

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Ibn Khaldoun de Tiaret

Faculté des Sciences Appliquées

Département de Génie Mécanique



MÉMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Electromécanique

Parcours : Master

Spécialité : Maintenance Industrielle

Thème

Mise en place d'un système de
maintenance industrielle 4.0
(logiciel ERP) au niveau de la CI-Tiaret

Préparé par :

ALLEL Reda

BENOTMANE Abderrahmane

Soutenu publiquement le : .. / 07 / 2021, devant le jury composé de :

M. GUEMMOUR Mohamed Boutkhil	Maître de Conférences "A" (Univ. Ibn Khaldoun)	Président
M. BENAMAR Badr	Maître de Conférences "A" (Univ. Ibn Khaldoun)	Examineur
M. MAKHFI Souâd	Maître de Conférences "A" (Univ. Ibn Khaldoun)	Examineur
M. CHAIB Khaled	Maître de Conférences "A" (Univ. Ibn Khaldoun)	Encadreur

Année universitaire : 2020 - 2021

Remerciement

Tout d'abord, je remercie le bon Dieu qui m'a donné la force et la patience pour terminer mes études.

Une présentation de ma gratitude particulière à tous les membres de ma chère famille. Pour leur soutien moral et leur aide tout au long de ma carrière.

Je tiens à remercier le. Dr Chaib Khaled. Supervisant ces notes, j'ai fait un grand effort pour faire mon humble travail, et je lui exprime ma gratitude et mon respect.

Un grand merci aux chefs d'unité CI-TIARET qui m'a facilité la préparation de cette MEMOIR.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont été directement ou indirectement impliqués dans la réalisation de ce travail, je ne saurais le citer

Merci.

Dédicaces

À laide de dieu j'ai pu réaliser ce travail que Je dédie.

À la mémoire de mon père.

A ma très chère mère.

A ma chère épouse.

Pour sa bienveillance et son abnégation pour m'encourager à terminer dans de bonnes conditions mon travail.

A mon frère.

A tous les membres de ma famille

A tous mes ami (e)s chacun a son nom

En particulier les compagnons du long chemin avec tous mes vœux de succès.

A Toute la famille universitaire.

Table des matières

Liste des figures.....	1
Introduction Générale	2
Chapitre 1 : Généralités sur la maintenance et la maintenance 4.0	
introduction.....	4
I.1-Définition de la maintenance	4
I.2-Types de maintenance.....	4
I.2.1- Maintenance corrective	5
I.2.1.1- Les différents types de maintenance corrective	5
I.2.1.2 - Maintenance palliative	5
I.2.1.3- La maintenance corrective débouche sur 2 types d'interventions	5
I.2.2.1- dépannage.....	5
I.2.2.2- réparation.....	5
I.2.3- Evolution de la maintenance corrective	5
I.2.4.1- Organisation d'une action de maintenance corrective.....	6
I.2.4.2- Organisation d'un dépannage	6
I.2.4.2- Organisation d'une réparation	6
I.2.5- Avantages et inconvénients de la maintenance corrective.....	7
I.2.5.1- Avantages.....	7
I.2.5.2- Inconvénients.....	7
I.3 - Maintenance préventive	7
I.3.1- Les objectifs visés par la maintenance préventive sont les suivants.....	7
I.3.2- Les différents types de maintenance préventive	8
I.3.2.1- Maintenance préventive systématique	8
I.3.2.2- Maintenance préventive conditionnelle	8
I.3.2.3- Maintenance préventive prévisionnelle.....	8

I.3.3- Les opérations de la maintenance préventive.....	8
I.3.3.1- l'inspection.....	8
I.3.3.2- visite.....	9
I.3.3.3- contrôle.....	9
I. 4- Buts de la maintenance préventive.....	9
I.5- Avantages et inconvénient de la MPC/MPP	9
I.5.1- Avantages.....	9
I. 5.2- Inconvénients.....	10
I.6- Niveaux de la maintenance	11
I.7- La politique de maintenance	12
I.7.1- La définition de la politique de maintenance générale.....	12
I.7.2- La définition de la politique de maintenance au niveau machine	12
I.8- Objectifs de la maintenance	12
I.9- Stratégie de maintenance.....	13
I.10- Le technicien de maintenance	13
I.11-Fonctions d'un service maintenance.....	13
I.11.1- Fonction étude et .méthode.....	13
I.11.2- Fonction exécution et mise en œuvre.....	14
I.12- Rôle de la maintenance	14
I.12.1- Prévisions à long terme (au-delà d'une année).....	14
I.12.2- Prévisions à moyen terme (dans l'année en cours).....	14
I.12.3- Prévisions à courts termes.....	14
I.13-Maintenance préventive.....	15
I.14 - Définition La maintenance 4.0	16
I.14.1- Les compléments de Maintenance4.0 (prédictive).....	17
I.14.1.1-BGI Data.....	17

I.14.1.2-Intelligence artificielle (IA).....	17
I.14.1.3-L'internet des objets.....	17
I.14.1.4-Informatique en nuage	17
I.14.1.5-Le Cloud Computing	17
I.15 -Les principaux outils de la maintenance 4.0(prédictive.....	18
I.16-Quelques exemples concrets de la Maintenance 4.0	18
I.17-Quels gains pour la Maintenance 4.0 ?.....	18
I.18-Méthodes de maintenance prédictive les plus courantes.....	19
I.19-Avantages de la maintenance4.0 par rapport à la préventive.....	19
I.20- Conclusion.....	20

CHAPITRE 02ERP ET MAINTENANCE 4.0

INTRODUCTION	20
2.1-ERP (Entreprise ressources planning)	21
2.1-Définition d'un ERP	21
2.2-Les différents types de logiciels ERP	21
2.2.1-Les deux principaux types sont	22
2.2.1. 1-Les systèmes sur site.....	22
2 2.1. 2-Les systèmes Cloud	22
2.2.2-Quel type devriez-vous choisir.....	22
2.3-les principaux avantages d'un logiciel ERP	22
2.4-Les principaux éditeurs d'ERP	22
2.5-Quels sont les bénéfices directs de l'intégration de la GMAO à l'ERP ?.....	23
2.6-La solution de Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur (GMAO) Mobility Work	24
2.7-Synergies GMAO – ERP	25
2.8-Microsoft Dynamics 365	26

2.9-Benefits of Dynamics 365	26
2.10-CONCLUSION	27
CHAPITRE03 :	
MISE EN PLACE DE MAINTENANCE 4.0 AU CI-TIARET	
PRESENTATION ENTREPRISE C.I.TIARET.....	29
3.1-Filiale Carrosseries Industrielles C.I.T.....	29
3.1.1-PRESENTATION ENTREPRISE C.I.TIARET.....	30
3.2-Les étapes de base dans la mise en place de maintenance 4.0.....	34
3.2.1-Mettre en place un réseau.....	34
3.2.2-La collection des des défauts	35
3.2.3-Le choix d'un logiciel	36
3.2.3.1-Pour quoi Microsoft Dynamics 365.....	37
3.2.3.2-PROGRAMME PARTAGES AVEC MICROSOFT DYNAMIC 365.....	37
3.2.3.2.1-IoT : la solution d'avenir pour la maintenance du futur.....	37
3.2.3.2.2-Les apports du machine learning.....	38
3.2.4-Formation des groupes d'intervention	38
3.2.5-Préparer un plan de maintenance sur une application de GMAO 4.0.....	38
3.2.5.1-Les conditions d'efficience des plans de maintenance industrielle.....	39
3.2.5.1.1-Les éléments techniques et de surveillance.....	40
3.2.6-Techniques de mise en œuvre.....	42
3.2.6.1-Classement « VIS » des machines.....	42
3.2.6.2-Cinématique.....	43
3.2.6.3-Points de mesure.....	44
3.2.7-Moyens matériels et logiciels.....	45
3.3-Étude de cas oxycoupage et/ou plasma.....	48.
3.3.1-Description de la machine.....	48

3.3.2--Description de la machine (EUROTOME 2):	48
3.3.3-HPC DIGITAL PROCESS 2(pupitre de commande).....	50
3.3.4-Matériel & communication.....	50
3.3.5-Guidage transversal.....	51
3.3.6-Oxy Essential.....	51
3.3.7-Motorisations machines.....	51
3.1-Le chalumeaux.....	52
3.3.8-Sécurité & conformité.....	52
3.3.9-Rails longitudinaux.....	53
3.4-Les étapes de base pour réparer la machine oxycoupage et/ou plasma.....	54
3.4.1-Intervention en cas de maintenance corrective.....	54
3.4.2-Intervention en cas de maintenance 4.0.....	54
3.4.3-Historique de machines et installation dans la maintenance Classique.....	56
3.4.4-Historique de machines et installation dans la maintenance 4.0.....	57
3.4.5-Les capteurs de vibration qui installe sur oxycoupage et/ou plasma.....	58
3.4.5-Comment fonctionne le capteur installé sur la tête de chalumeaux	58
3.4.6-Liste des alarmes les plus fréquentes liées à la machine, affichées dans l'IHM :.....	59
Conclusion Générale.....	63
Bibliographies.....	64
ANNEXE.....	65

Liste des figures

Chapitre I

Figure. I-1 : Types de maintenance.....	04
Figure I-2: Étapes de développement de l'industrie.....	15
Figure I-3: – Moment d'intervention des différents types de maintenance.....	19

Chapitre 2

Figure. 2-1. l'intervention d'ERP.....	20
Figure 2.2 les éditeurs d'ERP.....	23

Chapitre 3

Figure 3.1- La Filiale Carrosserie Industrielle de Tiaret.	29
Figure 3.2- la solution maintenance 4.0.....	33
Figure 3.4- Ordinateur central.....	34
Figure 3.5-Les départs des lignes vers les ordinateurs de maintenance et de la production et les autres directions	35
Figure3.6-Armoire qui recepte et emite les information	36
Figure 3.7-LA SOLUTION Microsoft Dynamics 365.....	39
Figure 3.9-Les permettre et l'identification des capte.....	40
Figure3.10-Les types de tache de.....	41
Figure 3.11-L'indicateur de performance.....	41
Figure .3.12-Techniques de mise en œuvre	42
Figure 3.13- Emplacement des points de mesure selon la norme ISO 10816	44
Figure 3.14a- Collecteur de données, accéléromètre et pastille	45
Figure 3.14b micro-ordinateur.....	46
Figure 3.15-oxycoupage et/ou plasma dans snvi-ci-tiaret.....	48

Figure 3.16-Pupitre de commande oxycoupage et/ou plasma	50
Figure 3.17-La poutre Guidage transversal	51
Figure 3.18- chalumeau	52
Figure 3.19- les procédure d'intervention corrective	53
Figure 3.20-Demande de travail qui fourni par oxycoupage et/ou plasma [.....	55
Figure 3.21-Historique de machine et installation d'oxycoupage et/ou plasma.....	56
Figure 3.21-Exemple de calculer indicateurs de performance clé de l'actif	57
Figure 3.22- capteur de vibration installe sur chanimaux.....	58

Introduction générale

La maintenance est l'une des composantes vitales de l'industrie un enjeu clef pour la durabilité des machines et des installations mécaniques ainsi que pour l'accroissement de la productivité des unités de production

L'évolution de l'appareil productif avec des machines de plus en plus complexes et automatisées a conduit à une nouvelle perception des enjeux rattachés à la fonction maintenance. Cette fonction a beaucoup évolué et continue d'évoluer. La sécurité opérationnelle, l'optimisation des coûts de maintenance et la disponibilité des équipements ont un impact direct sur la compétitivité des unités de production. Les machines complexes, sophistiquées et avancées d'aujourd'hui, exigent des stratégies d'entretien appropriées et coûteuses. D'où la nécessité de développer et d'améliorer en permanence les programmes

d'entretiens courants

Il s'agit de mettre en place des actions de maintenance basées sur la prévention des défaillances à partir d'analyses fiabilistes, ou basées sur l'analyse de fonctionnement en temps réel des systèmes ou des composants.

Il s'agit de se disposer d'une usine avec zéro panne l'idéal de tout industriel. On peut l'atteindre, par la stratégie de maintenance privilégiée, dite prédictive. Allant plus loin que celles curative et même préventive, la maintenance prédictive repose sur une surveillance

permanente des machines rendue possible par les nouvelles technologies : des capteurs d'analyse vibratoire permettant la collecte de données, l'image fiable des défauts générés, des instruments de mesure acoustique utilisant les ultrasons, capables de détecter les défauts

mécaniques, électriques ou d'étanchéité, des capteurs relevant de la thermographie (surveillance des niveaux de température)

Il s'agit de prévoir et d'anticiper les pannes et défaillances en s'appuyant sur la récolte d'un

maximum de données et d'en assurer l'analyse au service de la prise de décision.

L'usine du futur mise grandement sur cette maintenance.

Il s'agit de prévoir et d'anticiper les pannes et défaillances en s'appuyant sur la récolte d'un

maximum de données et d'en assurer l'analyse au service de la prise de décision.

L'usine du futur mise grandement sur cette maintenance.

Le premier chapitre a fourni une brève définition de la maintenance en général, et comment l'appliquer, ainsi qu'une définition de la maintenance 4.0 (prédictive) et de ses principaux avantages et inconvénients.

Nous avons également abordé dans ce chapitre la comparaison entre la maintenance classique et la maintenance 4.0 (prédictive).

Dans le deuxième chapitre, nous avons présenté une brève introduction au programme ERP, ses caractéristiques les plus importantes et son importance par rapport à la maintenance en général.

Nous avons également évoqué le programme utilisé par la Société Nationale des Véhicules Industriels SNVI -TIARET, qui est le programme MICROSOFT DYNAMIQUE 365.

Dans le troisième chapitre, nous avons suivi l'application de la maintenance 4.0 (prédictive) au sein de la Société Nationale des Véhicules Industriels SNVI -TIARET, dont nous avons suivi toutes les étapes de son application et ses exigences les plus importantes.

I-Introduction :

Pour être et demeurer compétitive, une entreprise doit produire toujours mieux (qualité) et au coût le plus bas. Pour minimiser ce coût, on fabrique plus vite et sans interruption des produits sans défaut afin d'atteindre la production maximale par unité de temps.

L'automatisation et l'informatique ont permis d'accroître considérablement cette rapidité de production. Cependant, les limitations technologiques des moyens de production ne permettent pas d'augmenter continuellement les cadences.

De plus, produire plus sous-entend produire sans ralentissements, ni arrêts. Pour cela, le système de production ne doit subir qu'un nombre minimum de temps de non production. Exceptés les arrêts inévitables dus à la production elle-même (changements de production, montées en température, etc.), les machines ne doivent jamais (ou presque) connaître de défaillances tout en fonctionnant à un régime permettant le rendement maximal. Cet objectif est un des buts de la fonction maintenance d'une entreprise. Il s'agit de maintenir un bien dans un état lui permettant de répondre de façon optimale à sa fonction.

I.1-Définition de la maintenance :

« 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 ». (Norme AFNOR X 60-010). [1]

I.2-Types de maintenance :

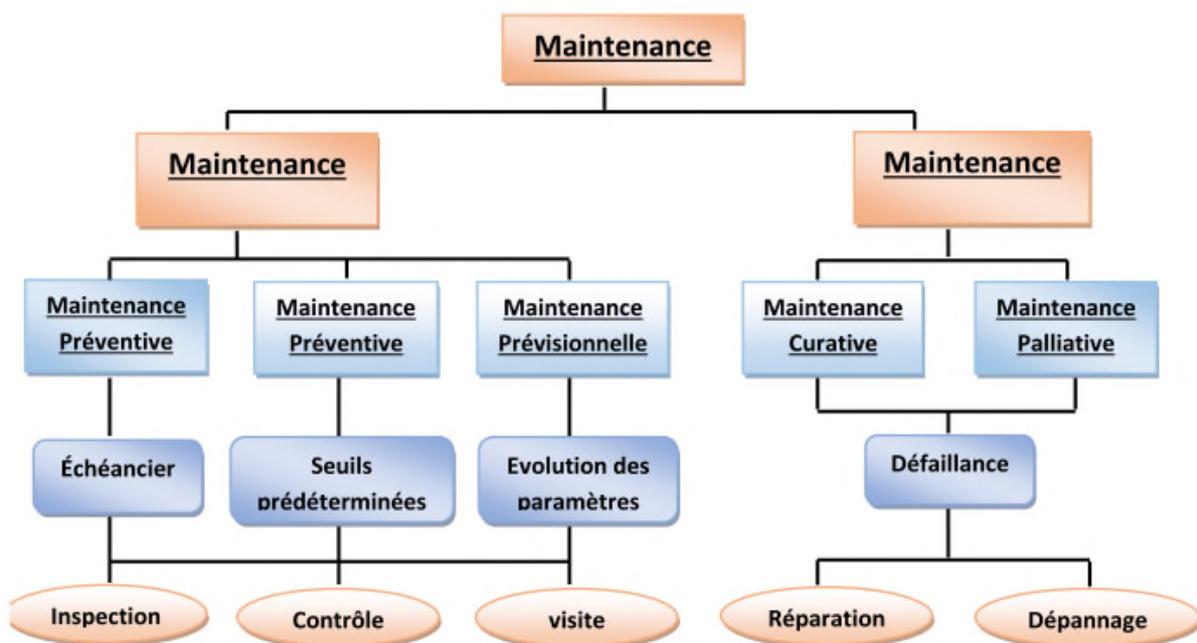


Figure. I-1 : Types de maintenance. [1]

I.2.1- Maintenance corrective :

« Maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise » (Extrait norme NF EN 13306 X60-319). [2]

I.2.1.1- Les différents types de maintenance corrective :

I.2.1.2 - Maintenance palliative :

Ce sont des activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise. Appelé couramment dépannage, cette maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui devront être suivies d'actions curatives. [3]

I.2.1.3- Maintenance curative :

Ce sont des activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir totalement sa fonction requise. [4]

I.2.2- La maintenance corrective débouche sur 2 types d'interventions :

I.2.2.1- Le dépannage :

Remise en état de fonctionnement effectué « in situ », parfois sans interruption du fonctionnement de l'ensemble concerné. Le dépannage a un caractère provisoire. Les dépannages caractérisent la maintenance palliative. Le palliatif est caractéristique du 2ème niveau de maintenance. [4]

I.2.2.2- La réparation :

Faite « in situ » ou en atelier de maintenance, parfois après dépannage. Elle a un caractère définitif. La réparation caractérise la maintenance curative. Le curatif est caractéristique du 2ème et 3ème niveaux de maintenance. [4]

I.2.3- Evolution de la maintenance corrective :

La notion de « correction » après défaillance contient la notion « d'amélioration ».

En entretien traditionnel, après détection d'une défaillance fortuite, on effectue un dépannage ou une réparation rétablissant la fonction perdue ; et en général on s'arrête à ce niveau. En maintenance, on effectue :

- Une analyse des causes de la défaillance
- Une remise en état (dépannage / réparation).

- Une amélioration éventuelle (correction) visant à éviter la réapparition de la panne, ou à minimiser ses effets sur le système.
- Une mise en mémoire de l'intervention permettant une exploitation ultérieure.

I.2.4- Organisation d'une action de maintenance corrective :

I.2.4.1- Organisation d'un dépannage :

L'organisation s'effectue de la manière suivante afin de réduire les immobilisations des matériels : [5]

Avant la panne :

Rassembler tous les moyens nécessaires à une intervention rapide. Au déclenchement de la panne :

1^{er} phase : enregistrement de l'appel.

2^{em} phase : analyse du travail.

3^{ème} phase : discussion au niveau de l'analyse.

Après la panne :

- Faire le compte rendu de l'intervention ;
- Déclencher éventuellement une procédure de remise en service pour le personnel utilisateur ;
- Mettre à jour le stock de pièces détachées ;
- Exploiter les résultats de dépannage.

I.2.4.2- Organisation d'une réparation :

La réparation (suivant éventuellement un dépannage) peut être préparée et planifiée afin de pour réaliser l'action de maintenance dans de bonnes conditions. Comme pour le dépannage, l'organisation s'effectue à 3 niveaux : [5]

Avant l'intervention :

cela concerne toute l'activité liée à la préparation de la réparation.

Au déclenchement de l'intervention :

- diagnostiquer les causes de la panne,
- expertiser le matériel,
- décider du lieu d'intervention,
- préparer le poste de travail,
- respecter les consignes de sécurité,
- rassembler les moyens matériels et humains.

Après l'intervention :

- compte-rendu de l'intervention,
- remise en main du matériel,
- correction de la préparation / exploitation des résultats.

I.2.5- Avantages et inconvénients de la maintenance corrective :

I.2.5.1- Avantages :

faible coût de maintenance.

I.2.5.2- Inconvénients :

Coût de réparation important.

- Peu de sécurité des travailleurs.
- Stockage important des pièces.
- Temps de réparation élevé.
- Perte de production élevée.

I.3 - Maintenance préventive :

« 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 » (extrait norme NF EN 13306 X 60-319). [2]

La maintenance préventive repose sur le principe "mieux vaut prévenir que guérir". Comme son nom l'indique, elle empêche l'apparition de défaillances dans les actifs et les équipements. Ce type de maintenance est effectué de manière systématique, c'est-à-dire que l'équipement est inspecté même s'il ne présente aucun signe de défaillance. De cette façon, toute défaillance est évitée autant que possible pour assurer le bon fonctionnement et la sécurité des actifs.

I.3.1- Les objectifs visés par la maintenance préventive sont les suivants :

Augmenter la fiabilité d'un équipement, donc réduire les défaillances en service :

- réduction des coûts de défaillance, amélioration de la disponibilité.
- Augmenter la durée de vie efficace d'un équipement.
- Améliorer l'ordonnancement des travaux, donc les relations avec la production.
- Réduire et régulariser la charge de travail.
- Faciliter la gestion des stocks (consommations prévues).
- Assurer la sécurité (moins d'improvisations dangereuses).
- Plus globalement, en réduisant la part « d'imprévu », améliorer le climat des

relations humaines (une panne imprévue est toujours source de tension).

La mise en œuvre d'une politique de maintenance préventive implique le développement d'un service « méthodes de maintenance » efficace. En effet, on ne peut faire de préventif sans un service méthodes qui va alourdir à court terme les coûts directs de maintenance, mais qui va permettre :

La gestion de la documentation technique, des dossiers machines, des historiques.

Les analyses techniques du comportement du matériel.

- La préparation des interventions préventives.
- La concertation avec la production. [5]

I.3.2- Les différents types de maintenance préventive :

I.3.2.1- Maintenance préventive systématique :

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 (EN 13306 : avril 2001).

[6]

I.3.2.2- Maintenance préventive conditionnelle :

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. La surveillance du fonctionnement et des paramètres peut être exécutée selon un calendrier, ou à la demande, ou de façon continue (EN 13306 : avril 2001). [6]

I.3.2.3- Maintenance préventive prévisionnelle :

« Maintenance conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien » (Extrait norme NF EN 13306 X 60-319) [2].

I.3.3- Les opérations de la maintenance préventive :

Elles peuvent être regroupées en 3 familles : les inspections, les contrôles, les visites. Elles permettent de maîtriser l'évolution de l'état réel du matériel. Elles peuvent être effectuées de manière continue ou à des intervalles, prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou le nombre d'unités d'usage. [5]

I.3.3.1- L'inspection :

Activité de surveillance s'exerçant dans le cadre d'une mission définie. Elle n'est pas obligatoirement limitée à la comparaison avec des données préétablies. Pour la maintenance, cette activité s'exerce notamment au moyen des rondes. Ex : inspection des extincteurs, écoute de bruits dans un compresseur. Les activités d'inspection sont en général exécutées sans outillage spécifique et ne nécessitent pas d'arrêt de l'outil de production ou des équipements.

I.3.3.2- La visite :

Opération de maintenance préventive qui se traduit par un examen détaillé et prédéterminé de tout ou partie du bien. Ex : visite périodique des ascenseurs, des équipements électriques et mécaniques d'un engin de levage. Ces activités peuvent entraîner des démontages partiels des éléments à visiter (et donc d'entraîner une immobilisation du matériel) ainsi que des opérations de maintenance corrective.

I.3.3.3- Le contrôle :

Vérifications de conformité par rapport à des données préétablies, suivies d'un jugement. Ex : contrôle du niveau d'isolement d'une installation BT, contrôle du jeu fonctionnel dans un mécanisme. Le contrôle peut comporter une activité d'information, inclure une décision (acceptation, rejet, ajournement), déboucher sur des actions correctives. La périodicité du contrôle peut être constante (durant la phase de fonctionnement normal du matériel) ou variable (et de plus en plus courte dès que le matériel rentre dans sa phase d'usure) .

I. 4- Buts de la maintenance préventive :

Augmenter la durée de vie des matériels.

- Diminuer la probabilité des défaillances en service.
- Diminuer les temps d'arrêt en cas de révision ou de panne.
- Prévenir et aussi prévoir les interventions coûteuses de maintenance corrective.
- Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions.
- Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc.
- Améliorer les conditions de travail du personnel de production.
- Diminuer le budget de maintenance.
- Supprimer les causes d'accidents graves. [6]

I.5- Avantages et inconvénient de la MPC/MPP :

I.5.1- Avantages :

Le principal avantage de la MPC / MPP est qu'elle permet d'éviter les arrêts machines dus aux pannes. Pour minimiser encore ces arrêts machines, il faut utiliser des techniques permettant de mesurer l'état de la machine sans l'arrêter.

Les 3 principales techniques utilisées en MPC / MPP sont :

1- La thermographie infrarouge :

Cette technique permet de mesurer la température de composants sans contact. Tout défaut se traduisant souvent par une élévation de la température, on peut ainsi en mesurer les conséquences.

2- L'analyse des huiles :

Cette technique permet à la fois de surveiller l'huile d'une machine afin de ne la changer que lorsqu'elle est dégradée (surveillance de lubrifiant) mais également, à l'instar d'une analyse de sang pour un être humain, de mesurer l'état de santé de la machine.

3- L'analyse vibratoire :

Cette technique est principalement utilisée pour la surveillance des machines tournantes. Toute machine tournante vibre. Ces vibrations sont les conséquences de défauts de la machine. Plus la machine vibre, plus les défauts ne sont importants.

I. 5.2- Inconvénients :

Le principal inconvénient de la MPC / MPP réside dans la mise en place de ces techniques. Elles sont lourdes à mettre en œuvre sur plusieurs points :

• Coûts d'achat :

Systèmes souvent onéreux :

Caméra infrarouge : de 8000€ (modèle de base ne permettant pas de retraiter la mesure) à 60000€ (modèle permettant une analyse poussée de la mesure) ; Spectromètre mesurant plusieurs éléments (Fer, Zinc, etc.) contenus dans une huile : plusieurs dizaines de K€. Système d'analyse vibratoire : à partir de 1500€ pour collecteur de niveau global et plus de 30000€ pour un collecteur de vibration + logiciel d'analyse.

• Formation du personnel :

Selon le matériel acheté et le niveau d'exigence désiré, ces techniques exigent un haut niveau de formation du personnel. Cela implique donc de libérer du temps de formation et de trouver du personnel compétent, capable de s'adapter aux évolutions rapides de ces techniques.

• Mise en place :

La difficulté principale de ces techniques est la définition des seuils d'alarme et de danger. Ces seuils nécessitent un temps de mise en place pendant lequel la MPC / MPP n'est pas forcément rentable. Ce délai peut aller de 1 à 3 ans. En effet, si on surestime les seuils, on risque la panne bien avant de l'atteindre. De même, si on les sous-estime, on risque de détecter des fausses alarmes, c'est-à-dire d'atteindre les niveaux d'alarme bien avant la panne; ce qui aura pour conséquence de déclencher des actions de maintenance non justifiées.

I.6- Niveaux de la maintenance :

Les interventions de maintenance peuvent être classées par ordre croissant de complexité (selon norme X60-000 de 2002): [7]

1 ère niveau de maintenance :

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. Ce type d'opération peut être effectué par l'utilisateur du bien avec, le cas échéant, les équipements de soutien intégrés au bien et à l'aide des instructions d'utilisation.

2 ème niveau de maintenance :

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. Ce type d'actions de maintenance est effectué par un personnel qualifié avec les procédures détaillées et les équipements de soutien définis dans les instructions de maintenance. Un personnel est qualifié lorsqu'il a reçu une formation lui permettant de travailler en sécurité sur un bien présentant certains risques potentiels, et est reconnu apte pour l'exécution des travaux qui lui sont confiés, compte tenu de ses connaissances et de ses aptitudes

3 ème niveau de maintenance :

Opérations qui nécessitent des procédures complexes et/ou des équipements de soutien portatifs, d'utilisation ou de mise en œuvre complexes. Ce type d'opération de maintenance peut être effectué par un technicien qualifié, à l'aide de procédures détaillées et des équipements de soutien prévus dans les instructions de maintenance.

4 ème niveau de maintenance :

Opérations dont les procédures impliquent la maîtrise d'une technique ou technologie particulière et/ou la mise en œuvre d'équipements de soutien spécialisés. Ce type d'opération de maintenance est effectué par un technicien ou une équipe spécialisée à l'aide de toutes instructions de maintenance générales ou particulières.

5 ème niveau de maintenance :

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. Par définition, ce type d'opérations de maintenance (rénovation, reconstruction, etc.) est effectué par le constructeur ou par un service ou société spécialisée avec des équipements de soutien définis par le constructeur et donc proches de la fabrication du bien concerné.

I.7- La politique de maintenance :

En matière de politique de maintenance il faut distinguer deux niveaux :

Le niveau global de l'entreprise, où l'on définit une politique de maintenance générique le niveau d'une machine ou d'un équipement, pour lequel on définit le type de maintenance en fonction de critères économiques, stratégiques, etc. [6]

I.7.1- La définition de la politique de maintenance générale :

La politique de maintenance générale doit définir le cadre des activités de maintenance, afin que les différents acteurs ainsi que les services connexes disposent de bases et références pour comprendre et organiser. La définition de la politique de maintenance doit comporter :

- La définition du Budget Maintenance.
- Le choix du type de maintenance et les actions de réduction des coûts.
- La politique en matière d'investissements.
- La stratégie en matière de gros entretiens.
- La stratégie en matière de sous-traitance.
- La politique concernant l'entretien courant.
- La politique d'Amélioration Continue propre au service et/ou la contribution à ces programmes dans l'entreprise.
- La politique de gestion des compétences.

I.7.2- La définition de la politique de maintenance au niveau machine :

La politique de maintenance au niveau des machines vise à ajuster le type de maintenance, ainsi que les ressources consenties en fonction de :

L'importance relative de chaque machine dans le processus (indices VIS, ou Vital, Important, Secondaire).

Les valeurs des indicateurs FMD (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité).

I.8- Objectifs de la maintenance :

- Mettre à la disposition de la production un outil fiable.
- Améliorer pour un équipement le profil cumulé durant le cycle de vie par ;
- Diminution des coûts de défaillance (au niveau des coûts propres de maintenance et au niveau de la maintenabilité).
- L'accroissement de la durée de vie rentabilise les équipements.
- Le maintien et / ou l'accroissement des performances du point de vue qualité /quantité.
- La réduction des risques d'accident. La réduction des risques concernant la sécurité des hommes et de l'environnement.

Il est évident que l'atteinte de ces objectifs passe par l'amélioration de la compétence technique et de l'efficacité du personnel chargé de maintenance.

I.9- Stratégie de maintenance :

C'est l'ensemble des principes qui guident l'organisation des activités de la maintenance.

I.10- Le technicien de maintenance :

Tout ce qui a été cité précédemment met en évidence l'indispensable pluridisciplinarité de la fonction maintenance. Le technicien doit donc être capable d'intervenir efficacement dans nombre de domaines et savoir s'adapter à toute situation prévue ou fortuite.

Le technicien devra avoir des compétences techniques dans des domaines aussi variés que la mécanique, l'électrotechnique, l'automatique, l'hydraulique, etc. En effet, les systèmes actuels sont pluridisciplinaires. Par ailleurs, le technicien devra avoir des compétences dans les domaines de la gestion, du planning, etc.

La maintenance devenant de plus en plus informatisée (MAO ou GMAO), l'utilisation de l'informatique est donc devenue indispensable pour le technicien. L'informatisation de la maintenance n'est pas une fin en soi, mais doit être considérée comme un outil d'aide à la décision face à une situation donnée.

I.11-Fonctions d'un service maintenance :

I.11.1- Fonction étude et méthode :

Elle consiste à mettre en place des études techniques pour :

Rechercher des améliorations. [6]

- Participer à la conception de travaux neufs.
- Participer à l'analyse des accidents de travail.
- Etablir des fiches d'instructions pour les interventions.
- Etablir les plannings d'intervention.
- -Gérer les approvisionnements.
- Analyser les coûts de maintenance.
- Définir des stratégies de maintenance.

I.11.2- Fonction exécution et mise en œuvre :

Son aspect pluri technique nécessite une bonne connaissance des matériels ainsi qu'une bonne maîtrise des diverses technologies.

I.12- Rôle de la maintenance :

Le service maintenance doit mettre en œuvre la politique de maintenance définie par la direction de l'entreprise ; cette politique devant permettre d'atteindre le rendement maximal des systèmes de production.

Cependant, tous les équipements n'ont pas le même degré d'importance d'un point de vue maintenance. Le service devra donc, dans le cadre de la politique globale, définir les stratégies les mieux adaptées aux diverses situations. La fonction maintenance sera alors amenée à établir des prévisions ciblées : [6]

I.12.1- Prévisions à long terme (au-delà d'une année) :

Elles concernent les investissements lourds ou les travaux durables. Ce sont des prévisions qui sont le plus souvent dictées par la politique globale de l'entreprise.

I.12.2- Prévisions à moyen terme (dans l'année en cours) :

La maintenance doit se faire la plus discrète possible dans le planning de charge de la production. Il lui est donc nécessaire d'anticiper, autant que faire se peut, ses interventions en fonction des programmes de production. La production doit elle aussi prendre en compte les impératifs de suivi des matériels.

I.12.3- Prévisions à courts termes :

Elles peuvent être de l'ordre de la semaine, de la journée, voire de quelques heures. Même dans ce cas, avec le souci de perturber le moins possible la production, les interventions devront elles aussi faire l'objet d'un minimum de préparation.

I.13-La maintenance 4.0(prédictive) :

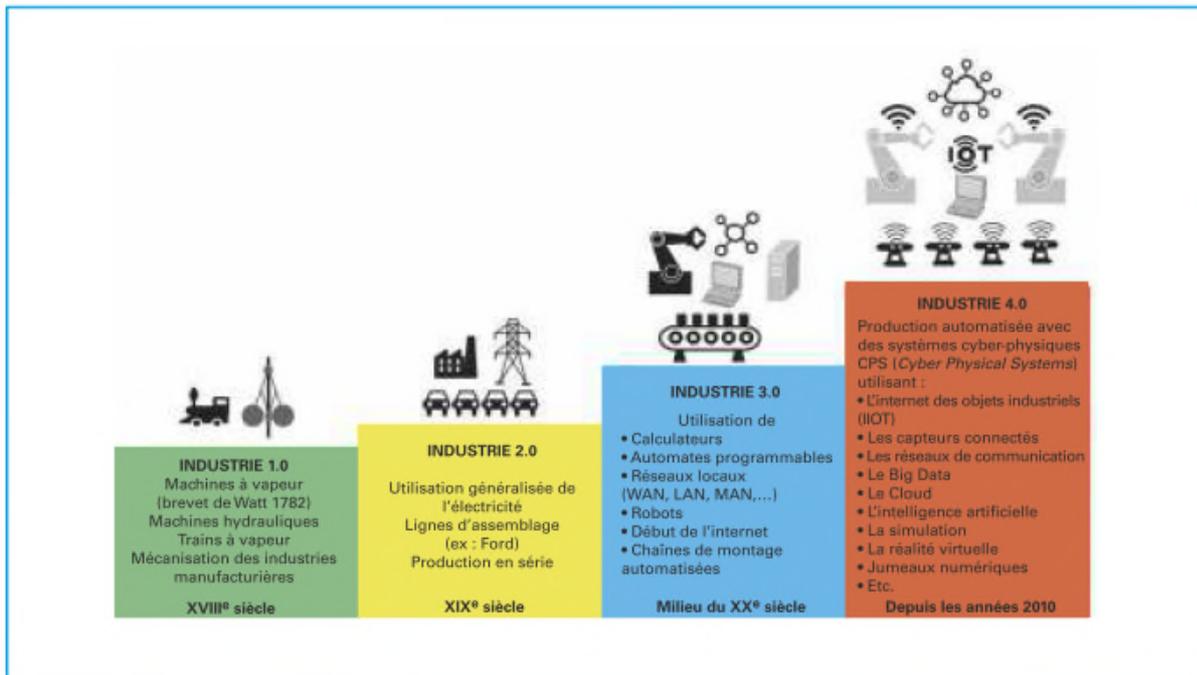


Figure.2 Étapes de développement de l'industrie [2]

L'industrie 4.0, également connue sous le nom de quatrième révolution industrielle, est la tendance actuelle de l'automatisation et de l'interconnexion des données dans les technologies industrielles. Elle comprend

- l'Internet des objets (IIoT),
- les capteurs sans fil,
- le Cloud computing,
- l'intelligence artificielle (IA),
- l'apprentissage automatique et le big data.

Le grand défi que pose cette révolution 4.0 est de trouver des moyens d'interconnecter les processus existants. Elle consiste à utiliser la technologie comme un connecteur entre les machines, les opérations, les équipements et les personnes. Avec ces technologies, la maintenance 4.0 devient plus simple et il est plus facile de contrôler et de surveiller les opérations. [8]

Sans innovation, le service de maintenance perd en force et en réactivité. Grâce aux capteurs, à l'IIoT, au Big Data, à l'intelligence artificielle et à d'autres systèmes intelligents, nous pouvons rapidement identifier où se produisent les défaillances. Il est possible de savoir quels équipements sont touchés, quelles sont les implications de ces problèmes dans la productivité et quel est le meilleur plan de maintenance préventive pour minimiser les défaillances. Il est donc important que le plan de maintenance de l'entreprise soit le plus optimisé possible pour réduire ces risques et ces pertes.

Généralement, lorsqu'il est nécessaire de collecter des données sur l'état des machines, on se tourne vers des techniciens spécialisés dans ce domaine. Dans le cadre de la Maintenance 4.0, avec l'essor des nouvelles technologies connectées, ces tâches peuvent être effectuées par des machines, ce qui permet de maximiser la durée de vie utile des composants des machines et d'éviter les pannes. Avec les technologies de la Maintenance 4.0, les données rencontrent les humains et non l'inverse. Les processus de maintenance évoluent d'un modèle préventif à un modèle prédictif, en passant de la prévention à la prévision

Parmi les avantages de cette nouvelle ère numérique, citons le suivi de l'investissement et du rendement des équipements, le dépassement des frontières de communication et la projection de l'organisation sur le marché.

Le Big Data, par exemple, est un allié de poids pour une maintenance axée sur la fiabilité des équipements. La technologie du Big Data, aux côtés de l'intelligence artificielle (IA), permet de déterminer avec plus de précision la durée de vie utile des équipements, le risque de défaillance et l'impact respectif sur le système.

I.14 - Définition La maintenance 4.0 :

La maintenance 4.0 est une version numérique assistée par des machines de toutes les choses que nous faisons depuis quarante ans en tant qu'humains pour nous assurer que nos actifs apportent de la valeur à notre organisation. La maintenance 4.0 comprend une vision holistique des sources de données, des moyens de connexion, des moyens de collecte, des moyens d'analyse et des actions recommandées à entreprendre afin de garantir que la fonction (fiabilité) et la valeur (gestion des actifs) des actifs sont assistées numériquement.

Par exemple,

La maintenance traditionnelle 1.0 consiste à envoyer des spécialistes hautement qualifiés pour collecter des données d'analyse des vibrations des machines sur les pompes, les moteurs et les boîtes de vitesses. La maintenance 4.0 comprend un capteur de vibrations sans fil connecté à un serveur en nuage et à une plateforme d'apprentissage automatique pour analyser les modèles complexes et fournir des conseils de service automatisés au propriétaire de l'actif. Avec Maintenance 4.0, le spécialiste des vibrations ne perdra plus de temps à aller vers les données ; les données, lorsqu'elles nécessitent une analyse par un expert en la matière, iront vers l'humain. Les décisions sont ce que nous appelons "assistées numériquement" - un partenariat entre l'homme et la machine.

Reliabilityweb.com a créé le Forum sur la numérisation de la maintenance 4.0 pour axer ces technologies sur l'amélioration de la fiabilité et de la gestion des actifs plutôt que sur les concepts et systèmes généraux et vastes évoqués dans la plupart des publications, rapports et conférences.

Coïncidant avec la conférence RELIABILITY, le Forum sur la numérisation de la maintenance 4.0 offre un moyen rapide pour vous et votre équipe d'explorer les technologies et les approches qui ont donné les meilleurs résultats alors qu'elles sont encore dans les premières phases de diffusion de la technologie. [8]

I.14.1- Les compléments de Maintenance4.0 (prédictive) :

La maintenance4.0(prédictive) repose sur l'analyse des données recueillies par des capteurs et d'autres technologies, qui permettent de mesurer un ensemble de paramètres préalablement déterminés et de prédire les comportements futurs.

Et il a plusieurs suppléments, dont le plus important est :

I.14.1.1-BGI Data :

Le terme Big Data désigne le grand volume de données - structurées et non structurées - qui font partie des entreprises. Le Big Data peut être utile dans la recherche d'informations permettant d'optimiser le processus de décision et d'améliorer les stratégies commerciales.

I.14.1.2-Intelligence artificielle (IA) :

De nombreuses entreprises investissent actuellement des milliers d'euros dans le développement de mécanismes d'intelligence artificielle. Dans le domaine de la maintenance, les cobots (robots qui collaborent avec des collègues humains), les drones d'inspection et les robots de nettoyage se distinguent. Ces mécanismes commencent à émerger rapidement et jouent un rôle essentiel dans le quotidien du service de maintenance.

I.14.1.3-L'internet des objets :

L'acronyme IOT signifie "Internet des objets". Cette technologie fait référence à la capacité de fournir une connexion internet permanente à des appareils ou des objets. Grâce à une connexion, ces appareils deviennent identifiables sur le réseau et peuvent échanger des informations en temps réel

I.14.1.4-Informatique en nuage :

I.14.1.5-Le Cloud Computing :

Le Cloud Computing est la fourniture de services informatiques, y compris les serveurs, le stockage, les bases de données, le réseau, les logiciels, l'analytique et l'intelligence, sur Internet (le nuage) pour offrir des innovations plus rapides, des ressources flexibles et des économies d'échelle.

La solution Valuekeep connecte les techniciens de maintenance, les équipements et les plateformes unique qui accélère les opérations et assure un suivi et un contrôle des coûts en temps réel. Puisqu'il s'agit d'un logiciel basé sur le cloud, il est possible de traiter les processus rapidement et en tout lieu gestionnaires sur une.

I.15 -Les principaux outils de la maintenance 4.0(prédictive) : sont les

suivants :

- l'imagerie thermique fonctionnant par infrarouge.
- l'analyse de la vibration permettant d'identifier rapidement les causes d'usure.
- la détection des ultrasons mettant en évidence les fissures ou les mauvaises soudures.
- l'analyse des liquides permettant de détecter les fuites et la présence de particules ou de mesurer les niveaux d'huile.
- les tests d'émission (des gaz résiduels par exemple) qui en disent long sur l'état des machines et mettent en lumière votre démarche respectueuse de l'environnement.

I.16-Quelques exemples concrets de la Maintenance 4.0 :

- **Les tablettes connectées en wifi ou en 4G :** rédaction des comptes-rendus d'intervention en temps réel, lecture de modes opératoires ou de documents techniques, visualisation de tutoriels, prise de photos pour illustrer des comptes-rendus ou pour illustrer des demandes d'intervention.
- **Les caméras embarquées et les lunettes connectées :** permettant l'échange en temps réel avec un support technique déporté, pour une plus grande rapidité et une plus grande précision de diagnostic et d'intervention.
- **Les tags et puces RFID :** pour accéder immédiatement à toute la documentation de l'installation sur laquelle le technicien intervient. Modes opératoires, comptes-rendus spécifiques, documentation technique, tutoriels.
 - **Les capteurs :** pour relier les installations à la GMAO et générer automatiquement des demandes d'intervention en cas de dérives de paramètres prédéfinis.

Mais aussi pour créer du « big data » et encore mieux anticiper ainsi les dérives techniques et améliorer la fiabilité.

I.17-Quels gains pour la Maintenance 4.0 ?

Valeur ajoutée des intervenants maintenance : des gains de productivité pouvant atteindre 50% et même dépasser 50% dans le cas d'une maintenance itinérante.

Qualité des interventions : diminution drastique des pannes répétitives.

Fiabilité et disponibilité des installations : la réduction des temps d'intervention (MTTR), la baisse des pannes répétitives et l'anticipation accrue des défaillances libère incontestablement des capacités de production, à valoriser au cas par cas. [8]

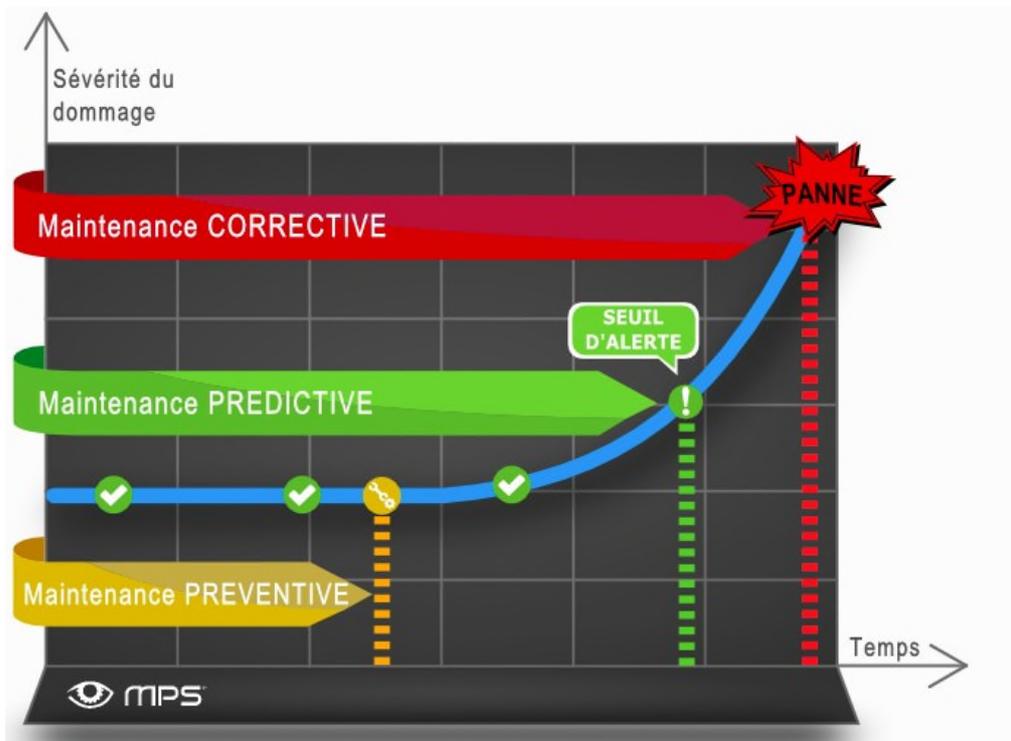


FIGURE .3 – Moment d'intervention des différents types de maintenance [2]

I.18-Méthodes de maintenance prédictive les plus courantes

- Analyse de l'huile
- Analyse des vibrations
- Test d'épaisseur
- Analyse infrarouge
- Alignement de transit par laser
- Test de dépoussiéreurs
- Test des purgeurs de vapeur
- Analyse des particules d'usure
- Analyse des surtensions et du courant des moteurs
- Essais aux ultrasons

I.19-Avantages de la maintenance 4.0 (prédictive) par rapport à la préventive

La maintenance préventive est une méthode de maintenance qui permet d'entretenir des Équipements en effectuant des vérifications périodiques sur ceux-ci. Les stratégies de maintenance préventive comprennent

- Les contrôles de routine
- Les mesures et ajustements
- Les changements d'huile et lubrification
- Les changements de pièces

Elle intervient pour l'identification et le changement systématique de composants

endommagés. Elle doit déterminer le moment idéal pour effectuer cette opération. On ne peut pas savoir à l'avance quelle pièce va s'user. On est donc obligé d'effectuer des inspections périodiques, ces dernières vont nécessiter de la main d'œuvre, l'arrêt de la machine et présentation d'un certain coût. Il peut aussi arriver qu'on change une pièce par précaution alors que celle-ci fonctionne parfaitement bien. Des études ont montré que dans 30% des cas, la maintenance préventive se révèle inutile, et peut même provoquer des problèmes supplémentaires.

I.20- CONCLUSION :

Dans ce chapitre, nous avons donné une idée de la Maintenance en Général et de la Maintenance 4.0 (prédictive), ses objectifs, ses méthodes de mise en œuvre et comment passer de la maintenance industrielle à la maintenance industrielle 4.0.

INTRODUCTION :

Industrie 4.0 ou la quatrième révolution industrielle: un changement d'époque basé sur l'innovation technologique dans le domaine des systèmes de production et du dialogue entre entreprises, filières et marché.

Tous les processus de fabrication sont **interconnectés** et contrôlés grâce à l'utilisation de nouvelles technologies numériques, de capteurs et de connexions sans fil à bas coût, qui les interfacent également à des logiciels de gestion d'entreprise.

Tous les processus de gestion - y compris ceux administratifs, logistiques et commerciaux - sont intégrés en temps réel, par le biais de logiciels ERP de deuxième génération (ERP2), à toute la chaîne de production et de distribution, c'est-à-dire au marché, aux réseaux des agents, aux techniciens extérieurs, aux filiales et à toute la filière des fournisseurs



Figure. 2-1. l'intervention d'ERP.[4]

2.1.ERP (Entreprise ressources planning) :

2.1- définition d'un ERP :

«Ensemble de logiciels interconnectés intégrant les principales fonctions nécessaires à la gestion des flux et des procédures de l'entreprise» (comptabilité et finances, logistique, gestion de la production, maintenance , etc.). Tous ces logiciels accèdent à des ressources communes, en particulier des bases de données.

Les ERP sont des logiciels intégrés qui fonctionnent en temps réel, c'est à dire que toute information entrée est prise en compte immédiatement par le système. Cette information est ensuite disponible pour l'ensemble des services de l'entreprise. Par exemple une prise de commande sera immédiatement disponible pour le service des achats.

Lorsque vous recherchez "Que sont les systèmes ERP", vous découvrirez qu'il existe plusieurs types. [9]

2.2- Les différents types de logiciels ERP :

• Il ya quatre différents types de logiciels ERP :

TYPES DE LOGICIELS ERP		EXEMPLES
ERP généralistes	-Un logiciel unique qui propose les fonctionnalités de base. -Il répond à l'ensemble des besoins d'une entreprise et peut être implémenté sur une large majorité des secteurs d'activité. -Non personnalisables.	SAP
ERP spécialisés (verticale)	Ce sont des ERP spécifiques à l'industrie. Les fournisseurs ERP verticaux sont souvent des startups ou de petites entreprises qui tentent de se concentrer sur un créneau tel que la construction, la distribution dans les supermarchés ou la mode de vente au détail.	Microsoft Dynamics
ERP open source	-Logiciels libres qui n'imposent pas l'acquisition d'une licence. -Sont nettement moins chers, mais les services associés sont minimales. -S'adaptent parfaitement aux besoins des PME, mais imposent de bonnes connaissances en informatique.	ODOO
ERP en mode SaaS (basé web)	ERP non commercialisés sous forme de logiciel, mais sous forme de service. La différence notable des ERP en mode SaaS est la présence d'un serveur à distance qui permet une connexion à partir de n'importe quel ordinateur, mais aussi à partir des Smartphones et des tablettes.	People Soft

2.2.1-Les deux principaux types sont :

2.2.1. 1-Les systèmes sur site : et les systèmes basés sur le cloud. Les systèmes sur site sont comme les autres types de logiciels informatiques que vous pouvez utiliser. Vous devez acheter le logiciel et la licence, puis installer l'ERP sur vos propres ordinateurs. [9]

2 2.1. 2-Les systèmes Cloud : en revanche, ne sont pas installés sur les ordinateurs de votre entreprise.

Vous payez un abonnement mensuel pour y accéder, puis vous pouvez vous connecter au système via le navigateur Web de votre ordinateur. [9]

2.2.2-Quel type devriez-vous choisir?

Pour les petites entreprises, l'utilisation de services informatiques basés sur le cloud présente de nombreux avantages.

Ils ont des coûts initiaux inférieurs car vous n'avez pas besoin d'acheter de licence, et les frais sont prévisibles en raison du modèle d'abonnement. Puisque vous accédez au système via votre navigateur, vous pouvez facilement travailler de n'importe où, sur n'importe quel appareil, ce qui est attrayant pour les propriétaires d'entreprise occupés.

2.3-les principaux avantages d'un logiciel ERP ?

La mise en place d'un ERP dans une entreprise permet de bénéficier d'un certain nombre d'avantages qui facilite les activités des différents services dont on peut citer :

- Centraliser les flux et les données de base.
- La fiabilité et l'intégrité des différentes données et informations stockés.
- La réduction de la durée des transactions.
- Accès aux informations en toute sécurité.
- Automatisation des traitements et contrôle de gestion.
- Meilleure communication entre les différents services
- Les limites d'un ERP :

Malgré les avantages des systèmes ERP, ils existent quelques limites qui empêchent certaines sociétés de le mettre en place, voici les inconvénients les plus courants rencontrés:

- ✓ -Le coût est très élevé.
- ✓ Il demande beaucoup des efforts par ses utilisateurs.

L'importance de l'ERP pour compléter les GMAO pour éviter les dysfonctionnements

C'est, pour moi, une première étape essentielle vers la "maintenance 4.0 du futur", avant de parler prédictif. Mais elle se heurte à un écueil : les responsables de maintenance souhaitent un outil métier, donc de GMAO (Gestion de maintenance assistée par ordinateur) pour réaliser leur missions métier mais ne se préoccupent pas de savoir comment ils vont dialoguer avec le reste du système.

Il est pourtant crucial, et encore plus aujourd'hui, de pouvoir communiquer avec le service production, achats et comptables et de faire circuler l'information.

A mon sens, digitaliser la maintenance n'a pas de sens si ce n'est pas connecté au système d'information global de l'entreprise (ERP).

Sur le terrain, nous constatons que des industriels, équipés en GMAO, sont souvent incapables de dire quel est le coût réel de leur maintenance.

Si leur outil n'est pas lié à l'ERP de l'entreprise, il est très compliqué de répondre à cette question. [9]

2.4-Les principaux éditeurs d'ERP :

- SAP (devant)
- Oracle Corporation (le rival)
- Microsoft Dynamics
- Sage (PME-PMI)...

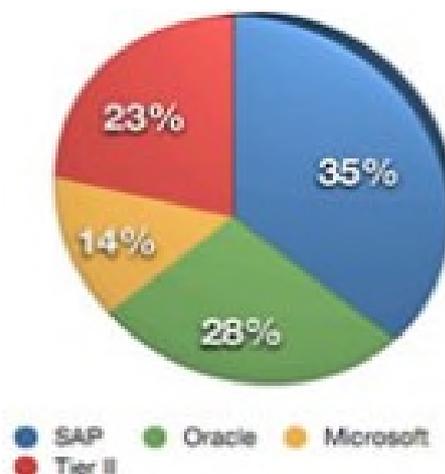


Figure 2.2 les éditeurs d'ERP. [4]

2.5-Quels sont les bénéfices directs de l'intégration de la GMAO à l'ERP ?

- Une meilleure gestion des pièces détachées

Le premier avantage indéniable est la simplification de la **gestion des stocks de pièces détachées**. Les techniciens n'ont plus besoin d'entrer les données de pièces détachées deux

fois, et n'expriment plus de doutes quant à leur exactitude. Tous les chiffres importants sont transmis par le système pour accélérer les opérations.

➤ 2. Une meilleure gestion des commandes

Tout responsable maintenance souhaiterait pouvoir accélérer le processus de commande d'une pièce détachée manquante. Il s'agit souvent d'un processus long et compliqué, impliquant de nombreux départements, et qui requiert de nombreuses approbations. Grâce à l'intégration GMAO/ERP, un technicien peut signaler une pièce détachée manquante dans votre logiciel de gestion des actifs et ainsi générer et envoyer une commande à l'ERP qui notifiera tous les employés concernés pour faciliter le processus.

➤ 3. Un système de rapport unifié

L'intégration GMAO/ERP offre à tous les employés un accès au hub d'informations, dont ils peuvent utiliser les données afin de prendre des décisions essentielles.

➤ 4. Une amélioration de la communication interne

L'accessibilité accrue aux données et la suppression des données superflues contribue à l'amélioration de la réactivité des différentes équipes de l'usine.

➤ 5. Une optimisation de la planification des tâches

C'est une situation gagnant-gagnant, dans laquelle le département et les responsables des ressources humaines peuvent réellement évaluer les compétences des techniciens, peu importe leurs diplômes. Ils peuvent évaluer précisément le temps passé sur n'importe quel équipement et les situations qu'ils ont résolu. Ils peuvent également rappeler aux employés leurs formations ou leurs renouvellements de licences obligatoires. Ainsi, les responsables maintenance peuvent optimiser leurs besoins de recrutement et le temps de leurs équipes en se basant sur les données RH. Pour leur part, les techniciens de maintenance peuvent mieux appréhender et mettre en avant leurs compétences, progrès et interventions. [9]

2.6-La solution de Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur (GMAO)

Mobility Work

Inspirées par l'industrie 4.0, Mobility Work est hébergé dans le cloud, propose une application mobile ergonomique ainsi que des API connectables à n'importe quel progiciel de gestion intégré.

Un logiciel de gestion de maintenance permet aux entreprises de gérer leurs équipements ainsi que leur maintenance générale, mais propose également les fonctionnalités suivantes :

- ✓ Fiche équipement
- ✓ Maintenance programmée

- ✓ Création et contrôle de bons de travail
- ✓ Gestion des pièces détachées
- ✓ Analyse des données

La plupart des professionnels de maintenance qui ont déjà adopté Mobility Work dans leurs routines ont souligné les avantages suivants :

- ✓ Amélioration de la productivité et des performances générales de l'usine
- ✓ Réduction des temps d'arrêts et des pannes
- ✓ Mise en place facile
- ✓ Amélioration des analyses prédictives et des tendances des données
- ✓ Prolongation de la durée de vie des équipements

De l'avis des chefs d'entreprise, il est presque impossible de trouver un éditeur de logiciels qui puisse offrir la solution parfaite pour tout.

C'est pourquoi les entreprises préfèrent acheter des logiciels spécialisés et plus performants (ERP, GMAO et CRM) chez plusieurs fournisseurs, et les connecter ensuite en utilisant les API. [9]

2.7-Synergies GMAO – ERP

Plusieurs aspects de la maintenance doivent être traités en lien avec l'ERP :

- ✓ La gestion de la production
Connaître l'utilisation des équipements grâce aux ordres de production passés afin de connaître le taux d'utilisation de chaque machine et prévoir la maintenance en fonction.
- ✓ La gestion des stocks
Que ce soit pour prévoir les interventions sur les machines et anticiper le réapprovisionnement des pièces détachées et d'outils, mais aussi pour mutualiser les demandes d'achats de la production et de la maintenance.
- ✓ La gestion des ressources humaines

En prenant en compte les indisponibilités, pics d'activités, etc., afin de prévoir des plannings d'interventions fiables et efficaces.

L'analyse des fréquences de panne réalisées dans la GMAO – MTBF (Mean Time Between Failure ou Moyenne des Temps de Bon Fonctionnement) et MTTR (Mean Time To Repair ou Temps Moyen pour Réparer) – sont aussi des indicateurs à surveiller en permanence. Avec ces informations, on peut calculer un indicateur de productivité et donner le temps moyen entre deux pannes pour caler la fréquence de maintenance préventive. Cette dernière doit être

exploitée dans l'ERP dans les routines de calculs de charge, pour réaliser un ratio de productivité et gérer les plans de production.

En regroupant ces informations issues de logiciels différents, le côté préventif de la maintenance s'améliore. Une première étape de maintenance prédictive peut même être envisagée.

Les informations à partager entre ERP et GMAO sont nombreuses. L'intégration poussée de ces logiciels s'inscrit parfaitement dans le concept de maintenance 4.0, où une usine devient finalement un système global interconnecté.

2.8-Microsoft Dynamics 365 :

Microsoft Dynamics 365 est une gamme de produits d'applications de planification des ressources d'entreprise intelligentes (ERP) et de gestion de la relation client (CRM) annoncée par Microsoft en juillet 2016 et lancée le 1er novembre 2016. Elle est actuellement mise en œuvre au sein de la société National de Véhicule Industriel CI-TIARET.

2.9-Benefits of Dynamics 365:

- Dynamics 365 est l'une des rares suites d'entreprise basées sur le cloud qui offre des fonctionnalités CRM et ERP en un seul endroit, rationalisant les ventes, le service client, le service extérieur, les opérations, les finances, le marketing, la maintenance et l'automatisation des services de projet, le tout sous un seul et même toit. De plus, ces applications sont intégrées à nos outils d'usage quotidien tels qu'Outlook et Excel du pack Office 365.
- Dynamics 365 vous donne accès à des informations à 360 degrés en temps réel avec des analyses prédictives intégrées. Power BI, Cortana Intelligence et Azure Machine Learning sont tous intégrés en natif, ce qui vous permet d'accéder à des informations prédictives, à des conseils prescriptifs et à des actions concrètes.
- La productivité des employés sera certainement stimulée avec l'utilisation de Dynamics 365, au sein de la même application, ils ont accès à l'ERP, au CRM, à Office 365 et à des applications supplémentaires, activées selon les besoins.
- La sécurité est la plus grande préoccupation des organisations avant de commencer à utiliser un système en nuage, car leurs données commerciales et transactionnelles critiques sont stockées dans un système en nuage tiers. Dynamics 365 est une solution en nuage qui comporte des contrôles de sécurité et d'accès robustes pour les applications et les données qui sont intégrés dans les services en nuage, y compris le

centre de données physique, la connectivité réseau, la plateforme d'hébergement de services et l'accès des utilisateurs et des administrateurs.

- Les applications individuelles peuvent être utilisées telles quelles et les organisations peuvent ajouter de nouvelles applications en fonction de leurs besoins.
- Dynamics 365 est très facile à utiliser car les applications sont répertoriées dans AppSource. Ainsi, chaque fois que vous avez besoin d'une nouvelle application, il suffit de faire une recherche dans App Source, d'en avoir une idée détaillée, de lancer l'abonnement et de l'utiliser. [10]

2.10-CONCLUSION :

Dans ce chapitre, nous présentons certains des types d'ERP qui existent sur le marché, et leur relation avec la maintenance 4.0(Prédictif).

Et les objectifs que nous atteignons grâce à la mise en œuvre de cette discipline, nous passerons au chapitre suivant consacré à l'étude de l'application de la maintenance 4.0 chez la société nationale des véhicules industriels CI-TIARET.

INTRODUCTIO :

La Société Nationale des Véhicules Industriels est la seule entreprise étatique en Algérie spécialisée dans la production et la fabrication de véhicules industriels et remorques. Etant une institution d'importance pour l'État algérien, elle a modernisée et développée en fournissant à l'usine des machines modernes et sophistiquées dans le respect de la modernité, et la maintenance a eu une part de ce développement pour l'application des programmes modernes et avancés.

Dans ce chapitre, nous abordons le modèle Tiaret et examinons la mise en œuvre de la maintenance prédictive. Nous avons donc divisé ce chapitre en trois parties.

Première partie, présentation de la société et de ses produits.

La deuxième partie est de savoir comment implémenter Microsoft Dynamic 360 dans l'entreprise ci-Tiaret et ses exigences.

La troisième partie est le choix d'un échantillon pour étude et comparaison de la maintenance conventionnelle et de la maintenance prédictives, et quels sont les avantages et les inconvénients .

3.1-Filiale Carrosseries Industrielles (C.I.T)

La Filiale Carrosserie Industrielle de Tiaret, située à la commune de Ain Bouchekif-Tiaret à 3Km de l'aéroport de Tiaret, spécialisée dans la conception et la fabrication de carrosseries industrielles portés et tractés dans les gammes suivantes : Plateaux, Bennes, Citernes à eau, Citernes hydrocarbures, cocottes à ciment, Portes engins, Fourgons frigorifiques/standards et véhicules spéciaux.[11]



Figure 3.1- La Filiale Carrosserie Industrielle de Tiaret. [10]

Adresse : Z.I – Ain Bouchekif -Tiaret - Algérie

Tél : 213 46 24 94 20/33

Fax : 213 46 24 94 19

Email : citiaretdg14@yahoo.fr

Année de démarrage en production : 1982.

3.1.1-PRESENTATION ENTREPRISE C.I.TIARET

1-**Dénomination (Raison sociale)** : EPE Carrosserie Industrielle de Tiaret Spa

2-**Capital social** :2.000.000.000,00 DA

3-**Localisation (Adresses : Siège et Usines)** : Commune de Ain Bouchekif – Daïra de Dahmouni- Wilaya de Tiaret (à 3 Km de l'aéroport d'Abdelhafid Boussouf)

Tél Fax-EmailN°**Téléphone** : 06.60.82.12.20 – 046.24.94.33

– **Fax** : 046.24.94.19 – **Email** : snvi_Citiretdcf@yahoo.fr

4-Contacts dans le cadre de la sous-traitance et partenariat.

Partenariat contracté en octobre 2008 avec BTK.ALGERIE SC (BTK.ALGERIE 60% et SNVI 40%). Il a été dissout le 03 octobre 2013, après le rachat par le groupe SNVI de la totalité des actions de BTK.ALGERIE SC, détenues dans le capital social de BTK.TIARET Spa, et par suite BTK.TIARET Spa est devenue à 100% une filiale du groupe

SNVI dénommée EPE C.I.TIARET

5-Date de création de l'Entreprise.

Démarrage en production de l'Entreprise en 1982 . Elle est devenue BTK.TIARET Spa à compter du mois d'octobre 2008 après Partenariat de SNVI avec BTK ALGERIE S/C – Actuellement elle est devenue CITIARET/ Filiale du groupe SNVI, à compter du 03 octobre 2013, après rachat de la totalité des actions de BTK.ALGERIE SC , détenues dans le capital social de la société BTK.TIARET Spa.

6-Site Web.

Site web disponible est celui du Groupe SNVI « snvigroupe.dz »

7-Organisation industrielle (Organigramme/principales fonctions).

Les principales fonctions sont les Directions : Fabrication – Technique - Approvisionnements & ventes - Maintenance -Administration et finances - Informatiques & Audit et contrôle de gestion - Département Gestion des ressources humaines

8-Effectifs inscrit (par nombre et catégories socioprofessionnelles).

Cadres=89 / Agents de maîtrise=36 / Agents d'exécution= 310 TOTAL : 435



Certification :

La Filiale Carrosserie Industrielle de Tiaret est certifiée ISO 9001 version 2008 depuis l'année 2007.

Activités:

Production de carrosseries industrielles, utilisant les techniques et procédés de chaudronnerie

Production d'équipements tractés :

- ✓ Plateaux et porte conteneurs
- ✓ Bennes entrepreneurs, carrières et céréalières
- ✓ Citernes hydrocarbures et à eau
- ✓ Cocottes à ciment
- ✓ Portes engins
- ✓ Fourgons frigorifiques et standards
- ✓ Remorques
- ✓ Véhicules spéciaux destinés à des applications spécifiques tels que :
 - ✓ Clinomobile pour collecte de sang,
 - ✓ Sous-station mobile pour transformation de l'énergie électrique,
 - ✓ Entretien et graissage
 - ✓ Fourgons ateliers,
 - ✓ Porte-pipes,
 - ✓ Porte palettes porte bouteille gaz.
 - ✓ La filiale maîtrise également le carrossage des véhicules moteurs (châssis cabines) dans les gammes suivantes :
 - ✓ Plateaux standards porte palettes pour bouteilles à gaz,
 - ✓ Bennes entrepreneurs, carrières, céréalières et à ordures ménagères
 - ✓ Citernes à eau et hydrocarbures,
 - ✓ Fourgons standards et frigorifiques.

Installations industrielles:

- ✓ Débitage
- ✓ Soudage
- ✓ Usinage
- ✓ Peinture

- ✓ Contrôle et jaugeage
- ✓ Menuiserie
- ✓ Adaptation Prototypes

Capacité annuelle :

Capacité annuelle de 9000 Produits (7000 portés et 2000 tractés) répartie comme suit :

✓ Plateaux	3500
✓ Bennes	4150
✓ Citernes	500
✓ Portes Engins	200
Fourgons	650(11)

Galleries de photos sur la filiale Carrosserie voir annexe.

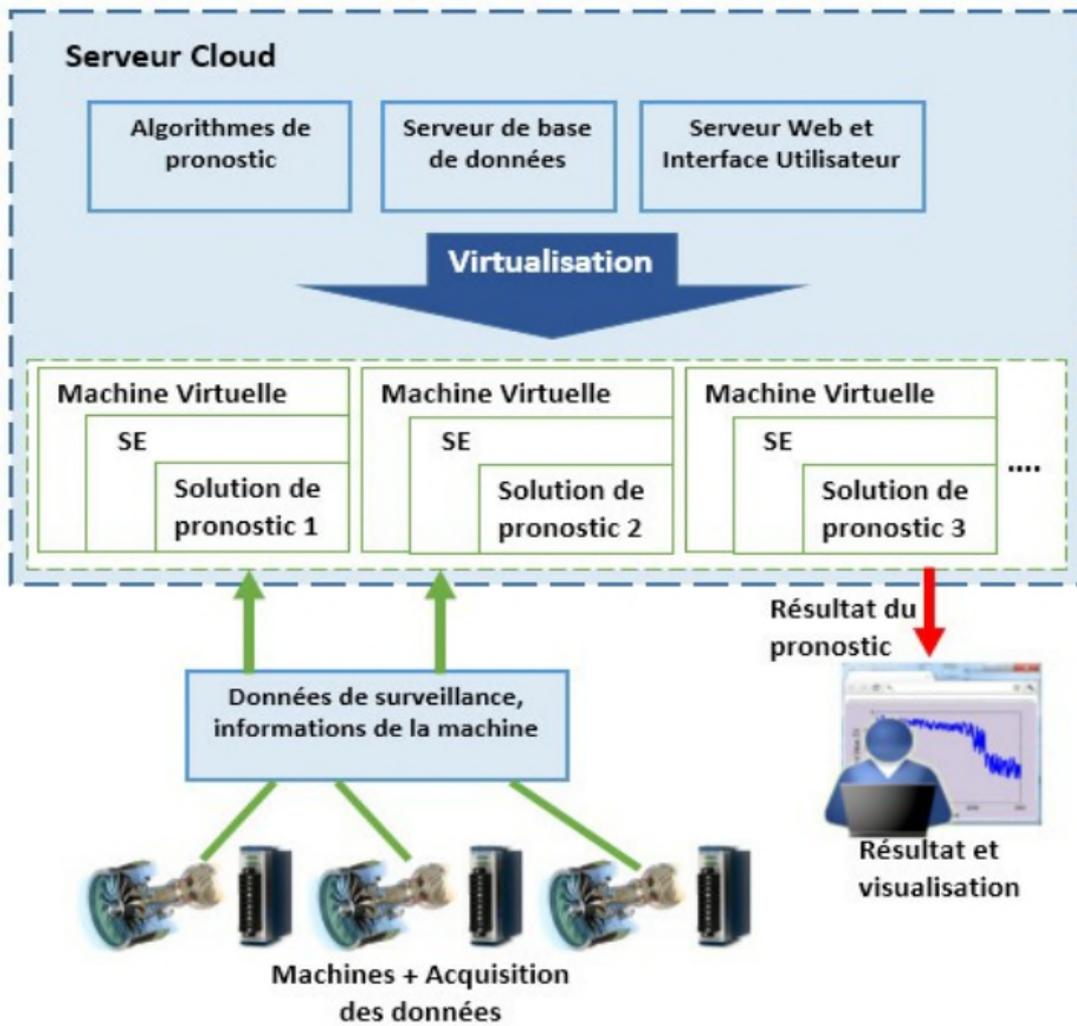


Figure 3.2- la solution maintenance 4.0[10]

3.2-Les étapes de base dans la mise en place de la maintenance 4.0

3.2.1-Mettre en place un réseau

Pour mettre en œuvre le système de maintenance 4.0, nous avons dû créer un réseau d'information qui se connecte entre les machines et les ordinateurs situés au niveau des quatre ateliers, ainsi que les bureaux d'études, et ce réseau est un faisceau de fibres optiques qui fonctionnent par un système centralisé contrôlé depuis un centre informatique.

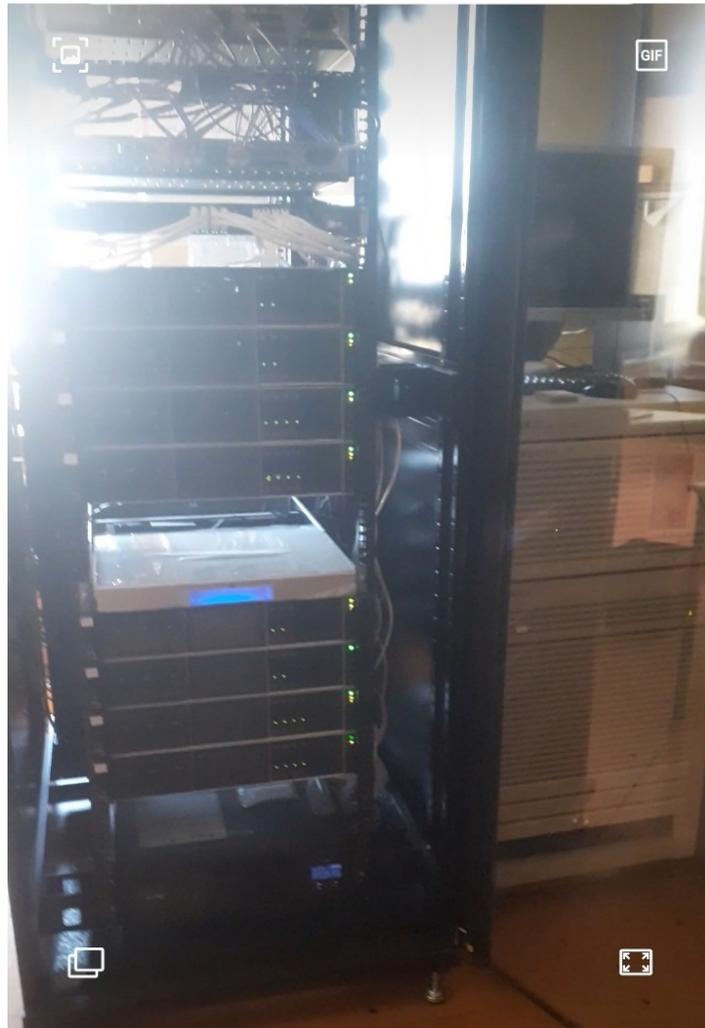


Figure 3.4- Ordinateur central[10]

3.2.2-La collection des des défauts

La station d'information est l'une des machines à l'intérieur de l'usine et un lien entre le service de maintenance, la machine et l'ouvrier. Cette station contient un ordinateur principal et des équipements reliés entre eux qui forment un réseau pour capturer les informations et les défauts des machines via les capteurs dans les machines et exécuter le programme Microsoft Dynamics 365 pour transférer ces informations directement au service de maintenance pour intervenir à son tour pour réparer la panne



Figure 3.5-Les départs des lignes vers les ordinateurs de maintenance et de la production et les autres directions[10]



Figure 3.6-Armoire qui recepte et emite les information [10]

3.2.3-Le choix d'un logiciel

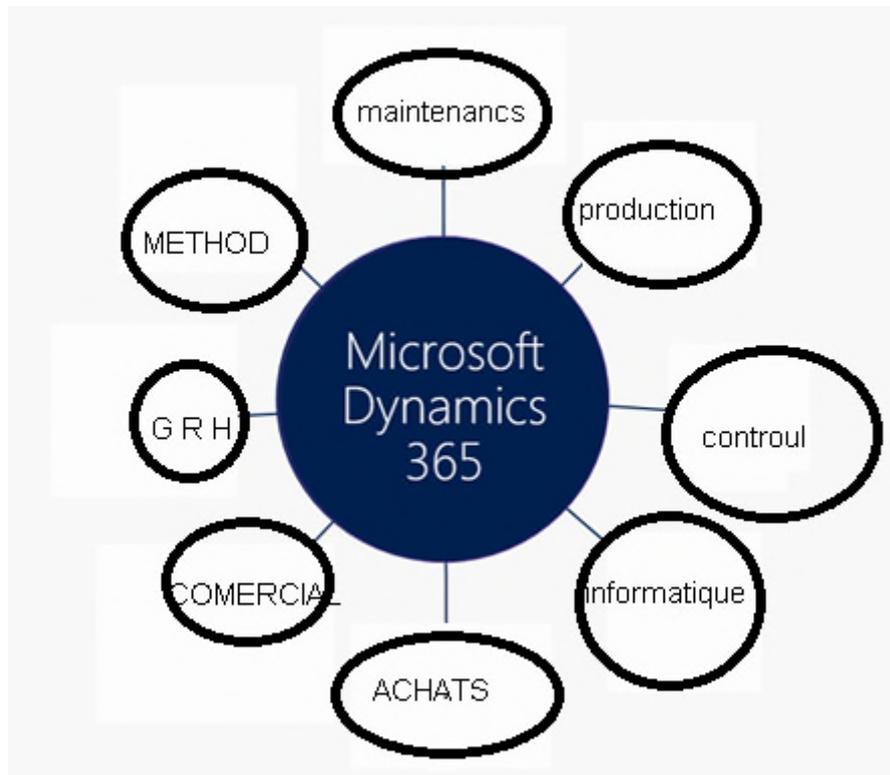


Figure 3.7-LA SOLUTION Microsoft Dynamics 365 [10]

3.2.3.1-Pour quoi Microsoft Dynamics 365 : quels avantages ?

Microsoft Dynamics 365 est disponible en deux versions de base : pour les **PME** et pour les grandes entreprises. Grâce au modèle **SaaS** (Software-as-a-Service), Dynamics 365 garantit

un déploiement rapide, souple et économique, basé sur les toutes dernières technologies **ERP** Microsoft. Dynamics 365 vous offre de nombreux avantages :

- Fonctionnalités éprouvées de Microsoft Dynamics
- Intégration complète de Microsoft Dynamics ERP et **CRM**
- Large gamme d'applications intégrées à Office 365
- Outils décisionnels Power BI et Cortana Intelligence
- Modèle de données unifié pour toutes les applications
- Technologie de **cloud** Microsoft sécurisée
- Mise en œuvre rapide et économique
- Mobilité : PC/Mac/tablette/Smartphone
- Vastes possibilités d'expansion avec les applications professionnelles Microsoft
- Large choix de modèles de licence et de déploiement
- Fin des investissements dans une infrastructure développée en interne
- Logiciels et services systématiquement à jour

3.2.3.2-PROGRAMME PARTAGES AVEC MICROSOFT DYNAMIC 365

3.2.3.2.1-IoT : la solution d'avenir pour la maintenance du futur

Le numérique ouvre les champs des possibles, les entreprises sont à présent en mesure de prédire les pannes avant qu'elles n'aient lieu. La maintenance prédictive consiste à réaliser un pronostic quant à la probabilité qu'un dysfonctionnement ne se produise et ainsi anticiper l'obsolescence d'un appareil à partir de l'interprétation des données en provenance des objets connectés industriels (IoT).

Des capteurs placés sur différentes parties d'une machine collectent en temps réel un volume important de données. Différentes types analyses :

- ✓ Acoustique
- ✓ Thermique
- ✓ Vibratoire

Un nombre illimité d'objets peuvent être surveillés simultanément, ces données sont ensuite centralisées sur le Cloud puis analysées afin de connaître l'état général des actifs et reconnaître les signes avant-coureurs d'une anomalie tels qu'une modification de la température, d'un mouvement voire la baisse du niveau d'un fluide. Le big data représente la clef de voûte de la maintenance 4.0, il est alors possible d'accéder en un clic à l'historique des défaillances. Les entreprises peuvent savoir avec précision à quel moment, à quel endroit une panne surviendra, elles procèdent ainsi à la planification « juste à temps » de l'intervention et évite l'arrêt des

machines. En effet l'indisponibilité d'un appareil entraîne des coûts directs et indirects élevés sans compter l'effet domino qui cela génère. Les industriels qui parviennent à capter les données pertinentes ont un avantage concurrentiel indéniable. [12]

3.2.3.2.2-Les apports du machine learning

Le machine learning est une technologie liée à l'intelligence artificielle, va faciliter l'analyse des données et la mise en place d'algorithmes capables de prédire les anomalies. Pour cela il faut identifier le point de limite d'utilisation d'une machine, cela n'est possible qu'en laissant celle-ci tomber en panne. L'intelligence artificielle va alors apprendre de manière autonome et mettre en place des algorithmes qui frôlent la prédiction. L'IA va jouer le rôle de super assistant maintenance et aidera l'homme à:

- ✓ Exécuter instantanément des calculs complexes.
- ✓ Faciliter la prise de décision.
- ✓ Optimiser les plannings d'interventions.

3.2.4-Formation des groupes d'intervention

- Former une équipe de techniciens de maintenance pour travailler en un seul groupe pour intervenir dans les domaines de l'électricité, de la mécanique et de l'automatisation, et ce groupe doit améliorer le contrôle dans le domaine des médias automatisés.

3.2.5-Préparer un plan de maintenance sur une application de GMAO 4.0

Pour créer un plan de maintenance calendaire, il faut :

- sélectionner le type d'événement à créer (hebdomadaire, mensuel, annuel) ;
- choisir la périodicité ;
- choisir le nombre de répétitions ;
- sélectionner le ou les équipements auxquels s'appliquera cette planification ;
- sélectionner les opérateurs qui réaliseront les opérations de maintenance ;
- ajouter des mots-clés, de manière à optimiser l'analyse du plan de maintenance et à fournir des informations aux utilisateurs ;
- déterminer l'échéance ;
- déterminer le temps d'arrêt prévu de la machine ;

- déterminer le temps prévu d'intervention, afin d'avertir les responsables de production de la durée potentielle d'immobilisation de la machine ;
- ajouter de la documentation, qui sera consultable à chaque opération.

Plans de maintenance

Plan de maintenance: Nom

EX-PM Extruder Line PM

Détails

PLANIFICATION	IGNORER LA TOLÉRANCE	DÉTAILS
Date de plan	Jours de tolérance avant	Lignes
8/22/2019	0	1
Actif	Jours de tolérance après	Actifs
<input checked="" type="checkbox"/> Oui	0	3
		Postes techniques

Lignes

+ Ajouter une ligne de temps + Ajouter une ligne de compteur d'actif Retirer

✓	Ligne	Description des ordres de travail	Type de ligne	Type de tâche de maintenance	Variante du type de tâche ...	Transaction
	1.0	Extruder Line Weekly PM	Heure	Preventive	Preventive	Weekly

Figure 3.8-Plan de maintenance pour ci-tiaret[10]

3.2.5.1-Les conditions d'efficience des plans de maintenance industrielle

Pour qu'un plan de maintenance industrielle soit efficient,

Une condition préalable doit être remplie :

3.2.5.1.1-Les éléments techniques et de surveillance

D'une part, il est important que la documentation technique fournie par le constructeur soit facilement accessible à tous les opérateurs susceptibles d'intervenir sur une machine.

Grâce à une solution de GMAO nouvelle génération, c'est chose facile. En effet, tous les formats de documents peuvent être téléchargés dans l'application et rester ainsi disponibles depuis n'importe quel appareil mobile connecté (Smartphone, tablette,...).

D'autre part, des moyens de surveillance doivent être mis en place : capteurs, analyseurs de vibrations, caméras, etc. Avec la GMAO 4.0, il est possible de connecter ces moyens avec l'application pour faciliter l'analyse des données qu'ils fournissent. De plus, un QR code peut être installé sur chaque équipement pour en permettre une identification très rapide. [14]

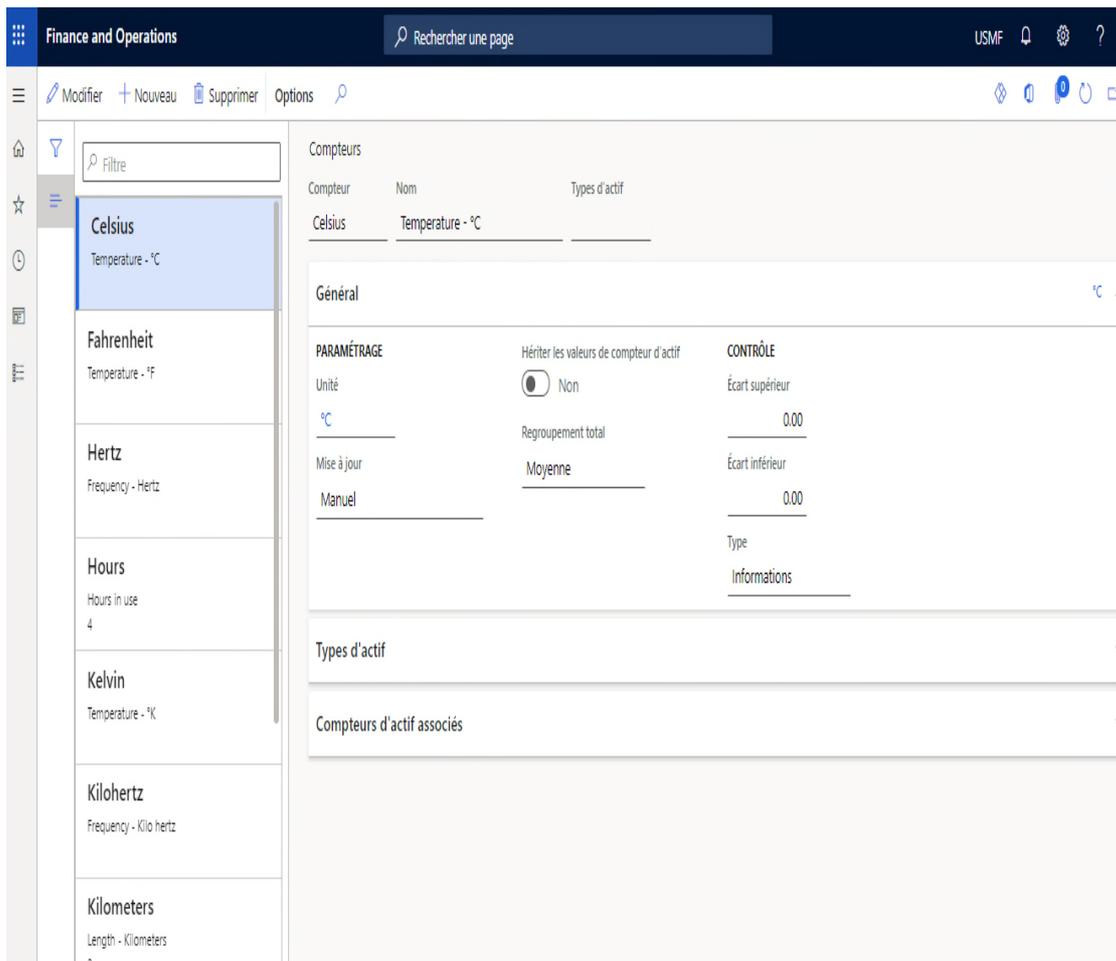


Figure 3.9-Les permettre et l'identification des capteurs[10]

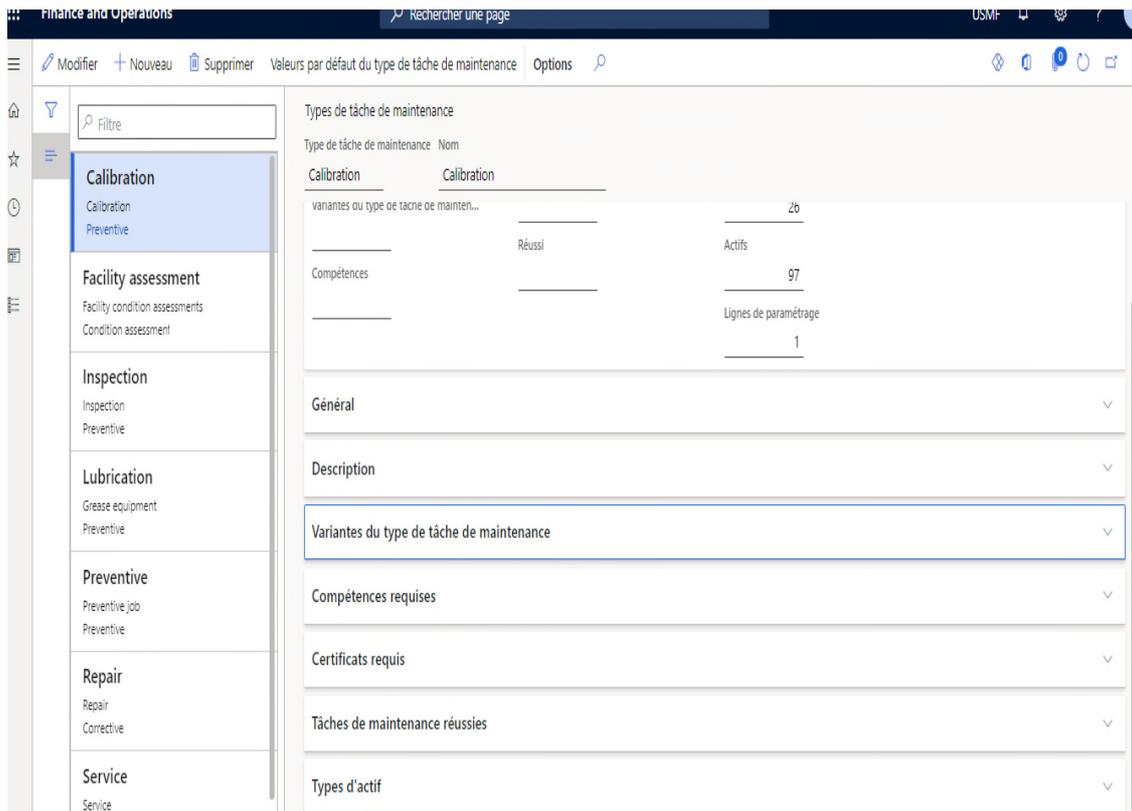


Figure3.10-Les types de tache de maintenance [10]

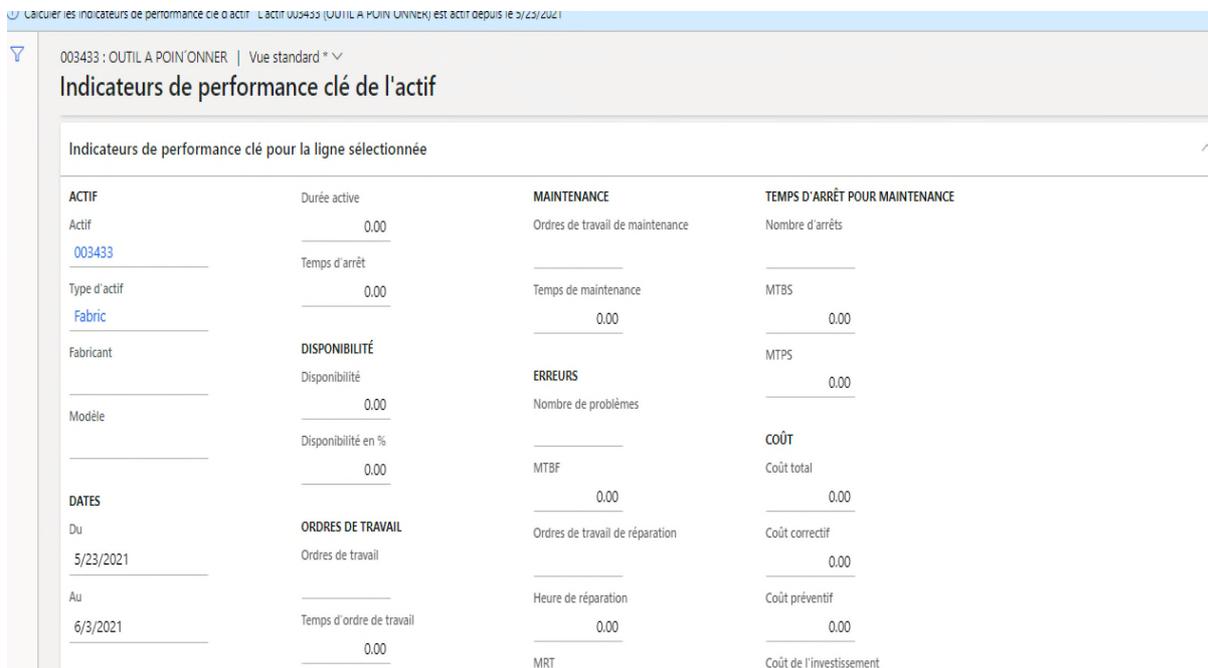


Figure 3.11-L'indicateur de performance[10]

L'indicateur de performance

Fabricant	DISPONIBILITÉ		MTPS
	Disponibilité	ERREURS	0.00
	0.00	Nombre de problèmes	
Modèle	Disponibilité en %		COÛT
	0.00	MTBF	Coût total
		0.00	0.00
DATES	ORDRES DE TRAVAIL	Ordres de travail de réparation	Coût correctif
Du	Ordres de travail		0.00
5/23/2021		Heure de réparation	Coût préventif
Au	Temps d'ordre de travail	0.00	0.00
6/3/2021	0.00	MRT	Coût de l'investissement
	Ordres de travail principaux	0.00	0.00
ECHELLE		Taux de défaillance	Valeur de remplacement
Durée	Ordres de travail secondaires	1.00	0.00
Semaines		Fiabilité en %	
		100.00	
HEURE			
Durée totale			
0.00			

Figur .3.12-Techniques de mise en œuvre [10]

La mise en œuvre de technologie de maintenance diffère selon le type de maintenance effectuée. Une maintenance curative ne nécessite aucune structure spécifique, alors qu'une maintenance préventive nécessite au minimum la mise en place d'une base de données contenant les temps de fonctionnement moyens de chaque pièce incluse dans le programme de maintenance. [14]

Dans le cadre de la maintenance prédictive, plusieurs étapes sont nécessaires:

- Classement « VIS » des machines ;
- Cinématique ;
- Points de mesure.

3.2.6.1-Classement « VIS » des machines

La surveillance des machines est indispensable si l'on veut remplacer l'entretien systématique par l'entretien préventif conditionnel « en cas de besoin ». Mais elle a un coût. Il est ruineux de vouloir tout contrôler sur des machines

bon marché dont la défaillance n'est pas gênante pour l'exploitation ou la sécurité. A l'inverse il ne serait pas raisonnable de laisser tomber une machine importante et complexe sans un minimum de contrôles.

Afin de ne pas surveiller inutilement des machines qui n'ont pas une importance capitale, on établira le classement suivant (selon le site) :

- **Machines Vitales** : machines non doublées dont la panne entraîne l'**arrêt** de la production. Les frais et les délais de remise en état sont importants. Les pertes de production sont inacceptables ;
- **Machines Importantes** : machines doublées ou non dont la panne entraîne une **baisse** sensible de la production. Les frais et les délais de remise en état sont importantes, les pertes de production aussi ;
- **Machines Secondaires** : machines doublées ou dont une panne ne remet pas en cause les capacités de production.

En fonction de ce classement, d'un indice de vétuste, d'un indice de complexité des machines, on détermine les outils de surveillance ou de diagnostic (tableau2) qui seront explicité en détail dans la suite de l'étude.

Exemple de surveillance à mettre en oeuvre			
Complexité de la machine	machie		
	Vitale	Importante	Secondaire
Complexe (présence de réducteurs)	Surveillance spectrale	Surveillance spectrale	Surveillance par niveaux globaux
Simple (une seule ligne d'arbre)	Surveillance spectrale	Surveillance par niveaux globaux	Surveillance par niveaux globaux

Tableau 2 surveillance à mettre en oeuvre

3.2.6.2-Cinématique Avant de recueillir quelque signal vibratoire que ce soit, il faut prendre connaissance de la cinématique de l'installation à surveiller.

Parmi les indications les plus importantes, il faudra connaître [14]:

- La vitesse de rotation de chaque ligne d'arbre ;
- Le nombre de pales ou d'aubages sur les ventilateurs et les pompes ;

- Le nombre de dents des engrenages ;
- Le diamètre de poulies et la longueur des courroies ;
- Le type de roulement ;
- Le nombre de barres de la cage d'écureuil du moteur etc.

Ces renseignements sont indispensables pour déterminer les outils adéquats à la surveillance efficace. Ils permettent de calculer les fréquences caractéristiques des défauts susceptibles sur les machines.

3.2.6.3-Points de mesure:

Le placement de l'accéléromètre sur les machines est très important dans la mesure ou un phénomène mécanique peut donner des images sensiblement différentes en fonction du point de mesure. Pour cela, il est nécessaire de coller sur les machines des « pastilles filetées » aux emplacements définis [14].

Pour avoir une image complète des vibrations, il faut prendre les mesures selon trois directions perpendiculaires sur chaque ligne d'arbre de la machine surveillée : deux directions radiales (horizontale et verticale) et une direction axiale (figure 3.13).

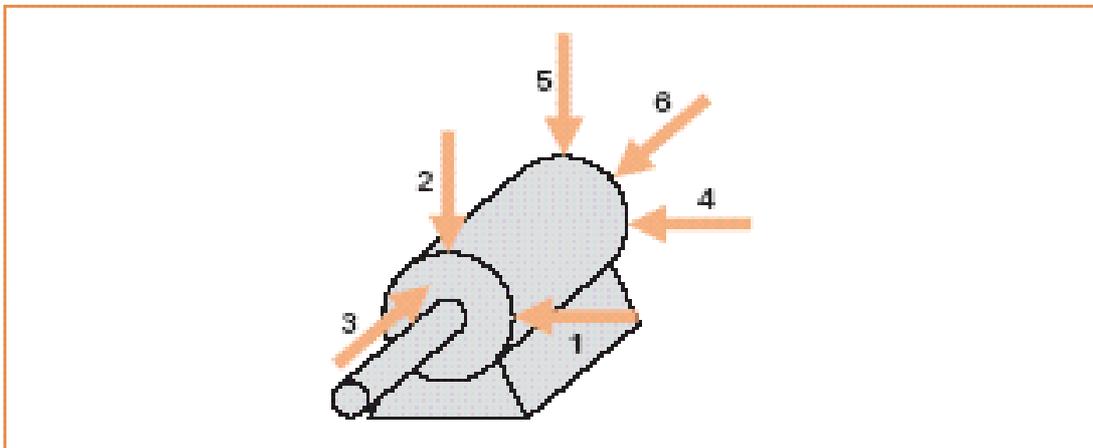


Figure 3.13- Emplacement des points de mesure selon la norme ISO

10816[10]

3.2.7-Moyens matériels et logiciels

Dans ce qui précède, nous avons répertorié :

- Les machines à surveiller ;
- Les points de mesure pour chaque machine ;

Dans la suite de l'étude, nous évoquerons les types d'indicateurs mesurés en chacun des points (indicateurs de surveillance et de diagnostic)

La surveillance à réaliser dans le cadre de la maintenance prédictive nécessite comme moyens matériels [14] :

- Un micro-ordinateur (figure 3.14b);
- Un collecteur de données (figure 3.14a) ;
- Un capteur de vibration (figure 3.14a);
- Des pastilles (figure 3.14a).

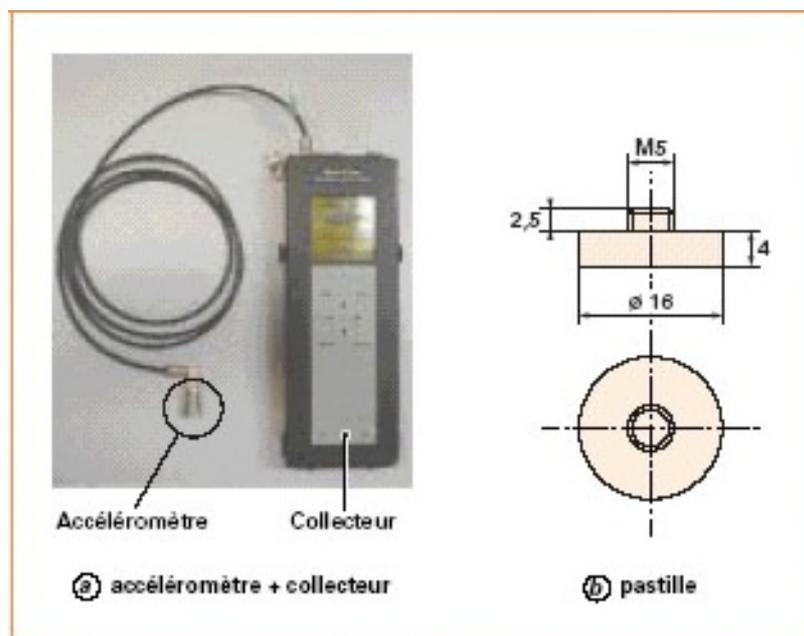




Figure 3.14b micro-ordinateur[10]

Et comme moyens logiciels [12]:

- Un logiciel d'analyse du signal.

Le matériel de mesure (capteur et collecteur) enregistre le signal vibratoire brut. En fonction des besoins de l'analyste, on définit ensuite des indicateurs calculer à partir de ce signal. L'évolution de ces indicateurs renseigne sur l'usure de la machine.

C'est ainsi qu'on procédera successivement:

- Au paramétrage du logiciel de surveillance (outils de surveillance et de diagnostic)
- Au chargement du collecteur de données à partir du micro-ordinateur sur lequel est installé le logiciel d'analyse du signal : Le collecteur ainsi préparé va guider l'opérateur sur le site afin de réaliser dans le bon ordre les mesures constituant l'itinéraire paramétré.
- A la mesure à l'aide du collecteur + capteur qui s'effectue selon une certaine périodicité fonction :
 - Du degré d'importance des machines ;
 - Des objectifs de la surveillance

Exemple : les pompes, compresseurs, moteurs sont suivies sur une base hebdomadaire.

- Au déchargement du collecteur de données dans le micro-ordinateur.
 - A la visualisation grâce au logiciel :
- Des mesures en effectuant les comparaisons avec les valeurs de référence (la signature) et aussi d'établir :
- ✓ Un seuil d'alerte au dessus duquel on considère que l'état de la machine est préoccupant ;
 - ✓ Un seuil de danger au dessus duquel une panne imminente est probable
 - ✓ Des résultats de mesures utilisés pour le diagnostic des défauts. Ce diagnostic permet de statuer sur l'état de la machine et de décider ou non une intervention sur celle-ci.

Nous pouvons citer deux principaux logiciels d'analyse disponibles :

- **SENTINEL** (BRUEL ET KJAER)
- **SURVAODIAG** (STEEL DIAGNOSTIC)

3.3-Étude de cas oxycoupage et/ou plasma

3.3.1--Description de la machine (EUROTOME 2):



Figure 3.15-oxycoupage et/ou plasma dans snvi-ci-tiaret[10]

Cette machine est fabriquée par air liquide, c'est une nouvelle génération de machine à CN mono bloc de haut qualité. Elle dispose de 4 formats disponibles [13]

2000 * 1000 mm●

1500 * 3000 mm●

2000 * 4000 mm●

2000 * 6000 mm●

Elle est composée de 3 parties principales :

1/ le châssis fixé au sol.

2/ le portique qui assure le déplacement en x.

3/ le chariot qui se déplace en y qui maintient la torche.

La torche plasma déplace sur deux axes x et y, l'axe z pour régler la hauteur en fonction de l'épaisseur du métal à couper. Le guidage s'affecté avec du rail ferroviaire et l'entraînement par system pignon crémière.

Le nouveau procédé de découpe NERTAJET HP est la dernière génération d'installations de découpe plasma Haute Précision développée par Air Liquide Welding.

Sa simplicité d'installation, d'utilisation et la qualité de ses composants permet d'accroître la productivité et d'obtenir une grande qualité de coupe plasma : la qualité NERTAJET HP. 22

Grâce à ses hautes vitesses de coupe, la durée de vie optimisée de ses consommables, la robustesse de ses composants, la performance et le dynamisme de ses cycles, la polyvalence de ses applications, NERTAJET HP vous permet de cumuler les économies afin d'optimiser vos coûts de production. Le procédé NERTAJET HP permet la mise en œuvre de la technologie Hole Master qui permet d'atteindre un niveau de qualité supérieur lors de réalisation de trous dans les aciers non et faiblement alliés dont le rapport diamètre/épaisseur de tôle est proche de 1.

Le générateur de courant NERTAJET HPi qui se décline en 2 puissances : 150 A et 300 les combinaisons de puissances sont obtenues en utilisant un ou plusieurs générateurs HP150 et HP300 HIGH PLASMA. Pour chaque puissance, le groupe réfrigérant FRIOJET est spécifiquement dimensionné afin d'obtenir le refroidissement optimum de la torche et offrir un facteur de marche à 100%. Le générateur et le groupe de refroidissement sont séparés pour favoriser les opérations de maintenance. [13]

3.3.2-HPC DIGITAL PROCESS 2(pupitre de commande)

C'est l'évolution du célèbre HPC reconnu sur tout le marché du coupage thermique.

Elle gère entièrement la machine de coupage : de la trajectoire au procédé.

Le nouveau design de l'IHM ainsi que son large écran tactile 19 pouces en fait un outil convivial et simple d'utilisation.



Figure 3.16-Pupitre de commande oxycoupage et/ou plasma[10]

3.3.3-Matériel & communication

- Gestion bus ETHERCAT,
- PC industriel,
- Disque dur SSD,
- Système temps réel

3.3.4-Guidage transversal

La poutre est équipée d'un double rail à patins permettant de fluidifier les mouvements machines et donc d'optimiser les qualités de coupe.

Les crémaillères sont orientées vers l'arrière pour limiter l'encrassement lié aux projections et poussières de coupe



Figure 3.17-La poutre Guidage transversal[10]

3.3.5-Oxy Essential

Système de réglage automatique des gaz pour l'oxycoupage.
Permet de piloter jusqu'à 4 chalumeaux depuis la commande numérique suivant le choix de l'épaisseur à couper.

3.3.6-Motorisations machines

Motoréducteurs brushless sans jeux et entretien équipés de moteurs 750 W et pignons 30 dents avec système de remplacement rapide.

L'ensemble est piloté par la dernière génération de variateur à communication ETHERCAT et garantie une fluidité de déplacement de la machine permettant d'atteindre de hauts niveaux de qualité de coupe. [13]

3.1-Le chalumeau



Figure 3.18- chalumeau_[10]

3.3.8-Sécurité & conformité

Organes de sécurité (cellules photo électrique et boutons arrêt d'urgence) assurant une protection optimale de l'opérateur.

EUROTOME ² répond à la nouvelle directive machine en vigueur EN ISO17916:2016.

Elle est de plus interconnectée à son environnement : procédé et traitement des fumées de coupage.

Le mode intervention permet d'accéder aisément aux outils de coupes.

3.3.9-Rails longitudinaux

Le guidage longitudinal est composé de rails robustes équipés de plusieurs pieds permettant de monter la machine même sur sol imparfait. L'entraînement et guidage est réalisé par des rails étirés et des crémaillères orientées vers l'extérieur.

La position des chaînes portes câbles à mi hauteur des rails permet un nettoyage aisé des sols.

Système de brossage permanent des rails, pour conserver un roulement optimum de la machine, même en utilisation intensive. [13]

(exemple de procédure d'intervention corrective)

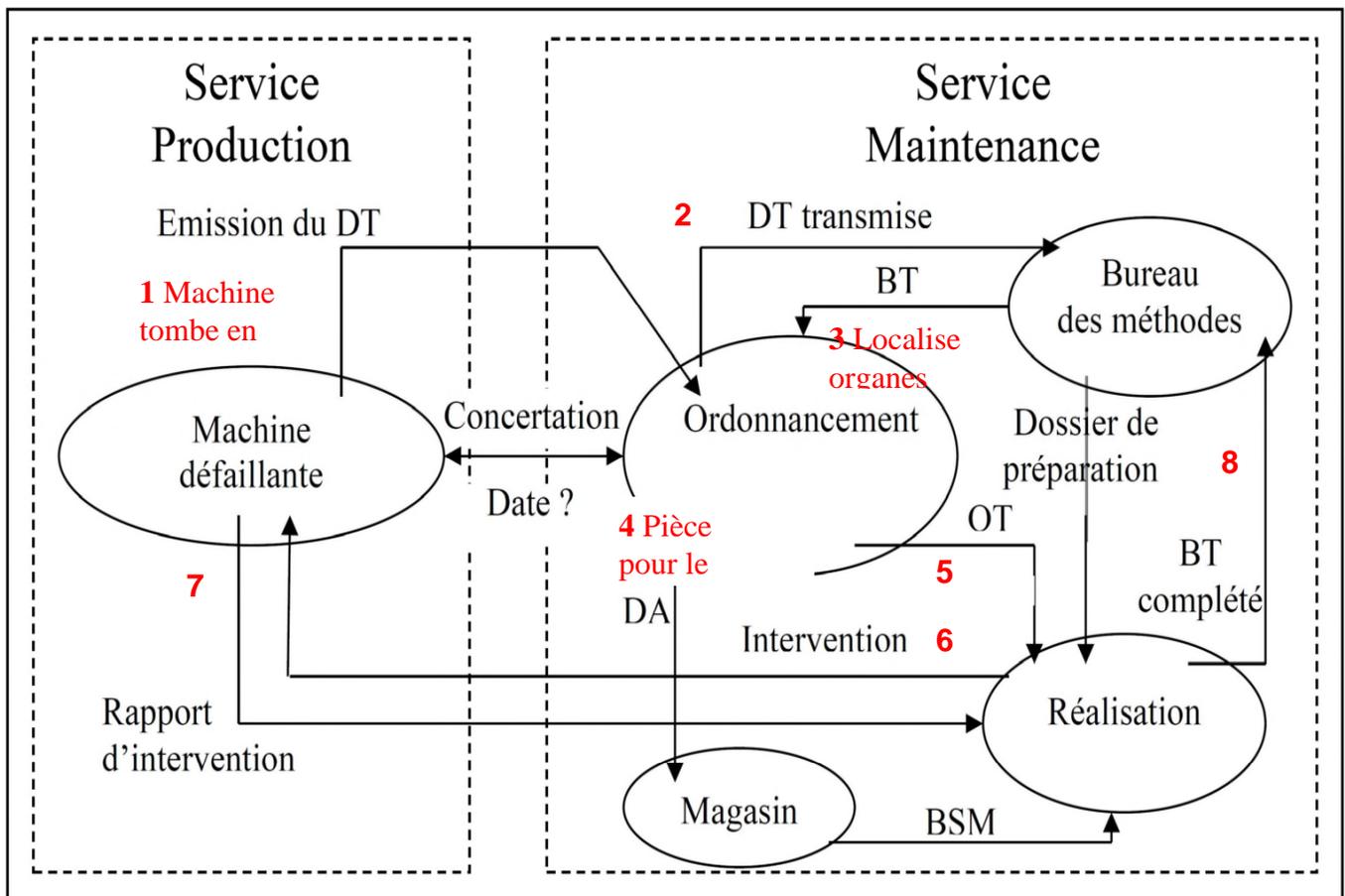


Figure 3.19- les procédure d'intervention corrective[10]

DT : demande de travail ; **OT** : ordre de travail ; **BT** : bon de travail ; **DA** : demande d'approvisionnement

BSM : bon de sortie de magasin

3.4-Les étapes de base pour réparer la machine oxycoupage et/ou plasma

3.4.1-Intervention en cas de maintenance corrective

En cas de panne de la machine, le service production devait émettre un demande de travail de la machine en panne Il s'agit d'une demande écrite adressée au Service des méthodes, qui à son tour détermine le type de dysfonctionnement et émet une bon de travail à l'équipe compétente selon le type de dysfonctionnement A son tour, l'équipe technique se rend sur la machine pour rechercher le défaut existant. Ceci en déterminant les pièces de rechange nécessaires pour terminer le processus de réparation. Si l'on calcule le temps nécessaire entre la sortie du récépissé de travail et la demande de travail, le l'équipe technique est d'environ 30 minutes En plus d'identifier le défaut et les pièces de rechange nécessaires, environ 15 minutes. C'est dans les circonstances les plus courtes.

3.4.2-Intervention en cas de maintenance 4.0

Étant donné que la machine est équipée de capteurs de vibration, de pression et de température, ces capteurs mesurent tout changement dans l'une des valeurs fixes précédemment déterminées.

Dans le cas où l'une des valeurs est modifiée, que ce soit en diminuant ou en augmentant, le collecteur donnera un signal qu'il y a un défaut, et ce signal est envoyé sur le réseau précédemment installé pour être capturé et analysé par le programme installé, qui à son tour transmet une demande de travail directe à l'unité spécialisée du service de maintenance

Toutes les demandes de maintenance | Vue standard ▾

CIT0-00000009: Actif_1 maintenance

Actif ^

ACTIF	ACTIF	TÂCHE	ORDRE DE TRAVAIL
Poste technique 1165	Nom Actif_1	Type de tâche de maintenance Mécanique	Temps d'arrêt pour maintenance 4/7/2021 12:00:00 AM
Actif Actif_1	Type d'actif Poinçonneuse	Variante du type de tâche de mainten... moyen	Ordre de travail CIT0-00000022
VÉRIFIÉ	Fabricant Samsung	Transaction Opération 1	
Actif vérifié <input type="radio"/> Non	Modèle Note 10		
Vérifié par _____			

Entrante/Sortante ▾

Figure 3.20-Demande de travail qui fourni par oxycoupage et/ou plasma[10]

3.4.3-Historique de machines et installation dans la maintenance classique

Chaque fois que le travailleur note les données d'entretien de la machine sur une copie de papier, il doit être référencé lors du calcul le M.T.B.F- M.T.T.R- M.R.L

C.I.T		HISTORIQUE DE MACHINE ET INSTALLATION						CODE : F 01 / OPS02		
								INDICE : 1		
								PAGE :		
IDENTIFICATION... 2177-40632 / Electrique										
DATE	BON N°	DESIGNATION	N A T			VALEUR		T. P.	PRINCIPALES PIECES PR	VALEUR PR
			P	C	M	M. O.	NP HI TH			
14.10.14	-/AE	Rep et contrôle -					370,32	02/11/24	N	u
02.12.14	02/14E	Contrôle					105,16	01/11/14	N	u
12.07.15	-/AE/EA	Contrôle					370,32	02/11/24	N	u
14.12.15	02/14E	Contrôle					370,32	01/11/14	N	u
27.04.16	-/AE	Rep sur Armoire électrique					740,64	02/11/24	N	u
27.04.16	-/AE	Reglage -					140,16	02/11/24	N	u
27.04.16	-/AE	Change fusible ME -					740,64	02/11/24	136000	14,40
25.02.16	-/AE/EA	Contrôle					370,32	02/11/24	N	u
15.03.17	AE/EA	Contrôle					1419,90	02/11/24	(2)136000-136000	66,76
14/01/18	001/11/14E	Contrôle					4209,90	02/11/24	NAS	u
02.01.18	2011/14E/EA	Contrôle					2404,85	01/11/14	N	u
25.11.15	02/14E	Change de (aim) sur change					1054,15	01/11/14	30(aim)155000	850,00
28.09.16	-/AE	Rep et réglage PE -					2404,85	01/11/14	136000	173,60
29.03.2016	AE/EA	Contrôle					4209,90	02/11/24	ch indisponi/ME batterie de signalisation	u

Figure 3.21-Historique de machine et installation d'oxycoupage et/ou plasma[10]

3.4.4-Historique de machines et installation dans la maintenance 4.0

Dans le cas de maintenance 4.0 A chaque intervention de réparation le programme Microsoft dynamique 365 installée sur la machine oxycoupage et/ou plasma collecte et les enregistre les informations de réparation ,(la pièce de rechange utilise.la tempe de réparation et la nature de panne) dans la base des données.

Son information et utilise pour calculs M.T.B.F- M.T.T.R- M.R.L

Avec les options qui intègrent dans Microsoft dynamique 365

003433 : OUTIL A POIN'ONNER | Vue standard * v

Indicateurs de performance clé de l'actif

Vue d'ensemble

Actif	Durée totale	Durée active	Temps d'arrêt	Heure de répar...	Disponibilité e...	Nombre de pr...	MTBF	Taux de défail...	Nombre d'arrêts	MTBS
003433	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	1.00		0.00

Indicateurs de performance clé pour la ligne sélectionnée

ACTIF	Durée active	MAINTENANCE	TEMPS D'ARRÊT POUR MAINTENANCE
Actif	0.00	Ordres de travail de maintenance	Nombre d'arrêts
003433	Temps d'arrêt		

Figure 3.21-Exemple de calculer indicateurs de performance clé de l'actif[10]

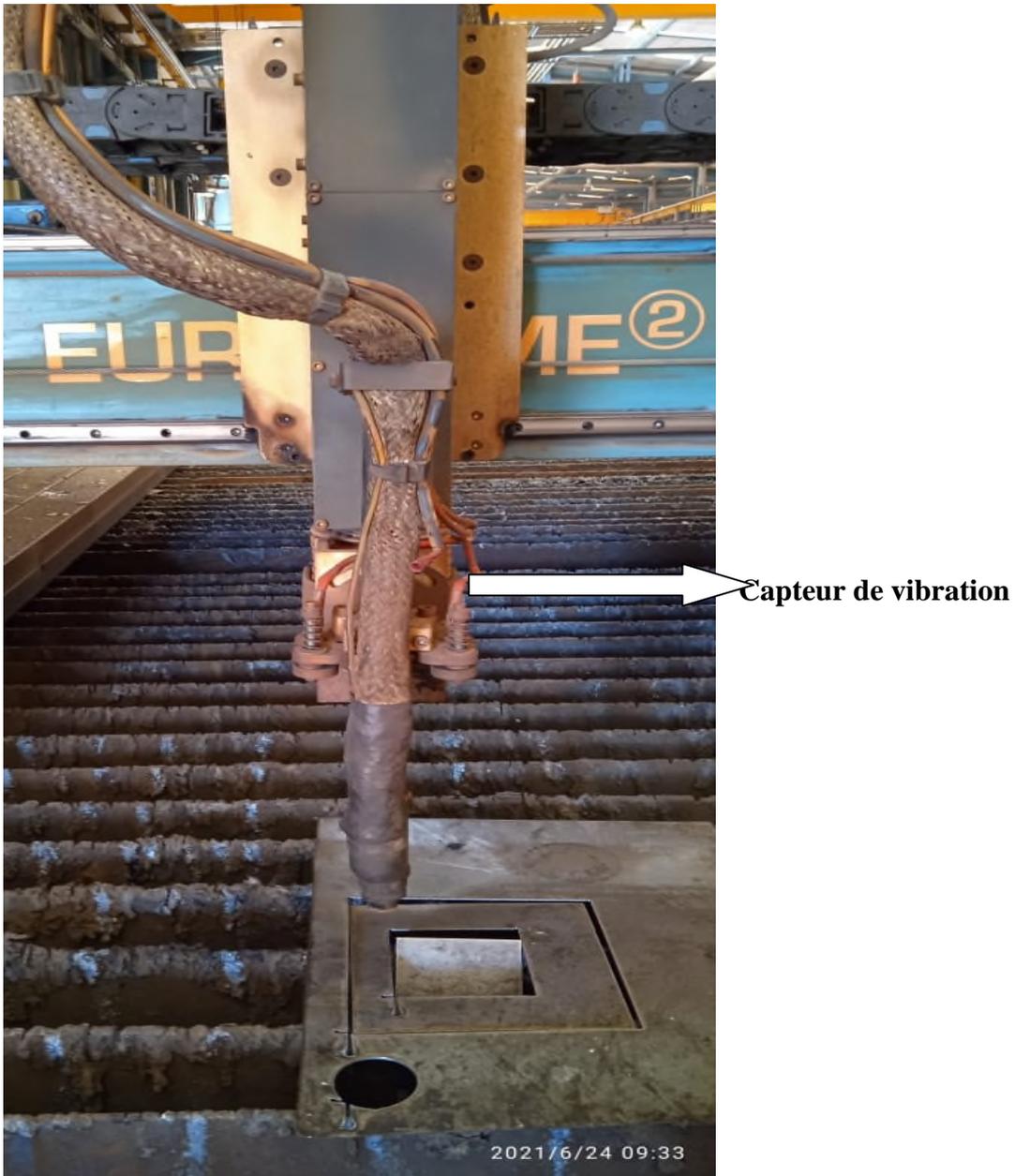
3.4.5-Les capteurs de vibration qui installé sur oxycoupage et/ou plasma

Figure 3.22- capteur de vibration installé sur chanimaux[10]

3.4.5-Comment fonctionne le capteur installé sur la tête de chanimaux

Ce capteur est un capteur de vibration et il est situé au niveau du plasma et est placé au niveau de la tête de coupe où se déroule le processus de découpe des plaques .

Et ce capteur est programmé entre celui-ci et la plaque avec une distance fixe.

Tout changement de cette distance provoque de petites vibrations, qui à leur tour entraînent des défauts de coupe, de précision et même des dommages à la tête de coupe. Avec la fonction

du sélecteur de vibrations, un signal est envoyé à l'ordinateur central, qui à son tour fait une demande pour entrer dans le service de maintenance, et tout ce processus se déroule dans une période n'excédant pas 30 secondes.

3.4.6-Liste des alarmes les plus fréquentes liées à la machine, affichées dans l'IHM :

Défa	Causes probables	Remèdes éventuels
29 : Une limite d'axe a été atteinte	Une position dans le programme dépasse les limites software définies pour la machine.	Modifier le programme ou l'origine du programme pièce.
64 : Lag error axis(X, Y ou W). Lag exceeds the limit !	La position de l'axe diffère de sa commande d'une valeur trop importante (due à un choc, par exemple)	Remettre le portique droit (hors tension), refaire une prise d'origine.
98 : Danger de collision : rayon négatif ou changement de direction au bloc no. xx	La compensation de saignée est supérieure au rayon de la pièce	Corriger le programme ou la compensation de saignée.
199 : Bloc CN incorrect. adresse CN erronée (X ou Y) Seule une RAZ est possible	Un programme standard a été lancé sans définition de son origine.	Définir l'origine du programme (voir ISEE 8695 4944)
207 : Danger de collision, changement de direction au bloc no.	La compensation de saignée est supérieure à l'espace entre coupes	Corriger le programme ou la compensation de saignée.
288 : Aucun outil n'est sélectionné	Le programme est une forme standard et demande une sélection d'outil par l'IHM	Sélectionner l'outil avant de démarrer le programme

960 : Axe (X ou Y): Alerte variateur - Axe sur le fin de course positif!	Le fin de course électrique + a été atteint	Dégager l'axe en jog dans la direction opposée, et acquitter l'alarme.
961 : Axe (X ou Y): Alerte variateur - Axe sur le fin de course négatif!	Le fin de course électrique - a été atteint	Dégager l'axe en jog dans la direction opposée, et acquitter
1001 : L'arrêt d'urgence est actif!	Un arrêt d'urgence a été enclenché	Réenclencher les boutons d'arrêt d'urgence et remettre en service.
1003 : La CNC est en arrêt d'urgence	La commande numérique a eu une erreur grave pendant son fonctionnement	Vérifier les erreurs complémentaires et remettre en service
1004, 1005, 1006 : Le variateur de l'axe xx n'est pas prêt "DRIVEON"	L'alimentation puissance du variateur est manquante Problème Ethercat	Vérifier le fusible F2 et l'activation du KM2 à la mise en service. Vérifier l'état des LEDs sur le variateur. (sur variateur LM et T :
1011 : Arrêt cycle pour Collision Tête. Jog en vitesse limitée	Choc torche (plasma) ou choc sonde (oxycoupage)	Dégager l'outil en jog, redémarrer le programme
1012 : Veuillez mettre la machine en arrêt d'urgence avant de quitter cette application	L'arrêt d'urgence doit être activé lorsque l'on éteint la CN	Activer l'arrêt d'urgence et éteindre la machine

1014 : Veuillez mettre la machine en arrêt d'urgence	L'arrêt d'urgence doit être activé lorsque l'on valide le Setup de la machine.	Activer l'arrêt d'urgence avant la validation du setup, valider le setup puis remettre la machine en service
1015 : Erreur sur changement de chantier	Le changement de chantier est demandé alors qu'un programme est actif.	Faire un « RAZ » programme avant de demander un changement de chantier.
1022 : Défaut air	Pression basse d'air sur la machine (non lié au gaz procédé).	Régler la pression d'air à la pression requise. Eventuellement régler le pressostat d'air.
1023 : Alarme défaut porte	Cas des Alphatome : la porte pour accéder au procédé est restée ouverte.	Fermer la porte.
1040 : Attente départ cycle pour prise d'origines	La machine possède une prise d'origine machine, actionnée par un départ cycle	Appuyer sur le bouton « départ cycle
1041 : Prise d'origines en cours	Le cycle de prise d'origine machine est en cours.	Attendre la fin de la prise d'origine.
1042 : Prise d'origines terminée	Le cycle de prise d'origine machine est terminé	Acquitter l'avertissement
1053 à 1068 : L'outil sélectionné n'existe pas	Le programme pièce demande un procédé non défini dans le setup	Corriger le programme pièce (code S)
1069 : Demande d'un procédé non défini	Le programme pièce demande un procédé inconnu	Corriger le programme pièce (code S)

1071 : Pas de retour de marche du filtre	Il n'y a pas de retour de marche du filtre depuis plus de 30 secondes alors qu'une coupe est demandée. Procédé arrêté	Mettre en route l'aspiration et contrôler son bon fonctionnement. Redémarrer le programme
01072 : Attente retour aspiration	Il n'y a pas de retour de marche du filtre alors qu'une coupe est demandée. Programme en pause (si pas commencé) ou arrêté à la prochaine coupe.	Mettre en route l'aspiration et contrôler son bon fonctionnement.
01073 : Clé en mode réglage procédé, mouvements interdits	La clé 'procédé' est en mode réglage.	Tourner la clé en mode cycle pour permettre les mouvements.

tableau des alarmes les plus fréquentes liées à la machine oxycoupage

point important

La plupart des défauts répertoriés dans le tableau ci-dessus sont plus qu'un autre ensemble de défauts installés à l'intérieur de la machine et donnent un signal, s'ils se produisent, au service de maintenance pour effectuer le processus de maintenance

Conclusion Générale

Dans ce mémoire, nous avons exprimé la qualité de pronostic comme étant un processus indispensable dans une stratégie de maintenance 4.0. L'objectif du pronostic est de suivre et d'anticiper le comportement des équipements afin d'être capable de réagir intelligemment tout en réduisant les coûts de maintenance inutiles et en évitant l'arrêt des équipements. Ce Mémoire vise ainsi à contribuer au développement d'outils de pronostic industriel en introduisant les nouvelles technologies de l'information et de la communication.

Dans ce mémoire, nous avons également présenté les travaux pratiques de terrain que nous avons menés dans la mise en œuvre de la maintenance 4.0 au niveau de la Société Nationale des Véhicules Industriels Tiaret.

Où nous avons atteint un pourcentage de plus de 70% travaux dans le domaine d'application de ce système, qui a commencé à donner des résultats.

- Là où nous avons montré à travers l'application de la maintenance prédictive, il n'y a pas de papiers.
- Le processus d'intervention est immédiat et permet de gagner environ 70% de temps par rapport à la maintenance.
- Alerter la panne avant qu'elle ne se produise grâce aux capteurs situés au niveau des machines, ce qui réduit le taux d'arrêt de la machine.
- Réduire les coûts de maintenance, notamment dans le domaine du stockage et de l'exploitation du secteur des pièces de rechange.
- Disponibilité accrue des machines et augmentation de la capacité de production.

Bibliographies

[1] (Norme AFNOR X 60-010).

[2] (Extrait norme NF EN 13306 X60-319).

[3] François Monchy Jean-Pierre Vernier MAINTENANCE Méthodes et organisations 3 e édition

[4] Z. Simeu-Abazi, M. DI Mascolo, D.M. Pham, maintenance pré-conditionnelle, laboratoire d'Automatique de Grenoble

[5] Cours de STRATEGIE DE MAINTENANCE Conforme au programme du Niveau 1 ; 2 et 3- ENIET-CAMEROUN

[6] (EN 13306 : avril 2001).

[7] (selon norme X60-000 de 2002)

[8] Smart Maintenance – Der Weg vom Status quo zur Zielvision Michael Henke, Thomas Heller, Volker Stich (Hrsg.)

[9] : <https://www.choisirmonerp.com/erp/definition-d-un-erp> (Visité en Février 2017).

[10] : Le site officiel des Entreprise ERP – <http://www.entreprise-erp.com/articles/les-principaux-erp.html>

[11] : <http://snvigroupe.dz> > pagesweb > entreprise > carrosse Carrosseries Industrielles de Tiaret - SNVI

[12] : <http://land.dynamics-365.co.il/crm> Microsoft Dynamics 365 -

[13] : <https://www.machine-outil.com/actualites/t40/a7530-lincoln-euroblech.html>

[14] : June 2006 DOI:[10.13140/RG.2.1.3524.3046](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3524.3046) Thesis for: Ingénieur Civil Electromécanicien

Advisor: Prof. François KADINDA NTAMBWE

Authors:

Annexe



✓ Citernes hydrocarbures et à eau



✓ Citernes hydrocarbures et à eau

✓ Cocottes à ciment



✓ Portes engins



✓ Fourgons frigorifiques et standards



✓ Bennes entrepreneurs, carrières et céréalières



STATION
MOBIL.



Résumé

La maintenance des systèmes industriels est une fonction essentielle de la productivité, de la qualité des produits et des services fournis. Cependant, c'est aussi une fonction complexe avec laquelle de nombreux systèmes d'information doivent coopérer pour la résoudre. A ce titre, notre mission est de planifier et gérer un système de diagnostic industriel qui est devenu un enjeu pour de nombreuses recherches afin d'améliorer la tâche de maintenance. L'objectif de ce projet est d'appliquer la maintenance prédictive à la National Industrial Vehicle Company, qui est la solution la plus appropriée pour découvrir les défauts avant qu'ils ne surviennent.

Qui prend en compte l'historique des pannes avec leurs solutions dans une base de données, et propose des solutions pour les nouvelles dans un délai plus court ?

Nous avons mis en place le système de maintenance prédictive, bien qu'il n'ait pas abouti au point de rédiger ce résumé, mais il a donné des résultats très satisfaisants

Abstract

Industrial systems maintenance is an essential function of productivity, product quality and services provided. However, it is also a complex function that many information systems have to cooperate with to solve it. On this note, our task is to plan and manage an industrial diagnostic system that has become a challenge for many researches to improve the maintenance task. The goal of this project is to apply the predictive maintenance to the National Industrial Vehicle Company, which is the most appropriate solution to find out the faults before they occur.

Which takes into account the history of failures with their solutions in a database, and offers solutions for new ones in a shorter time?

We have implemented the predictive maintenance system, although it has not ended to the point of writing this summary, but it gave very satisfactory results.

ملخص

تعد صيانة الأنظمة الصناعية وظيفية أساسية للإنتاجية وجودة المنتج والخدمات المقدمة. ومع ذلك ، فهي أيضاً وظيفة معقدة يتعين على العديد من أنظمة المعلومات التعاون معها لحلها. في هذه الملاحظة، تتمثل مهمتنا في تخطيط وإدارة نظام التشخيص الصناعي الذي أصبح يمثل تحدياً للعديد من الأبحاث لتحسين مهمة الصيانة. الهدف من هذا المشروع هو تطبيق الصيانة التنبؤية على الشركة الوطنية للسيارات الصناعية تعتبر الحل الأنسب لمعرفة الأعطال قبل حدوثها .

.والتي تأخذ في الاعتبار تاريخ الأعطال مع حلولها في قاعدة بيانات ، وتقدم حلولاً لأخرى جديدة في وقت أقصر

.قمنا بتطبيق نظام الصيانة التنبؤية رغم انه لم ينتهي الى حد كتابتنا هذا الملخص الا انه اعطى نتائج مبدية جد مرضيا.