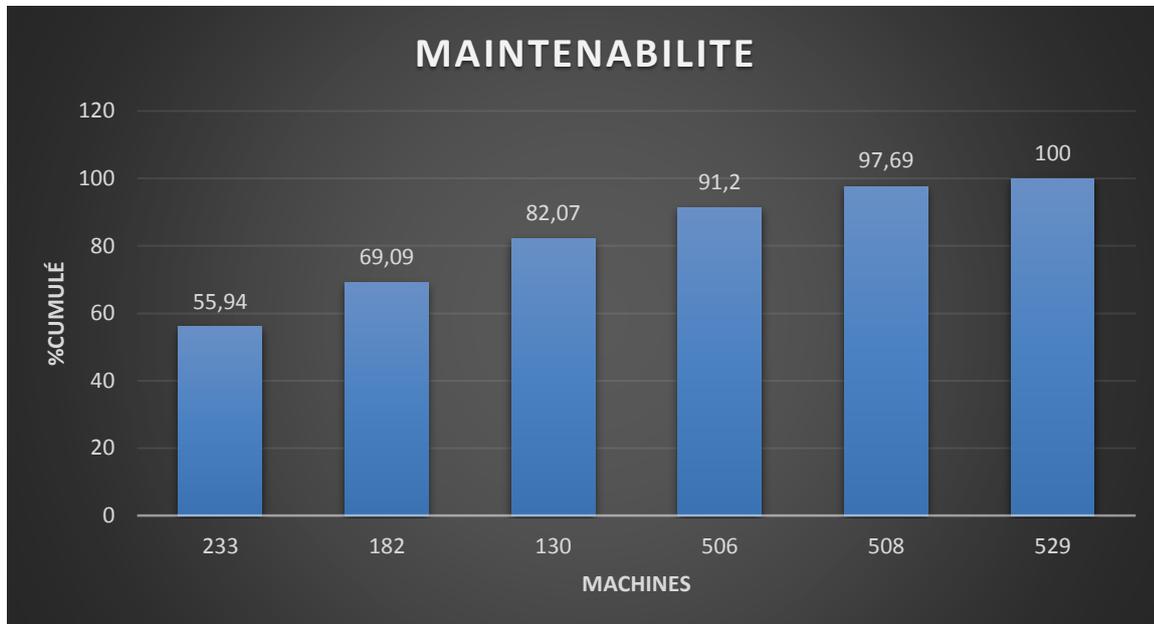


Fig.11: Diagramme Pareto (Grappe de maintenabilité)

- Interprétation

On est en présence d'un diagramme de Pareto quasiment linéaire. Ceci est synonyme de l'inexistence de priorité particulière d'action au niveau de la maintenabilité. Toutes les machines se valent au niveau du temps moyen de réparation.

- Indicateur de disponibilité

Ci-dessous le tableau récapitulant le total des heures de pannes, de toutes les machines, causées en 2015.

Machines	t	n	n.t	n.t cumulé	% cumulé
233	857.25	9	7715.25	7715.25	64.66%
182	201.56	7	1410.92	9126.17	76.49%
130	199.03	7	1393.21	10519.38	88.16%
506	139.75	7	978.25	11497.63	96.30%
508	99.5	4	398	11895.63	99.70%
529	35.33	1	35.33	11930.96	100%

Tab.9: Historique du temps total des arrêts

- Grappe en n.t

L'objectif pour une machine est d'augmenter sa disponibilité, c'est-à-dire de minimiser ses temps d'arrêt total, ce graphe est un indicateur de la disponibilité.

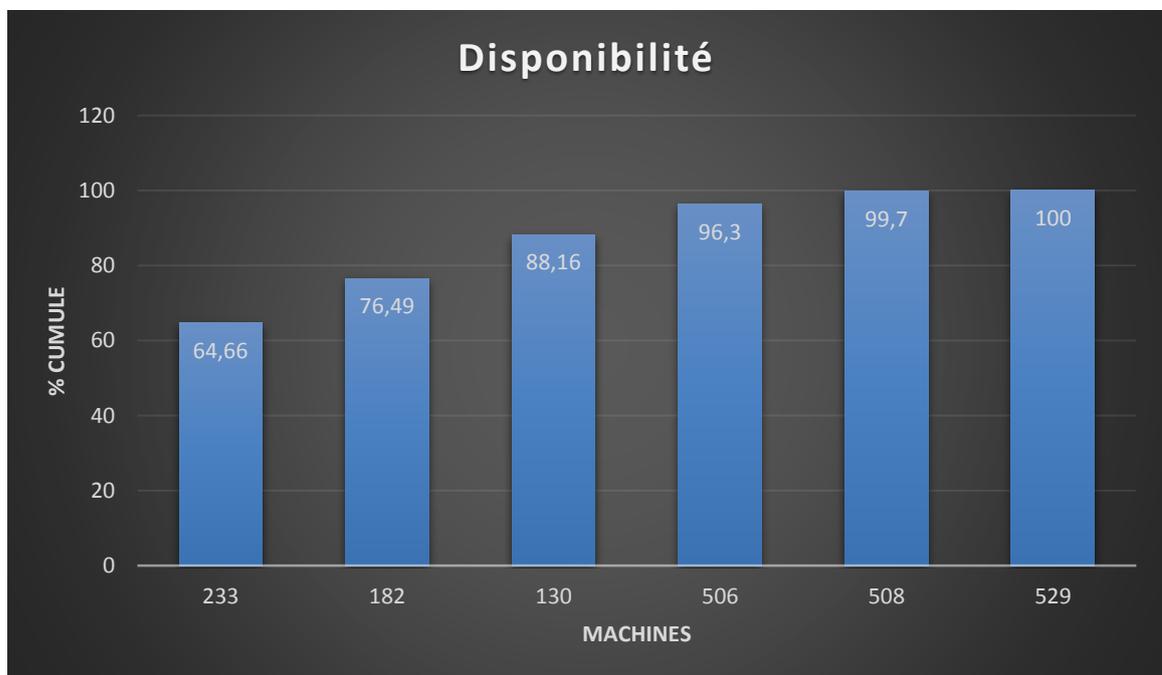


Fig.12: Diagramme Pareto (Grappe de disponibilité)

- Interprétation

Selon le graphe on constate que la machine 233 est la plus touchée au niveau de sa disponibilité. Elle est suivie de la machine 182.

- Synthèse

Cette étude nous a permis de mettre en évidence le caractère multicritères du diagramme de Pareto, ainsi on constate que selon le critère adopté les priorités d'action différent :

- Au niveau de la fiabilité ce sont les machines 506, 233 et 529 ;
- Au niveau de la maintenabilité, aucune priorité ne s'est dégagée. Toutes les machines se valent.
- Au niveau de la disponibilité ce sont les machines 233 et 182.

Par conséquent les résultats obtenus nous poussent à analyser et chercher les causes de ce pourcentage élevé d'arrêts des machines à savoir : 506, 233, 529 et 182.

Dans l'intérêt de décortiquer les modes des défaillances des machines, on propose d'appliquer la méthode AMDEC, pour remettre en cause les unités les plus critiques de cette chaine pour assurer le bon fonctionnement de son mécanisme.

#### IV-2-4-Analyse AMDEC

##### IV-2-4-1-Définition de l'AMDEC

L'AMDEC est une méthode d'analyse prévisionnelle de la fiabilité qui permet de recenser les défaillances potentielles dont les conséquences affectent le bon fonctionnement du moyen de production ou du bien d'équipement étudié, puis d'estimer les risques liés à l'apparition de ces défaillances, afin d'engager les actions correctives à apporter lors de la conception, de la réalisation ou de l'exploitation (production, maintenance) du moyen.

L'AMDEC est une méthode inductive qui s'applique à tous les systèmes risquant de ne pas tenir les objectifs de fiabilité, maintenabilité, qualité du produit fabriqué et sécurité.

On différencie plusieurs types d'AMDEC réalisées lors des phases successives de développement du produit.

On définit principalement :

- *L'AMDEC PRODUIT*

Analyse de la conception d'un produit pour améliorer la qualité et la fiabilité de celui-ci.

- *L'AMDEC PROCESSUS*

Analyse des opérations de productions pour améliorer la qualité de fabrication du produit

- *L'AMDEC MACHINE*

Analyse de la conception et/ou l'exploitation d'un moyen ou équipement de production pour améliorer la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité et la sécurité de celui-ci.

L'AMDEC repose sur l'évaluation de la criticité à partir de la probabilité d'occurrence de la défaillance, de sa gravité et de la probabilité de non détection du défaut. Elle permet de hiérarchiser les actions correctives à entreprendre, et sert de critère pour le suivi de la fiabilité prévisionnelle de l'équipement.

#### *IV-2-4-2- DEMARCHE DE L'ETUDE AMDEC*

Les équipements déterminés dans le chapitre posent actuellement de sérieux problèmes au niveau de la maintenance. Dans le but d'analyser tous les modes de défaillance possibles de ces équipements et de remonter aux sources d'anomalies susceptibles de conduire à ces modes de défaillances, ainsi pour faciliter le diagnostic et aider par la suite à définir un plan d'action, nous proposons de faire une étude AMDEC, La démarche générale retenue dans ce rapport pour cette étude compte quatre étapes successives, soit en total neuf opérations :

### **Etape I : Initialisation**

### **Etape II : Décomposition fonctionnelle**

### **Etape III : Analyse AMDEC**

- Identification des modes de défaillance ;
- Recherche des causes et des effets ;
- Evaluation de la criticité ;
- Hiérarchisation de défaillances ;
- Recherches des actions correctives ;

### **Etape IV : Synthèse**

- Liste des points critiques ;
- Recommandations.

- **Echelle de cotation**

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

En effet, l'échelle de cotation est basée principalement sur le temps d'indisponibilité ainsi que le nombre de défaillances des équipements. Elle est aussi le fruit de nombreuses discussions menées avec le personnel du service maintenance draglines et sondeuses.

#### **Grille de l'échelle de la fréquence**

<b>Niveaux</b>	<b>Définition</b>
Fréquence très faible 1	Défaillance rare : moins d'une défaillance par an
Fréquence faible 2	Défaillance possible : entre une et trois défaillances par six mois
Fréquence moyenne 3	Défaillance très possible : entre 3 et 6 par six mois.
Fréquence forte 4	Défaillance fréquente : plus qu'une défaillance par moi

Tab.10 : Echelle de la fréquence

### Grille de l'échelle de la gravité

Niveaux	Définition
Gravité mineure 1	Arrêt de production : 10min
Gravité significative 2	10min < arrêt de production < 20min
Gravité moyenne 3	20min ≤ arrêt de production ≤ 45min
Gravité majeure 4	arrêt de production > 45min

Tab.11 : Echelle de la gravité

### Grille de l'échelle de non détection

Niveaux	Définition
Détection évidente 1	Visite par opérateur
Détection possible 2	Détection aisée par un agent de maintenance
Détection improbable 3	Détection difficile
Détection impossible 4	Indécelable

Tab.12: Echelle de détection

#### Remarque

Nous commençons d'abord par définir la criticité plane CG×O selon le double critère de gravité et de la probabilité d'occurrence de la défaillance .la probabilité de non détection va nous servir à classer les éléments se trouvant au même niveau de criticité plane. Le chiffrage de criticité va nous permettre de hiérarchiser les modes de défaillance, donc de choisir les priorités.

La grille d'évaluation de la criticité plane CG×O est présentée dans le tableau suivant :

### Grille de la criticité

G \ O	1	2	3	4
1	1	1	2	3
2	1	2	2	3
3	2	2	2	3
4	4	4	4	5

Tab.13: Echelle de la criticité

#### IV-2-4-3- Application

##### IV-2-4-3-1- Machine VTC 30C N°050506

### **Etape III : Analyse AMDEC**

- Identification des modes de défaillances

La liste des défauts signalés sur la machines sont :

- Bruit et vibration au niveau de la broche.
- Lardon cassé.
- Mal fonctionnement du contrôleur broche.
- Pression d'air basse.
- Mauvais serrage du connecteur.
- Variateur endommagé.
- Variateur et codeur.
- Anomalie au niveau de la pression d'huile de la glissière.
- Desserrage outil.

- Recherche des causes

Il s'agit dans cette étape de chercher les causes possibles de défaillance pour chaque mode de défaillance identifié.

- Tableau d'analyse AMDEC

Ci-dessous le tableau qui résume les composants étudiés avec leurs modes de défaillances, leurs causes et leurs effets.

<u>R</u>	<u>Composant</u>	<u>Mode de défaillance</u>	<u>Causes</u>	<u>Effets</u>	<u>G</u>	<u>D</u>	<u>F</u>	<u>C</u>
1	Lardon	Cassé	Mauvaise utilisation	Orientation et direction	3	1	2	1
2	Variateurs de vitesse	Mauvais contact connecteur	Serrage connecteur	Connectivité câble variateur /codeur	4	3	3	4
3	Connecteur	Usure	Fixation connecteur variateur	Axe / diviseur	4	2	3	4
4	Carte électronique	Court-circuit	Relais	Pression huile glissière	3	2	3	2
5	Moteur broche	Vibration et bruit	Flasque moteur	Jeu du flasque moteur	3	3	2	2
6	Compresseur	Basse pression	Usure	Débit du circuit	2	1	1	1
7	Contrôleur broche	Profondeur de coupe épaisse	Programmation	Pièce	3	2	2	2
8	Codeur	Programmation	Programmation	pièce	2	1	2	2
9	Chargeur d'outil	Mauvais positionnement	Ressort cassé	Magasin d'outil	3	3	3	2

Tab.14 : AMDEC de la machine 506

- Résultats d'analyse

Dans la grille de criticité, nous plaçons le repère de chaque mode de défaillance dans la case correspondante à sa résultante vectorielle  $G \times O$ .

Le résultat d'analyse est présenté dans le tableau suivant :

<b>G \ O</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>1</b>				
<b>2</b>	6	8		
<b>3</b>		1-5-7	4-9	
<b>4</b>			2-3	

Tab.1 Valeur criticité

Remarque

D'après le tableau, il y a des éléments qui sont situés dans la même case, ils sont donc au même niveau de criticité plane. La hiérarchisation à l'intérieur de cette case se fait par le biais du non détection. Je vais donc classer les éléments qui se trouvent dans la même case en termes de non détection.

**Mode de défaillance**

**Détection**

1	1
5	3
7	2

Tab.16 : Ordre des modes de défaillances-506-

<b>Mode De défaillance</b>	<b>Détection</b>
----------------------------	------------------

4	2
---	---

9	3
---	---

Tab.17: Ordre des modes de défaillances-506-

<b>Mode de défaillance</b>	<b>Détection</b>
----------------------------	------------------

2	3
---	---

3	2
---	---

Tab.18 : Ordre des modes de défaillances-506-

- [Hiérarchisation des défaillances](#)

Nous aboutissons donc au classement final par ordre de priorité à la maintenance récapitulé dans le tableau.

<b>Ordre de priorité à la maintenance</b>	<b>Mode de défaillance</b>
---	----------------------------

1	2
---	---

2	3
---	---

3	9
---	---

4	4
---	---

5	5
---	---

6	7
---	---

7	1
---	---

8	8
---	---

9	6
---	---

Tab.19: Hiérarchisation des défaillances-506-

IV-2-4-3-2-Machine VTC300 N°050233

**Etape III : Analyse AMDEC**

- Identification des modes de défaillances

La liste des défauts signalés sur la machines sont :

- Huile de la glissière insuffisante.
- Mal fonctionnement d'huile de la glissière.
- Mal fonctionnement de la vitesse de la broche.
- Mal fonctionnement du contrôleur de la broche.

- Recherche des causes

Il s'agit dans cette étape de chercher les causes possibles de défaillance pour chaque mode de défaillance identifié.

- Tableau d'analyse AMDEC

Ci-dessous le tableau qui résume les composants étudiés avec leurs modes de défaillances, leurs causes et leurs effets.

R	Composant	Mode de défaillance	Causes	Effets	G	D	F	C
1	Circuit d'huile	Tuyau endommagé	Usure	Huile glissière	3	1	3	2
2		Fuite d'huile			3	2	2	2
3	Moteur broche	Vibration bruit	et Flasque moteur	Jeu du flasque moteur	3	2	3	2
4	Contrôleur broche	Profondeur coupe épaisse	de programmation	Pièce	2	1	2	2



Mode de défaillance	Détection
1	2
3	1

Tab.22: Ordre des modes de défaillances-233-

Mode de défaillance	Détection
2	2
5	2

Tab.23: Ordre des modes de défaillances-233-

- [Hiérarchisation des défaillances](#)

Nous aboutissons donc au classement final par ordre de priorité à la maintenance récapitulé dans le tableau

Ordre de priorité	Mode de défaillance
1	3
2	1
3	5
4	2
5	4

Tab.24: Hiérarchisation des défaillances-233-

#### [IV-2-4-3-3-Machine VTC 30C N°050529](#)

### **Etape III : Analyse AMDEC**

- [Indentification des modes de défaillances](#)

La liste des défauts signalés sur la machines sont :

- Mal fonctionnement du variateur.
- Mal fonctionnement du contrôleur de la broche
- Fuite d'huile de la glissière.
- endommagement du disjoncteur thermique.
- endommagement du capteur vérin.

- Recherche des causes

Il s'agit dans cette étape de chercher les causes possibles de défaillance pour chaque mode de défaillance identifié.

- Tableau d'analyse AMDEC

Ci-dessous le tableau qui résume les composants étudiés avec leurs modes de défaillances, leurs causes et leurs effets.

<u>R</u>	<u>Composant</u>	<u>Mode de défaillance</u>	<u>Causes</u>	<u>Effets</u>	<u>G</u>	<u>D</u>	<u>F</u>	<u>C</u>
1	Disjoncteur thermique	Endommagement	Ventilateur en CC	Broche	2	2	2	2
2	Connecteur	Mal fonctionnement	Alimentation	Zone de séparation	2	2	1	1
3	Capteur vérin	Pompe défaillante	Usure	Capteur de pression	3	3	2	2
4	Circuit d'huile	Fuite d'huile	Raccord cassé	Huile glissière	3	2	3	2
5	Contrôleur broche	Profondeur de coupe épaisse	Programmation	pièce	2	1	2	2
6	Variateur	Mesure de l'isolation du moteur	Gestion de C.N	Carte électronique	3	4	2	2

Tab.25 : AMDEC de la machine-529-

- Résultats d'analyse

Dans la grille de criticité, nous plaçons le repère de chaque mode de défaillance dans la case correspondante à sa résultante vectorielle  $G \times O$ .

Le résultat d'analyse est présenté dans le tableau suivant :

<b>G \ O</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>			
<b>1</b>		1	1	2	3		
<b>2</b>	2	1	1-5	2	2	3	
<b>3</b>		2	3-6	2	4	2	3
<b>4</b>		4	4	4	4	4	5

Tab.26: Valeurs de criticité-529-

Remarque

D'après le tableau, il y a des éléments qui sont situés dans la même case, ils sont donc au même niveau de criticité plane. La hiérarchisation à l'intérieur de cette case se fait par le biais de non détection. Je vais donc classer les éléments qui se trouvent dans la même case en termes de non détection.

<b>Mode de défaillance</b>	<b>Ordre Détection (décroissant)</b>
1	1
5	2

Tab.27: Ordre des modes de défaillances-529-

<b>Mode de défaillance</b>	<b>Détection</b>
3	2
6	1

Tab.28 : Ordre des modes de défaillances-529-

- [Hiérarchisation des défaillances](#)

Ordre de priorité	Mode de défaillance
1	4
2	6
3	3
4	1
5	5
6	2

Tab.29: Hiérarchisation des défaillances-529-

[IV-2-4-3-4-Machine FH 580 N°050182](#)

**Etape III : Analyse AMDEC**

- [Indentification des modes de défaillances](#)

La liste des défauts signalés sur la machines sont :

- Manque de lubrification de la broche.
- Amplificateur défaillant.
- Pompe défaillante.

- [Recherche des causes](#)

Il s'agit dans cette étape de chercher les causes possibles de défaillance pour chaque mode de défaillance identifié.

- [Tableau d'analyse AMDEC](#)

Ci-dessous le tableau qui résume les composants étudiés avec leurs modes de défaillances, leurs causes et leurs effets.

R	Composant	Mode de défaillance	Causes	Effets	G	D	F	C
1	Groupe de refroidissement de la broche	Lubrification malfaisante	Usure	Pression	3	1	2	2
2	Table	Court-circuit variateur	Amplificateur défaillant	Codeur /variateur	3	3	2	2
3	Pompe de refroidissement	Basse pression	Usure-filtre d'aspiration défaillant	Débit et fluidité	3	2	3	2

Tab.30: AMDEC de la machine-182-

- [Résultats d'analyse](#)
- Dans la grille de criticité, nous plaçons le repère de chaque mode de défaillance dans la case correspondante à sa résultante vectorielle  $G \times O$ . Le résultat d'analyse est présenté dans le tableau suivant

G \ O	1	2	3	4
1	1	1	2	3
2	1	2	2	3
3	2	1-2	3	3
4	4	4	4	5

Tab.31: Valeurs de criticité-182-

Remarque

D'après le tableau, il y a des éléments qui sont situés dans la même case, ils sont donc au même niveau de criticité plane. la hiérarchisation à l'intérieur de cette case se fait par le biais de non détection. Je vais donc classer les éléments qui se trouvent dans la même case en termes de non détection.

<b>Mode de défaillance</b>	<b>Détection</b>
1	2
2	1

Tab.32: Ordre des modes de défaillance-182-

- Hiérarchisation des défaillances

<b>Ordre de priorité</b>	<b>Mode de défaillance</b>
1	3
2	2
3	1

Tab.33: Hiérarchisation des défaillances-182-

## **CHAPITRE V : PLAN D'ACTION**

## **V-1-INTRODUCTION**

L'application de l'analyse AMDEC pour l'étude des équipements présentés dans le chapitre précédent, nous a permis de mettre en évidence les modes, les causes, et les effets des défaillances de ces sous-ensembles.

Ainsi, pour diminuer le niveau de criticité de chaque combinaison cause-mode-effet, nous allons proposer des actions correctives et préventives dans le but de dresser un plan d'action détaillé pour les défaillances les plus critiques pour développer la maintenance planifiée.

Dans ce chapitre, nous allons proposer des actions qui peuvent être des moyens, dispositifs ou procédures permettant la diminution de la valeur d'un ou de plusieurs niveaux : fréquence, gravité, probabilité de non détection et par suite la réduction de la criticité.

## **V-2-Plan d'action de la machine 506**

<b>Repère</b>	<b>Mode de défaillance</b>	<b>Criticité</b>	<b>Actions</b>
1	Lardon cassé	(3,2) 1	-Vérification et changement du lardon. -Contrôle de l'orientation et fixation si nécessaire.
2	Mauvais contact du variateur et le connecteur	(4,3) 4	-Changement du codeur. -Vérifier de la connectivité du câble variateur /codeur.
3	Usure au niveau des câbles	(4,3) 4	-Changement du codeur. -Fixation du connecteur par rapport au variateur.
4	Court-circuit au niveau de la carte électronique	(3,3) 2	-Changement des relais. -Relais HS dans la carte AP102.

5	Vibration anormale du moteur broche	(3,2) 2	-Dépanner le flasque moteur.
6	Compresseur en panne	(2,1) 1	-Changement du compresseur.
7	Mal fonctionnement du contrôleur broche	(3,2) 2	-Vérification du programme et modification.
8	Mal fonctionnement du codeur	(2,2) 2	-Inspection sur le connecteur. -Nettoyage du câble variateur/codeur.
9	Mauvais positionnement du chargeur d'outil	(3,3) 2	-Changement du codeur.

Tab.34: Plan d'action de la machine 506

### **V-3-Plan d'action de la machine 233**

<b>Repère</b>	<b>Mode de défaillance</b>	<b>Criticité</b>	<b>Actions</b>
1	Tuyau endommagé	(3,3) 2	-Changement du tuyau.
2	Fuite d'huile	(3,3) 2	-Réparation du circuit d'huile.
3	Vibration et bruit du moteur de la broche	(3,3) 2	-Réglages des signaux.
4	Profondeur de coupe épaisse (contrôleur de broche)	(2,2) 2	-Modifier l'isolement de la bobine.
5	Usure au niveau du variateur	(3,3) 2	-Changement du codeur.

Tab.35: Plan d'action de la machine 233

#### **V-4-Plan d'action de la machine 529**

<b>Repère</b>	<b>Mode de défaillance</b>	<b>Criticité</b>	<b>Actions</b>
1	Endommagement du disjoncteur thermique	(2,2) 2	-Changement du ventilateur de la broche.
2	Mal fonctionnement du connecteur	(2,1) 1	-
3	Pompe défaillante	(3,2) 2	-Changement des capteurs vérins.
4	Fuite d'huile	(3,3) 2	-Installation de nouveaux raccords.
5	Profondeur épaisse (contrôleur broche)	(2,2) 2	-Modification au niveau des programmes.
6	Isolation moteur	(3,2) 2	-Vérification du codeur. -Mesure de l'isolement du moteur. -Contrôler le frein moteur.

Tab.36: Plan d'action de la machine 529

#### **V-5-Plan d'action de la machine 182**

<b>Repère</b>	<b>Mode de défaillance</b>	<b>Criticité</b>	<b>Actions</b>
1	Mal faisances de lubrification	(3,2) 2	-Vérification de la pression.
2	Court-circuit	(3,2) 2	-Mesure de l'isolement du moteur.

3

Basse pression

(3,3) 2

-Réglage du capteur pression.  
-Changement de la pompe.

Tab.37: Plan d'action de la machine 182

## **V-6-SYNTHESE**

### **VI-6-1-Objectif**

Cette étape consiste à effectuer un bilan de l'étude et à fournir les éléments permettant de définir et lancer, en toute connaissance de causes et des effets, les actions de maintenance à effectuer pour prévenir les défaillances des équipements jugés les plus critiques.

### **VI-6-2-Listes des points critiques**

Cette liste permet de recenser les points faibles de toutes les machines, nécessitant une surveillance particulière :

- [La machine 506](#)

-Variateurs et son branchement.

- [Les machines 233 & 529](#)

-Le circuit d'huile et fuite d'huile.

- Liste de recommandations

Cette liste permet de recenser pour chaque point critique les actions préconisées permettant sa surveillance :

<b>Elément</b>	<b>Action préventive conditionnelle</b>
Variateurs et son branchement	-Mesure de la connectivité du câble variateur /codeur. -Changement du codeur. -Fixation du connecteur par rapport au variateur.
Fuite d'huile	-Installation de nouveaux raccords. -Changement du tuyau. -Réparation du circuit d'huile.
Le court-circuit	-Changement des relais. -Mesure de l'isolement du moteur.

Tab.38: Liste des actions

- CONCLUSION

A la lumière de l'étude AMDEC précédente, nous avons relevé les points critiques au niveau des machines, nous avons pu ainsi proposer des actions correctives pour diminuer leur criticité et dresser par la suite un plan d'actions détaillé dans le but d'organiser la maintenance des équipements les plus vulnérables pour la production.

# CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce travail réalisé à "MK AERO" a porté sur l'installation pneumatique pour les traitements des pièces, et aussi sur l'analyse détaillée des machines pour révéler et dégager les éléments sur lesquels il faut travailler d'avantage.

Au cours de ce travail et pour atteindre ces objectifs, je suis arrivée à formaliser suivant les canevas JIPM, les différentes améliorations affectées dans le cadre des travaux de la TPM. Il s'agit des améliorations au cas par cas, l'amélioration des standards provisoires pour l'auto-maintenance. J'ai pu aussi sélectionner les machines et leurs équipements les plus pénalisants au niveau de toutes les machines de production. Ensuite j'ai fait une étude AMDEC sur les équipements les plus critiques dans le but de dégager un plan d'actions qui vise à diminuer la criticité ou éliminer les modes de défaillance de ces équipements. J'ai établi un plan d'actions détaillé et efficace, qui peut être un outil pour développer la maintenance planifiée.

L'entreprise MK AERO qui m'a accueillie pendant ce stage fait face à une période charnière, et je suis très fière d'avoir pu contribuer, participer à cette révolution.

**Rapport-Gratuit.com**