

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire



وزارة التعليم العالي
والبحوث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la
Recherche Scientifique

Université d'Oran 2
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle
Département de Maintenance en électromécanique

Mémoire de fin d'étude
Pour l'obtention du diplôme de Master
Filière : Electromécanique
Spécialité : Electromécanique Industrielle

Thème

**Développement et mise en place d'une plateforme guide de
maintenance industrielle**

Présenté et soutenu par :

Nom: MAOUI

Prénom: Faten soulef

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
TARFAYA Anis	MAB	Université d'Oran 2	Président
METAHRI Dhiyaeddine	MCB	Université d'Oran 2	Encadrant
BOUCHAALA Abdelghani	MAB	Université d'Oran 2	Examineur

Septembre 2022

Dédicace

Je dédie ce mémoire

A Ma MAMAN qui m'a encouragé et Mon PAPA qui m'a soutenu durant ces années d'étude.

Qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

A ma sœur, mes deux frères, mon amie Meriem et la famille Miloudi et Ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail. Ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.

A ma famille qui me donnent de l'amour et de la vivacité

A tous ceux que j'aime.

Remerciement

Je souhaite avant tout remercier l'encadrant M. METAHRI Dhiyaeddine, pour le temps qu'il a consacré à m'apporter les outils méthodologiques indispensables à la conduite de cette recherche. Son exigence m'a grandement stimulé.

Je remercie l'entreprise MFG, pour m'avoir donné l'occasion d'un stage pratique

Un grand merci également à M. TALBI Cherif et M. TALBI Chakib pour avoir eu la patience de répondre à mes innombrables questions.

J'aimerais exprimer ma gratitude à tous les chercheurs et spécialistes, trop nombreux pour les citer, qui ont pris le temps de discuter de mon sujet. Chacun de ces échanges m'a aidé à faire avancer mon analyse

وضع وانشاء منصة ارشادية للصيانة الصناعية

تعتبر الصيانة وظيفية حيوية لأنها تؤثر على جميع المجالات، وتلعب دورًا رئيسيًا في ربحية للشركات بشكل عام وتسمح بنشر نظام تحسين مستمر، وهذا ما يتطلب حوسبة الصيانة لجعل إجراءاتها وتدخلاتها أكثر كفاءة. الهدف من هذا العمل هو تطوير خدمات الصيانة، وتوفير الوقت، وتقليل التكاليف إلى أدنى حد، وتجنب أعطال المعدات. يتمثل عملنا في تطوير منصة تنظم وتخزن جميع البيانات السلفية الآلات والمعدات وحتى قطع الغيار، وهذا يساعد في... تسهيل أعمال الصيانة وتسريع أعمال الصيانة. كلمات مفتاحية، صيانة، إدارة الصيانة وحوسبة إدارة الصيانة.

Résumé

Développement et mise en place d'une plate-forme guide de maintenance industrielle

La maintenance est une fonction vitale car elle touche tous les domaines, de plus la qualité de ses interventions joue un grand rôle dans la rentabilité globale des entreprises et permet le déploiement d'un système d'amélioration continue, ce qui exige l'informatisation de cette dernière pour rendre les actions de la maintenance et l'entreprise encore plus performantes.

Le but de ce travail est le développement de service de la maintenance, gagner du temps, minimiser les coûts et éviter les pannes des équipements, et c'est ce qui serait une solution au retard de la productivité ou la cessation complète de cette dernière.

Notre travail consiste à développer une plateforme qui organise et stocke toutes les données de bas des machines, des équipements et même des pièces de rechange, cela aide dans les actions de la maintenance qui seront plus faciles et plus rapide.

Mot clés : maintenance, la gestion de la maintenance, et GMAO

Abstract

Development and establishment of a guide platform for industrial maintenance

Maintenance is a vital function because it affects all areas, and the quality of its interventions plays a major role in the overall profitability of companies and allows the deployment of a continuous improvement system. This requires the computerization of the latter to make maintenance actions and the company even more efficient.

The goal of this work is the development of maintenance service, saving time, minimizing costs and avoiding equipment breakdowns, and this is what would be a solution to productivity delay or complete cessation of the latter.

Our work is to develop a platform that organizes and stores all the bottom data of machines, equipment and even spare parts, this helps in maintenance actions that will be easier and faster.

Key words : maintenance, maintenance management and CMMS.

Table des matières

Introduction Générale	1
Chapitre I : Généralités sur la maintenance industrielle	2
I.1 Introduction	2
I.2 Définition de la maintenance	2
I.3 Les objectifs de la maintenance	3
I.4 Les types de maintenance	4
I.4.1 Maintenance préventive	4
I.4.2 La maintenance corrective	5
I.5 Les opérations de maintenance	6
I.5.1 Les opérations de maintenance corrective	6
I.5.2 Opérations de maintenance préventive	8
I.6 Orientations des politiques de maintenance	9
I.6.1 Stratégie de type Life Cycle Cost (LCC)	10
I.6.2 Stratégie de type Total Productive Maintenance (TPM)	10
I.6.3 Stratégie de type Maintenance Basée sur la Fiabilité (MBF)	11
I.7 Différents niveaux de maintenance	13
I.7.1 1^{er} niveau de maintenance	13
I.7.2 2^{ème} niveau de maintenance	14
I.7.3 3^{ème} niveau de maintenance	15
I.7.4 4^{ème} niveau de maintenance	16
I.7.5 5^{ème} niveau de maintenance	16
I.8 les normes de la maintenance	16
I.9 Le rôle de la maintenance	17
I.10 Conclusion	18
Chapitre II :Gestion de la maintenance	19
II.1 Introduction	19
II.2 La gestion de la maintenance	19
II.3 La documentation et la gestion de la maintenance	19
II.3.1 Documentation générale	20

II.3.2 Documentation stratégique	21
II.3.2.1 Nomenclature des équipements	21
II.3.2.2 Le dossier technique d'un équipement (DTE)	21
II.3.2.3 Plan de maintenance d'un équipement	23
II.3.2.4 Fichier historique de l'équipement	24
II.4 Historique de l'informatisation de la maintenance	26
II.5 Définition de la GMAO	28
II.6 L'apport de la GMAO	28
II.7 Domaines d'application des logiciels de maintenance	28
II.7.1 Planification des interventions	28
II.7.2 Organisation et documentation des installations	29
II.7.3 Organisation des missions de travail	29
II.7.4 Documentation et analyse	29
II.8 L'Objectif de la G.M.A.O	30
II.8.1 Diminution des temps d'arrêt pour une meilleure préparation et connaissance de l'historique	30
II.8.2 Planification dans le temps et suivi des activités du service maintenance	30
II.8.3 Accès aux informations mises à jour	30
II.8.4 Optimisation des stocks PDR	30
II.9 Le marché des outils de GMAO	31
II.10 Conclusion	32
Chapitre III : Développement d'une plateforme de gestion de maintenance	33
III.1 Introduction	33
III.2 Présentation de la plate-forme développée	33
III. 3 Les avantages de la plate-forme	37
III.4 Les modules de la plate-forme	38
III.4 .1 Fenêtre principale	38
III.4.2 Module documentation technique d'équipement (DTE)	39
III.4.3 Module fiche d'article	40
III.4.4 Module demande de travail	41
III.4.5 Module bon de travail	41
III.4.6 Module Bon de travail Préventif	42
III.4.7 Module arborescence du matériel	43

III.4.8 Modèle d'impression	44
III.5 Conclusion	45

Liste des sigles et abréviations

AFNOR : Association Française de NORmalisation

GMAO : Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur

MFG : Mediterranean Float Glass

ISO : International Organization for Standardization

ALGERAC : L'organisme Algérien d'Accréditation

TCP : Transmission Control Protocole

Liste des figures

Figure I.1 : Les types de maintenance	4
Figure I.2 : Organisation du Soutien Logistique Intègre pour un système d'armes.....	12
Figure II.1 : Structure de la documentation du service maintenance	20
Figure II.2 : Les grandes familles de ERPs.....	26
Figure II.3 : Maintenance traditionnelle versus maintenance intelligente	27
Figure III.1 : Fenêtre principale de la plate-forme.....	39
Figure III.2 : Interface module DTE	40
Figure III.3 : Interface module fiche d'article.....	40
Figure III.4 : Interface module demande de travail	41
Figure III.5 : Interface module bon de travail	42
Figure III.6 : Interface module bon de travail préventif	43
Figure III.7 : Interface module arborescence du matériel	44
Figure III.8 : Modelé d'impression	45

Liste des tableaux

Tableau II.1 : exemple de l'historique de l'entreprise MFG	21
Tableau II.2 : : documentation technique d'un robot M-900iA/350	22
Tableau II.3 : Exemple Historique	25
Tableau II.4 : Codage des causes de défaillance	25
Tableau II.5 : Codage des natures de défaillance	25
Tableau II.6 : Codage des localisations	26

Introduction Générale

La fonction de maintenance est l'une des activités les plus importantes accompagnant le processus de production dans toute institution industrielle en raison des problèmes rencontrés par les machines et équipements qui entravent leur productivité et leur efficacité, entraînant de graves pertes en raison de l'interruption des lignes de production et des pannes récurrentes causées par la négligence de la maintenance préventive et leur absence occasionnelle ou un retard de la maintenance corrective ou un mauvais fonctionnement.

L'établissement de normes de performance cohérentes et la qualification des cadres humains et l'assurance de haute performance dans l'entreprise pour les machines et équipements entraînant la réduction des coûts totaux et des performances ainsi que l'augmentation du niveau de qualité des produits. À l'heure actuelle, la qualité est devenue le centre de l'attention de chacun et est devenu l'une des conditions modernes les plus importantes pour les produits de l'organisation qui cherchent à satisfaire ses clients et satisfaire leurs désirs et les rendre plus fidèles et satisfaisant à ses produits.

Dans ce contexte, s'inscrit notre projet de fin d'étude qui consiste principalement à Développement et mise en place d'une plateforme guide de maintenance industrielle et qui vise à améliorer le module GMAO (gestion de maintenance assistée par ordinateur).

Le mémoire est structuré comme suit :

Chapitre I : Généralités sur la maintenance industrielle

Chapitre II : Gestion de la maintenance.

Chapitre III : Développement d'une plateforme de gestion de maintenance

I.1 Introduction

Depuis l'Antiquité, la maintenance a été une fonction secondaire et primitive dominée par le caractère traditionnel de la réparation au moment des vacances, où il paie deux fois plus d'argent que ce qui a été économisé.

Aujourd'hui, la maintenance est l'une des activités les plus importantes associées au processus de production dans toute entreprise industrielle en raison des problèmes rencontrés par les machines et les équipements qui entravent sa productivité et son efficacité.

Dans ce chapitre, On abordera la définition, les types, l'objectif et le rôle de la maintenance et d'autres détails dans la maintenance industrielle.

I.2 Définition de la maintenance

Selon la définition AFNOR (la norme X 60-010) la maintenance industrielle est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié en mesure d'assurer un service déterminé.

En 2001, selon la norme AFNOR (X 60-000) la maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise. [1]

La fonction maintenance a pour vocation d'assurer le bon fonctionnement des outils de production. Elle peut être présentée comme un ensemble d'activités regroupées en deux sous-ensembles : les activités à dominante technique et les activités à dominante gestionnaire. Ces différentes activités sont représentées comme suit :

Les activités à dominante technique sont représentées par ce qui suit :

- La prévention.
- Le diagnostic.
- Le dépannage et la remise en route.
- La réparation.
- Les études et méthodes.

Les activités à dominante gestionnaire sont représentées aussi par ce qui suit :

- La gestion de l'information et de la documentation.

- La gestion des ressources.
- La gestion des parcs et des pièces.
- La gestion des interventions.
- La gestion des budgets. [2]

I.3 Les objectifs de la maintenance

Le principal objectif de la maintenance est d'assurer la pérennité des équipements, de diminuer les pannes et les imprévus et de réduire les coûts de révision et de remise en état de fonctionnement. On peut synthétiser les missions de la maintenance en les plaçant sur trois (03) plans interdépendants : [3]

• Sur le plan technique

- Diminuer la probabilité des défaillances en service ce qu'il résulte l'augmentation de la fiabilité des équipements.
- Accroître la durée de vie des équipements.
- Améliorer la disponibilité et éviter toute perte de production, de temps.
- Diminuer le temps d'arrêt en cas de révision ou de panne.
- Optimiser la gestion des stocks et des achats de pièces de remplacements.

• Sur le plan économique

- Diminuer les coûts de maintenance en évitant toute perte d'argent.
- Accroître les prix de revient en réduisant les coûts de défaillance.

• Sur le plan social

- Assurer la sécurité des employeurs en évitant les accidents soudains.
- Améliorer les conditions de travail du personnel de production.
- Réduire le nombre d'évènements fortuits, ce qui réduit le risque d'accidents.

I.4 Les types de maintenance

Il existe deux types principaux de maintenance qui sont la maintenance préventive et la maintenance corrective. Chaque type est composé de plusieurs politiques de maintenance, comme c'est schématisé dans la figure I.1.

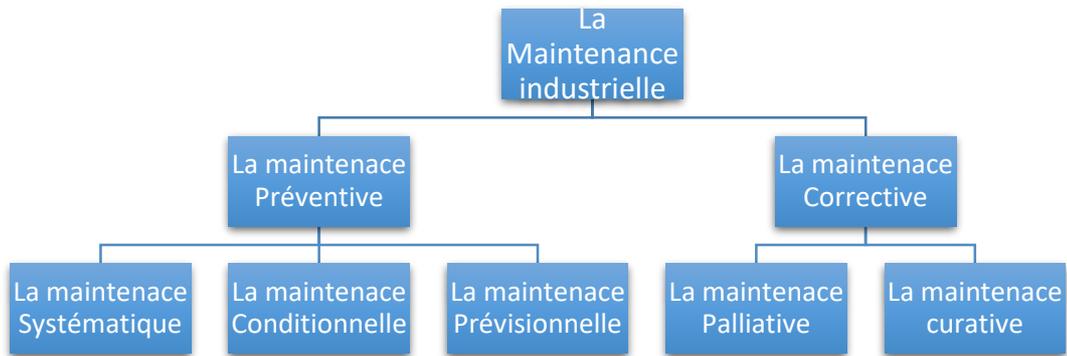


figure I.1 : Les types de maintenance.

I.4.1 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. [4].

Les objectifs visés par la maintenance préventive sont :

- Améliorer la fiabilité du matériel.
- Garantir la qualité de l'équipement.
- Améliorer l'ordonnancement des travaux.
- Assurer la sécurité humaine.
- Perfectionner la gestion des stocks.

Il existe trois types de maintenance préventive :

A. La maintenance systématique

La maintenance préventive systématique nécessite une connaissance d'un nombre défini d'unités d'usage et des règles de dégradation, par exemple : le changement de la graisse des

réducteurs des axes tous les 18 mois. Cette méthode de maintenance s'applique à des équipements :

-Soumis à une réglementation sécuritaire : matériels d'incendie, ponts roulants, installations sous pression...

-Pour lesquels une défaillance peut entraîner des accidents graves : appareils et constituants utilisés dans l'énergie nucléaire matériels de transports en commun...

-Présentant des coûts de défaillance très élevés : lignes de fabrications automatisées, système avec processus de production continue... _

B. La maintenance conditionnelle

Maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement et intégrant les actions qui en découlent. [4]

Ce type de maintenance est développé grâce à une meilleure connaissance de l'équipement et leur cause et mode de défaillance, tout en pouvant corrélérer leurs apparitions avec un phénomène physique enregistrables. Pour cela cette maintenance exige la surveillance du fonctionnement d'une machine selon certains paramètres (pression, débit, niveau...), par exemple : l'analyse des huiles, l'analyse des vibrations...

C. La maintenance prévisionnelle

Aussi appelée maintenance prédictive, est une maintenance préventive exécutée selon un calendrier préétabli ou selon un nombre défini d'unités d'usages. [4]

Il s'agit d'une maintenance coûteuse, qui nécessite des outils sophistiqués et s'applique uniquement aux éléments dont la criticité est importante de point de vue de la sécurité et des coûts.

1.4.2 La maintenance corrective

Maintenance exécutée après la détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise. [4]

Elle comprend les différentes opérations et interventions exécutées après une défaillance sur un équipement donné.

Il existe deux types des interventions de maintenance corrective :

A. La maintenance palliatives

C'est de remettre l'équipement en état de fonctionnement provisoirement. Cette maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère temporaire qui devront être suivies d'actions curatives.

B. La maintenance curative

Elle consiste à répare l'équipement d'une manière définitive. Cette maintenance peut être des réparations, des modifications ou des remplacements ayant pour objet de supprimer la ou les défaillances. [3]

I.5 Les opérations de maintenance

1.5.1 Les opérations de maintenance corrective

Ces opérations peuvent être classées en trois groupes d'actions. [5]

A. La localisation de défaillance

C'est l'action qui conduit à rechercher précisément les éléments par les quels la défaillance se manifeste. Afin de localiser la défaillance il faut passer par les étapes suivantes :

- **Le test** : c'est une opération qui permet de comparer les réponses d'un système à une sollicitation appropriée et définie, avec celles d'un système de référence, ou avec un phénomène physique significatif d'une marche correcte.
- **La détection** : c'est l'action de déceler au moyen d'une surveillance accrue, continue ou non, l'apparition d'une défaillance ou l'existence d'un élément défaillant.
- **Le dépistage** : c'est une action qui vise à découvrir les défaillances dès leur début par un examen systématique sur des équipements apprenant en état de fonctionnement.
- **Le diagnostic** : c'est l'identification de la cause probable de la défaillance à l'aide d'un raisonnement logique fondé sur un ensemble d'informations provenant d'une inspection, d'un contrôle ou d'un test. Le diagnostic permet de confirmer, de compléter ou de modifier les hypothèses faites sur l'origine et la cause des défaillances et de préciser les opérations de maintenance corrective nécessaires.

B. La remise en état

La remise en état de fonctionnement peut consister à réaliser l'une des opérations suivantes :

- **Le dépannage** : Action sur un bien en panne, en vue de le remettre en état de fonctionnement. Compte tenu de l'objectif, une action de dépannage peut s'accommoder de résultats provisoires (maintenance palliative) avec des conditions de réalisation hors règles de procédures, de coûts et de qualité, et dans ce cas sera suivie de la réparation.

Le dépannage n'a pas de conditions d'applications particulières. La connaissance du comportement du matériel et des modes de dégradation est à la base d'un bon diagnostic et permettent souvent de gagner du temps. Souvent, les opérations de dépannage sont de courtes durées mais peuvent être nombreuses. De ce fait, les services de maintenance soucieux d'abaisser leurs dépenses tentent d'organiser les actions de dépannage. Certains indicateurs de maintenance (pour en mesurer son efficacité) prennent en compte le problème du dépannage. Ainsi, le dépannage peut être appliqué par exemple sur des équipements fonctionnant en continu dont les impératifs de production interdisent toute visite ou intervention à l'arrêt.

- **La réparation** : Intervention définitive et limitée de maintenance corrective après panne ou défaillance. L'application de la réparation peut être décidée soit immédiatement à la suite d'un incident ou d'une défaillance, soit après un dépannage, soit après une visite de maintenance préventive conditionnelle ou systématique.

- **La modification** : C'est une opération à caractère définitif effectuée sur un bien en vue d'en améliorer le fonctionnement, ou d'en changer les caractéristiques d'emploi.

- **La durabilité** : La durabilité est la durée de vie ou durée de fonctionnement potentielle d'un bien pour la fonction qui lui a été assignée dans des conditions d'utilisation et de maintenance données. Les opérations maintenance qui concernent la durabilité d'un bien sont les suivantes.

- **La rénovation** : Inspection complète de tous les organes, reprise dimensionnelle complète ou remplacement des pièces déformées, vérification des caractéristiques et éventuellement réparation des pièces et sous-ensembles défaillants, conservation des pièces bonnes. La rénovation apparaît donc comme l'une des suites possibles d'une révision générale au sens strict de sa définition.

- **La reconstitution** : Remise en l'état défini par le cahier des charges initial, qui impose le remplacement des pièces vitales par des pièces d'origine ou des pièces neuves équivalentes. La reconstruction peut être assortie d'une modernisation ou de modifications. Les modifications

apportées peuvent concerner, en plus de la maintenance et de la durabilité, la capacité de production, l'efficacité, la sécurité, etc.

- **La modernisation** : Remplacement d'équipements, accessoires et appareils ou éventuellement de logiciel apportant, grâce à des perfectionnements techniques n'existant pas sur le bien d'origine, une amélioration de l'aptitude à l'emploi du bien. Cette opération peut aussi bien être exécutée dans le cas d'une rénovation, que celui d'une reconstruction. La rénovation ou la reconstruction d'un bien durable peut donner lieu, pour certains de ses sous-ensembles, à la pratique d'un échange standard.

- **Echange standard** : C'est la reprise d'une pièce, d'un organe ou d'un sous-ensemble usagé, et vente au même client d'une pièce, d'un organe ou d'un sous-ensemble, neuf ou remis en état conformément aux spécifications du constructeur, moyennant le paiement d'une soulte dont le montant est déterminé d'après le coût de remise en état. Soulte : somme d'argent qui, dans un échange ou dans un partage compense l'inégalité de valeur des lots ou des biens échangés. Afin d'accélérer les procédures et de diminuer les coûts, le recouvrement de la soulte peut être forfaitaire.

1.5.2 Opérations de maintenance préventive

Ces opérations peuvent être classées comme suit :

- **L'entretien** : L'entretien comprend les opérations courantes et régulières de la maintenance préventive tels que le nettoyage, la dépollution et le retraitement de surface qu'ils soient externes ou internes. Par exemple, on peut signaler pour le nettoyage extérieur l'existence de divers types de nettoyage en fonction de la structure et de l'état d'un bien, des produits utilisés et de la méthode employée (les solutions alcalines aqueuses, les solvants organiques, le soufflage aux abrasifs, etc.). Il faut aussi préciser que le retraitement de surface inclut les opérations suivantes de la lubrification et de graissage.

- **La surveillance** : Les termes définis ci-après sont représentatifs des opérations nécessaires pour maîtriser l'évolution de l'état réel du bien, effectuées de manière continue ou à des intervalles prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou le nombre d'unités d'usage.

- **L'inspection** : C'est une 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. Cette activité peut s'exercer notamment au moyen de ronde.

- **Le contrôle** : C'est une vérification de la conformité à des données préétablies, suivie d'un jugement. Le contrôle peut :

- Comporter une activité d'information,
- Inclure une décision : acceptation, rejet, ajournement,
- Déboucher sur des actions correctives.

- **La visite** : C'est une opération consistant en un examen détaillé et prédéterminé de tout (visite générale) ou partie (visite limitée) des différents éléments du bien et pouvant impliquer des opérations de maintenance du 1er niveau.

- **la révision** : C'est l'ensemble des actions d'examen, de contrôles et des interventions effectuées en vue d'assurer le bien contre toute défaillance majeure ou critique pendant un temps ou pour un nombre d'unités d'usage donné. Il est d'usage de distinguer suivant l'étendue de cette opération les révisions partielles des révisions générales. Dans les deux cas, cette opération implique la dépose de différents sous-ensembles. Ainsi le terme de révision ne doit en aucun cas être confondu avec les termes visites, contrôles, inspections, etc.

- **La préservation** : Elle comprend les opérations suivantes :

- a. La mise en conservation : C'est l'ensemble des opérations devant être effectuées pour assurer l'intégrité du bien durant les périodes de non-utilisation.
- b. La mise en survie : C'est l'ensemble des opérations devant être effectuées pour assurer l'intégrité du bien durant les périodes de manifestations de phénomènes d'agressivité de l'environnement à un niveau supérieur à celui défini par l'usage de référence.
- c. La mise en service : C'est l'ensemble des opérations nécessaires, après l'installation du bien à sa réception, dont la vérification de la conformité aux performances contractuelles.

1.6 Orientations des politiques de maintenance

Les décisions de la fonction maintenance reposent sur trois notions, qui définissent trois grandes orientations des politiques de maintenance [Charles, 2000]. Les trois notions sont : [3]

- Coût.
- Disponibilité.
- Fiabilité et maintenabilité.

Compte tenu de leurs objectifs, il est à noter que ces orientations des politiques ne sont pas contradictoires dans leur principe, mais peuvent le devenir dans leur application. Nous introduisons dans ce qui suit quelques caractéristiques des stratégies existantes.

1.6.1 Stratégie de type Life Cycle Cost (LCC)

La stratégie du Life Cycle Cost est basée sur la détermination du coût de maintenance d'un équipement sur la durée de son cycle de vie. La grandeur Life Cycle Cost désigne la somme des coûts d'investissement de l'équipement, des coûts cumules d'utilisation et des coûts de maintenance, sur la durée de vie de l'équipement. Cette démarche permet l'optimisation du coût global d'un système sur l'ensemble de son cycle de vie. Ce concept est principalement utilisé dans une démarche décisionnelle pour choisir une politique de maintenance à appliquer et l'âge adéquat de remplacement de l'équipement. Cependant, la difficulté majeure de cette approche est l'estimation des différents coûts intervenant durant le cycle de vie d'un équipement.

1.6.2 Stratégie de type Total Productive Maintenance (TPM)

La stratégie Total Productive Maintenance a été initiée au Japon dans les années 1970 et s'inscrit dans une stratégie du zéro défaut, zéro délai, zéro stock et zéro panne. Elle met l'accent sur l'organisation des ressources productives pour améliorer la disponibilité des équipements qui, par définition est "l'aptitude d'un bien à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou durant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs est assurée" [Monchy, 2000]. Sommairement, la TPM a pour objectifs :

- D'améliorer l'efficacité du service maintenance (maintenance préventive, systématique Ou conditionnelle, la Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur - GMAO -),
- De mettre en place l'auto-maintenance,
- De suivre quantitativement la productivité des équipements en améliorant le Taux de Rendement Synthétique (TRS),
- D'améliorer la productivité globale des équipements sur tout le cycle de vie.

Ces concepts mettent ainsi l'accent non seulement sur le produit mais aussi sur l'outil de production et notamment sur sa disponibilité opérationnelle.

1.6.3 Stratégie de type Maintenance Basée sur la Fiabilité (MBF)

La stratégie de type MBF s'établit sur l'amélioration de la fiabilité et la maintenabilité. Par définition, la fiabilité est "l'aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, durant un intervalle de temps donné".

La maintenabilité, quant à elle, est "l'aptitude d'un bien, dans des conditions données d'utilisation, à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est réalisée dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits".

Cette approche, initiée à la fin des années 1970 dans le domaine du transport aérien, cherchait à développer des programmes d'entretien préventifs techniquement consolidés. Sa caractéristique est son orientation sur la compréhension des fonctions de chaque pièce d'un équipement et de l'impact de la défaillance sur ces fonctions. Le noyau de cette approche est basé sur une analyse de type AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) [Richet et al., 1996], où une phase de collecte et documentation de données sur le matériel est nécessaire pour identifier et décomposer l'équipement en systèmes fonctionnels. L'objectif est de déterminer le remplacement préventif à mettre en œuvre en fonction des priorités, des facteurs économiques et impératifs de sécurité. De ce fait, la MBF est une démarche rationnelle et structurée qui exige une vision globale, donc systémique de l'entreprise, pour inclure tous les facteurs contribuant de façon significative à des gains de productivité par réduction des coûts de maintenance.

Cette vision globale du coût de possession d'un équipement et de ses liens avec la maintenance basée sur la fiabilité fait appel à des disciplines aussi variées que l'analyse de la valeur, l'analyse fonctionnelle, les méthodes de conception intégrant la maintenabilité, les méthodes de la qualité, la sûreté de fonctionnement, les aspects économiques et financiers ainsi que du Soutien Logistique Intègre (SLI) [Zwinglestein, 1996].

L'expérience de l'aéronautique en est un exemple. La figure I.2 représente l'application du SLI à des systèmes d'armes (avions, porte-avions) avec les flux d'information et de maintenance associés. Dans le cas général, on distingue trois types de bases de maintenance où l'on réalise les tâches de maintenance et de soutien [Zwinglestein, 1996]. Les activités de maintenance réalisées sur chacun des trois sites sont comme suit : Base locale - Située près du lieu des opérations des systèmes, la base locale possède un personnel de qualification relativement moyenne, un environnement opérationnel et des systèmes de tests. Des tâches de

maintenance corrective et préventive sur les matériels sont effectuées sur cette base ainsi que la fourniture de pièces détachées critiques.

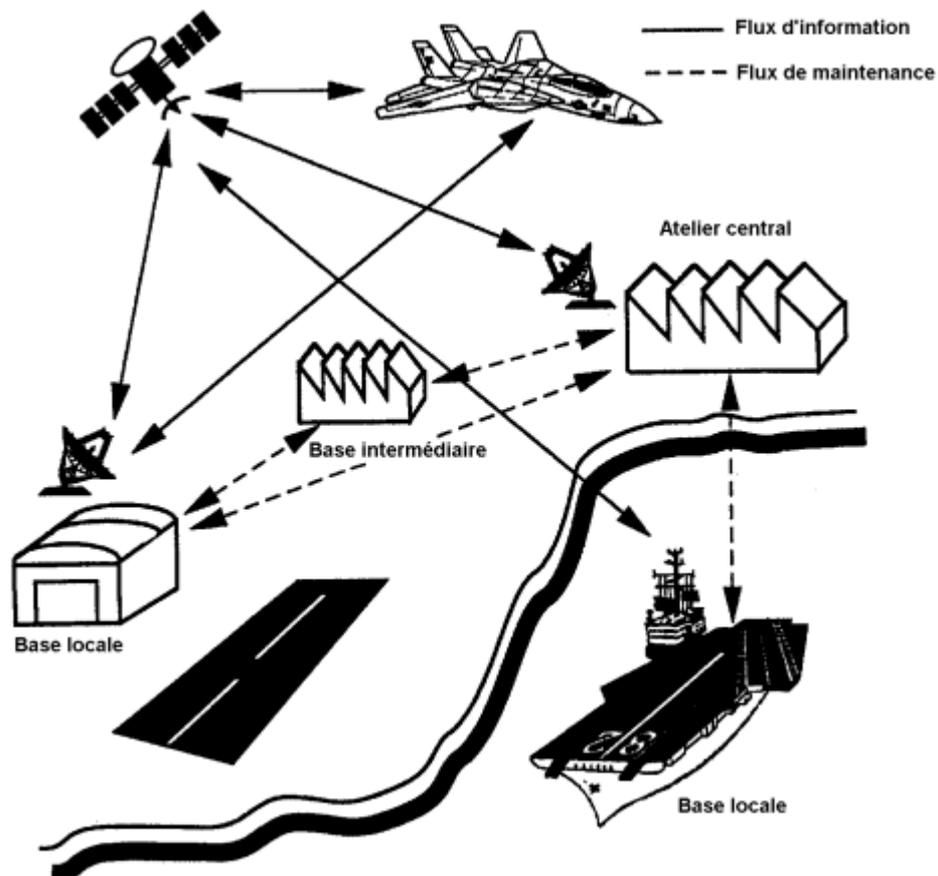


figure I.2 : Organisation du Soutien Logistique Intègre pour un système d'armes.

Base intermédiaire : Cette base est équipée de moyens plus importants que la base locale tels que des ateliers standards. Des tâches de maintenance corrective et préventive, cette fois-ci au niveau des sous-systèmes, sont effectuées sur cette base ainsi que la fourniture de pièces détachées.

Atelier central : Cet atelier appartient souvent au constructeur et est équipé d'installations fixes et de taille importante, des équipements de tests d'usine et d'un personnel qualifié. Dans cet atelier, on effectue :

- Des tâches de maintenance corrective et préventive détaillées,
- Les révisions et les visites,
- La calibration des instruments,
- La fabrication de pièces,

- Les opérations de test et de soutien,
- La fourniture du système de soutien pour les autres bases.

L'avantage de regrouper toutes les ressources de maintenance dans un seul atelier central permet d'économiser considérablement lors de l'investissement dans les ressources, contrairement au cas où les autres bases (locale et intermédiaire) posséderaient les mêmes types de ressources.

Remarquons que dans cette stratégie de maintenance, les équipements considérés sont des avions, qui sont des produits de service, entretenus individuellement les uns des autres et dont le déplacement d'une base à une autre ne pose aucune difficulté. [3]

1.7 Différents niveaux de maintenance

L'objectif de la notion de niveau de maintenance est de conserver au maximum un parc de machines industrielles, tant en ce qui concerne la valeur de l'équipement que les performances et la sécurité. Les niveaux pris en considération sont ceux de la norme FD X 60-000. Pour chaque niveau, la liste des opérations spécifiées est présentée sous la forme d'illustration : [6]

1.7.1 1^{er} niveau de maintenance

Il s'agit essentiellement d'un simple ajustement des pièces accessibles sans aucun démontage ou échange de pièces accessibles dans les instructions menées en toute sécurité :

- Niveau d'huile moteur ;
- Niveau d'eau ;
- Indicateur de colmatage ;
- Niveau de la réserve de combustible ;
- Niveau de la réserve d'huile ;
- Régime du moteur ;
- Température de l'eau de refroidissement ;
- Température d'échappement ;
- Test des voyants et indicateurs ;

- Purge de circuit d'échappement ;
- Contrôle d'encrassement des filtres ;
- Contrôle visuel de l'état des organes ;
- Contrôle auditif des bruits de marche.

Ces contrôles peuvent donner suite à des interventions simples de maintenance ne nécessitant pas de réalisation d'un diagnostic de panne et de démontage. Ils peuvent aussi déclencher, notamment sur des anomalies constatées, des opérations de maintenance de niveaux supérieurs. En règle générale, les interventions de 1^{er} niveau sont confiées aux opérateurs et intégrées à la conduite des machines.

1.7.2 2^{ème} niveau de maintenance

La maintenance de 2^{ème} niveau est des opérations de maintenance préventive exécutées sur les équipements d'une façon régulière :

- Remplacement des filtres difficiles d'accès ;
- Remplacement des filtres à gazole ;
- Remplacement des filtres à huile moteur ;
- Remplacement des filtres à air ;
- Prélèvement d'huile pour analyse et pré-analyse ;
- Vidange de l'huile de moteur ;
- Analyse de liquide de refroidissement ;
- Contrôle des points signalés pour le 1er niveau ;
- Graissage de tous les points en fonction de la périodicité ;
- Contrôle des batteries ;
- Réglages simples (alignement des poulies, alignement moteur/pompe) ;
- Mesure de paramètres à l'aide de moyens intégrés à l'équipement.

Ces opérations sont réalisées par un technicien ayant une formation spécifique. Ce dernier suit les instructions de maintenance qui définissent les tâches, la manière et les outillages spéciaux.

Les pièces de rechange sont essentiellement du type consommable, filtres, joints, huile, liquide de refroidissement. [6]

1.7.3 3^{ème} niveau de maintenance

Ce niveau de maintenance correspond à des interventions considérées comme complexe qui nécessitent des réalisations d'un diagnostic de panne et de démontage :

- Réglage des jeux de soupapes ;
- Réglage des injecteurs ;
- Contrôle endoscopique des cylindres ;
- Contrôle des sécurités du moteur ;
- Contrôle et réglage des protections électriques ;
- Contrôle des refroidisseurs ;
- Contrôle du démarreur ;
- Remplacement d'un injecteur ;
- Contrôle et réglage de la carburation ;
- Contrôle et réglage de la régulation de puissance ;
- Contrôle et révision de la pompe ;
- Contrôle des turbocompresseurs ;
- Remplacement d'une résistance de chauffage ;
- Contrôle de l'embellage ;
- Contrôle de l'isolement électrique ;
- Remplacement des sondes et capteurs ;
- Remplacement d'une bobine de commande ;
- Remplacement d'un disjoncteur ;
- Contrôle et réglages nécessitant l'utilisation d'un appareil de mesure externe à l'équipement.

Ces opérations sont réalisées par un technicien spécialisé. Toutes les opérations se font avec l'aide d'instructions de maintenance et d'outils spécifiques tels que les appareils de mesure ou de calibrage. Ces opérations peuvent conduire à des opérations de 4^{ème} niveau. [6]

1.7.4 4^{ème} niveau de maintenance

Il s'agit des interventions importantes ou complexes sauf pour la reconstruction de l'équipement :

- Déculassage (révision, rectification) ;
- Révision de la cylindrée ;
- Contrôle d'alignement du moteur/alternateur ;
- Changement des pôles d'un disjoncteur HT.

Les opérations sont réalisées par des techniciens bénéficiant d'un encadrement technique très spécialisé, d'un outillage général complet et d'un outillage spécifique. Elles font aussi appel à des ateliers spécialisés (rectification, réusinage) [6]

1.7.5 5^{ème} niveau de maintenance

Il s'agit d'opérations lourdes de rénovation ou de reconstruction d'un équipement. Ces opérations entraînent le démontage de l'équipement et son transport dans un atelier spécialisé. Le 5^e niveau de maintenance est réservé au constructeur ou reconstruteur. Il nécessite des moyens similaires à ceux utilisés en fabrication. [6]

I.8 les normes de la maintenance

Les normes représentent une importante source de documentation sur la terminologie, les méthodes et techniques utilisées, qui facilitent les échanges entre les professionnels du domaine et les parties prenantes concernées. Pour que son application soit la plus efficace possible, il est indispensable de respecter un certain nombre de normes, indiquées ci-dessous : [7]

Voici les principales normes à connaître :

- La norme de maintenance industrielle X 60-010 (1994)

Mise en place par l'Afnor, la norme X 60-010 (1994) a pour mission de préserver autant que possible votre parc de machines, aussi bien en termes de valeur des équipements, de performance que de sécurité. [7]

- La norme de maintenance industrielle NF EN 13306 (janvier 2018)

Cette norme s'attache quant à elle à décrire de façon détaillée les différents types de maintenance à mettre en œuvre. Reprenant les grands principes des versions précédemment publiées, elle distingue notamment 3 grandes catégories d'opérations. La maintenance préventive, facilement intégrable dans un logiciel GMAO professionnel, correspond ainsi à des opérations programmées selon des critères décrits par le constructeur, l'historique de la machine et le retour des techniciens. Son objectif est bien entendu de réduire les probabilités de panne ou de défaillance de l'équipement en question. [7]

La maintenance prévisionnelle repose quant à elle sur la surveillance précise de différents paramètres techniques (température, vitesse de rotation, etc.). Quand un certain seuil est atteint, une opération doit être lancée. Ce type d'intervention sous-entend une excellente réactivité, de façon à corriger rapidement le problème avant qu'un dysfonctionnement ne survienne.

La maintenance corrective intervient après l'apparition de la panne. Pour assurer la continuité de la production, il est là aussi essentiel d'agir au plus vite. Avec l'aide d'un outil GMAO, les techniciens pourront être envoyés sur place très rapidement, et les emplois du temps de l'équipe adaptés en conséquence. [7]

- La norme de maintenance industrielle NF EN 15341

Cette norme européenne présente quant à elle un système de gestion des indicateurs de performance clés. Elle est avant tout pensée pour vous aider à mesurer la performance de votre stratégie de maintenance en tenant compte d'un certain nombre de critères économiques, techniques et organisationnels. Son objectif est de vous permettre de bien évaluer et d'améliorer le rendement de votre parc de machines. [7]

1.9 Le 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 : [8]

- **Prévisions à long terme** : 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. [8]

- **Prévisions à moyen terme** : 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. [8]

- **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 avoir subi un minimum de préparation. Nous nous intéressons dans la démarche de cette thèse de la maintenance en moyens et long terme. [8]

I.10 Conclusion

A partir de ce qui a été mentionné dans ce chapitre, On conclue que la maintenance l'un des principes les plus importants du département de la production et de la maintenance, La maintenance est une activité vitale qui assure le chemin de production en raison de son rôle important dans la prolongation de la vie productive des machines et des équipements, la réduction des arrêts et l'augmentation du temps entre les pannes. Cela se reflète positivement dans la compétitivité de l'entreprise et la réalisation d'un avantage concurrentiel en offrant des produits de haute qualité et de haute fiabilité de flexibilité.

II.1 Introduction

Le service de maintenance est l'un des plus importants. Le gestionnaire de la maintenance est chargé de déterminer les conditions et les spécifications de l'acquisition de biens, d'équipement et de pièces, de planifier les travaux de maintenance et de contrôler ses coûts. Afin de gérer efficacement la maintenance, le directeur de la maintenance aura besoin, stockera et conservera un grand nombre de données, et l'utilisation de l'informatisation pour la gestion de la maintenance sera sans aucun doute un outil efficace.

Ce chapitre comprend tout ce qui concerne l'informatisation ou la gestion de maintenance assistée par ordinateur en termes de :

- ✓ La gestion de la maintenance
- ✓ La documentation et la gestion de la maintenance
- ✓ L'historique de l'informatisation de la maintenance
- ✓ La définition de la GMAO
- ✓ L'apport de la GMAO
- ✓ Domaines d'application des logiciels de maintenance
- ✓ L'Objectif de la G.M.A.O
- ✓ Le marché des outils de GMAO.

II.2 La gestion de la maintenance

La gestion de la maintenance consiste à assurer le suivi des actifs de l'entreprise et à superviser les activités de maintenance. Cela inclut la planification de la maintenance préventive, la détection des anomalies et la réparation rapide des pannes. L'organisation des activités de maintenance permettra d'optimiser les performances de chaque actif. La maintenance ne se limite pas à la réparation d'actifs tels que les équipements et les machines, mais comprend également d'autres procédures telles que l'inspection et le nettoyage pour maintenir ces actifs en état de fonctionnement. [9]

II.3 La documentation de la maintenance

La documentation est un élément clé de la gestion de la maintenance. Elle permet de consigner les informations relatives à l'équipement, aux activités de maintenance et aux résultats obtenus,

En générale la documentation au niveau du service maintenance se compose des éléments suivants :

- Dossiers techniques pour la préparation d'interventions plus efficaces,
- Modes opératoires pour les interventions proprement dites,
- Dossiers historiques pour la politique de maintenance à mettre en place (traçabilité des interventions et analyse du comportement des équipements),
- Catalogues constructeurs pour la gestion du stock maintenance,

La structure générale de la documentation d'un service maintenance est donnée à la figure II.1.

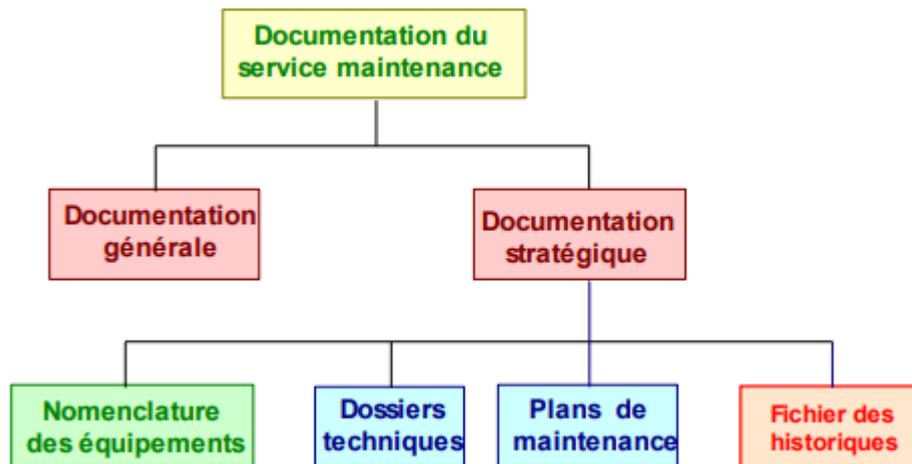


figure II.1: Structure de la documentation du service maintenance.

Cette documentation se décompose en deux grandes parties : la documentation générale et la documentation stratégique. [10]

II.3.1 Documentation générale :

Le service se doit de se doter d'un service de documentation générale, mis à jour régulièrement. Celle-ci comprend tous les documents techniques qui ne sont pas affectés à des matériels particuliers, mais qui sont nécessaires aux maintenanciers pour répondre à des questions techniques plus générales. Elle contient en particulier :

- Tous les ouvrages de technique fondamentale (mécanique, électricité, hydraulique, pneumatique, thermique) où l'on trouvera les formulaires et abaques nécessaires au dimensionnement rapide d'éléments techniques ou de composants,
- Des ouvrages plus spécialisés, destinés à des lecteurs plus avertis, et très utiles lorsqu'on veut conduire une étude d'amélioration et de fiabilisation d'un équipement.

D'autre part, ce service doit être abonné à :

- Toutes les revues techniques et articles de conférences permettant d'effectuer une « veille technologique » (par exemple « Maintenance et entreprise », « Production Maintenance », « Usine Nouvelle », « Mesures », « Contrôle », etc.),

- Toutes les normes (internationales si possible, nationales) et conventions ou « habitudes » d'entreprise (par exemple « normes ISO », « normes AFNOR »). [10]

II.3.2 Documentation stratégique

Elle se décompose en quatre grandes parties :

- La nomenclature des équipements ou inventaire du parc matériel,
- Le dossier technique des équipements (DTE),
- Le plan de maintenance des équipements,
- Le fichier des historiques. [10]

II.3.2.1 Nomenclature des équipements

Tous les matériels et biens durables de l'entreprise doivent être inventoriés, classés et codifiés afin de constituer une nomenclature. Une telle nomenclature va faciliter l'établissement des budgets de maintenance, la mise en place de plans de maintenance préventive et plus généralement des méthodes de maintenance. (tableau II.1) [10]

FLAG G/T	Code Parent	*CodeEquipement	Code process Equipement	Description Equipement
T	L7752T0016	L7122T0014	04-010-080	AIMANT DE LEVAGE PERMANENT
T	L7107T0003	L7122T0003	07-020-010	ALIMENTATEUR À GOULOTTE VIBRANT À BALOURD D'ELEVATEUR N°3
T	L7714T0003	L7122T0004	05-010-100	ALIMENTATEUR À GOULOTTE VIBRANT À BALOURD DE SILO SABLE
T	L7107T0001	L7122T0001	04-010-020	ALIMENTATEUR À GOULOTTE VIBRANT À BALOURD D'ELEVATEUR N°1
T	L7107T0002	L7122T0002	07-010-010	ALIMENTATEUR À GOULOTTE VIBRANT À BALOURD D'ELEVATEUR N°2
T	L8008T0001	L7122T0005	05-020-100	ALIMENTATEUR À GOULOTTE VIBRANT À BALOURD N°1 DE POIDOSEUR
T	L8008T0001	L7122T0006	05-030-100	ALIMENTATEUR À GOULOTTE VIBRANT À BALOURD N°2 DE POIDOSEUR
T	L7752T0005	L7122T0007	05-050-100	ALIMENTATEUR À GOULOTTE VIBRANT MAGNÉTIQUE MALAXEUR MELANGE 1
T	L7752T0005	L7122T0008	05-040-100	ALIMENTATEUR À GOULOTTE VIBRANT MAGNÉTIQUE MALAXEUR MELANGE 2
T	L8008T0001	L7122T0009	06-010-065	ALIMENTATEUR À GOULOTTE VIBRANT MAGNÉTIQUE SABLE
T	L8008T0004	L7122T0013	01-250-020	ALIMENTATEUR À TUYAU VIBRANT MAGNÉTIQUE CALCAIRE

tableau II.1 : Exemple de l'historique de l'entreprise MFG [11]

II.3.2.2 Le dossier technique d'un équipement (DTE) :

Appelée encore « documentation source », le DTE est la première documentation à partir de laquelle tous les autres dossiers techniques seront créés. C'est donc celle qui doit être la plus complète possible et qu'il convient de définir dans le cahier des charges d'achat de l'équipement. Exemple **tableau II.2**

Objet (Item)	Spécifications (Specifications)	
	M-900iA/350	
Type (Type)	Type articulé (Articulated Type)	
Axes contrôlés (Controlled axes)	6 axes (J1, J2, J3 , J4, J5, J6)	
Portée H (Reach)	2650mm	
Montage (Installation)	Plancher, Inversé, Angle (Floor, Upside-down (Angle mount))	
Plage de mouvement (Vitesse de mouvement) (Motion range (Maximum speed Note1))	J1 axe de rotation (axis rotation)	360°(100°/sec) 6.28rad (1.75rad/sec)
	J2 axe de rotation (axis rotation)	150°(95°/sec) 2.62rad (1.66rad/sec)
	J3 axe de rotation (axis rotation)	223.4° (95°/sec) 3.90rad (1.66rad/sec)
	J4 axe de rotation du poignet (axis wrist rotation)	720°(105°/sec) 12.57rad (1.83rad/sec)
	J5 balancement du poignet de l'axe (axis wrist swing)	250° (105°/sec) 4.36rad (1.83rad/sec)
	J6 axe de rotation du poignet (axis wrist rotation)	720°(170°/sec) 12.57rad(2.97rad/sec)
Capacité de charge maximale au poignet (Max. load capacity at wrist)	350 kg	
Capacité de charge max au bras J3 (Max. load capacity at J3 arm)	25kg	
Moment de charge admissible au poignet (Allowable load moment at wrist)	J4 axis	1960N.M 200kgf.m
	J5 axis	1960N.M 200kgf.m
	J6 axis	891.8N.M 91kgf.m
Inertie de charge admissible au poignet (Allowable load inertia at wrist)	J4 axis	235.2kg.m ² 2400kgf.cm.s ²
	J5 axis	235.2kg.m ² 2400kgf.cm.s ²
	J6 axis	156.8kg.m ² 1600kgf.cm.s ²
Methode d'entraînement (Drive metho	Electric servo drive by AC servo motor	
Répétabilité (Repeatability)	±0.3mm	
Masse du robot (Mass Note2))	1720kg	
environnement d'installation (Installation environment)	-Température ambiante (Ambient temperature) : 0~45°C -Humidité ambiante (Ambient humidity) : normalement (Normally) 75%RH au moins (or less) pas de rosée ni de gelée (No dew nor frost allowed) Accélération des vibrations (Vibration acceleration) : 4.9m/s ² (0.5G) au moins (or less)	

tableau II.2 : Documentation technique d'un robot M-900iA/350 [11]

II.3.2.3 Plan de maintenance d'un équipement

Le plan de maintenance ne doit comprendre que ce qui est strictement nécessaire aux maintenanciers dans leurs activités quotidiennes. Ses objectifs sont d'adapter la documentation à la notion de risque (perte de disponibilité de l'équipement) : limitation des pertes de temps lors des interventions et gestion plus efficace de l'espace documentaire. Cela signifie qu'un plan de maintenance trop riche ou trop perfectionné (très coûteux) peut aller à l'encontre des bonnes intentions. Il est riche en informations et il appartient à chaque entreprise de le construire comme : [12]

Mode opératoire (MO) : ensemble des étapes séquentielles à suivre, afin d'exécuter une opération de maintenance, depuis les activités préparatoires, comme l'étude et les politiques de définition, jusqu'à l'analyse lorsque le travail est terminé et jusqu'à la définition des actions à entreprendre pour améliorer des cas futurs similaires. [12]

Bon de travail (BT) : document contenant toutes les informations relatives à une opération de maintenance et les références à d'autres documents nécessaires à l'exécution du travail de maintenance. [12]

Bon de mouvement (BM) : document permettant au logisticien de suivre les mouvements d'un équipement mobile. [12]

Bon de sortie magasin (BSM) : document qui permet au maintenancier de sortir un équipement ou un composant du magasin ; il permet aussi au magasinier de comptabiliser et de suivre le stock des pièces de rechange. [12]

Cahier de marche d'un équipement de production : document mis à la disposition des opérateurs pour noter tous les incidents de fonctionnement. L'opérateur commence son activité par l'ouverture de ce cahier et prend connaissance des incidents survenus pendant le poste précédent. Il termine son poste en fermant ce cahier après l'avoir complété éventuellement. Il appartient ensuite au maintenancier de venir consulter régulièrement ce cahier. [12]

Fiche d'intervention technique : Elle sert de liaison entre le technicien de maintenance et les « méthodes maintenance ». Elle indique en particulier les opérations réalisées, les pièces de rechange et les consommables utilisés, etc.

Fiche de suivi d'un équipement : elle permet de retracer tous les événements survenant pendant la phase opérationnelle de l'équipement. C'est la notion d'historique que nous traiterons à part. [12]

Liste des articles consommables : recueil contenant la référence de tous les composants prévus pour être consommés pendant l'utilisation normale de l'équipement. Ces articles sont conçus de telle sorte qu'ils ne soient pas réparables ou qu'ils disparaissent pendant l'utilisation de l'équipement. [12]

Liste de pièces d'usure : liste contenant la référence de toutes les pièces prévues pour s'user pendant l'utilisation normale de l'équipement. Ces articles peuvent être réparables ou non réparables. La connaissance des pièces d'usure permet une gestion optimisée des stocks de pièces de rechange. [12]

Liste des pièces de rechange : liste contenant la référence de toutes les pièces prévues pour être échangées suite à une usure ou une détérioration pendant l'utilisation normale de l'équipement. Ces articles peuvent être réparables ou non réparables. [12]

Liste des articles non consommables : recueil contenant la référence de tous les composants prévus pour la remise en état de l'équipement avant réutilisation. Ces articles sont conçus de telle sorte qu'ils soient réparables au cours du cycle de vie de l'équipement. [12]

II.3.2.4 Fichier historique de l'équipement

Le fichier historique a une importance vitale pour la maintenance de l'équipement. C'est la partie de la documentation de maintenance qui enregistre les défaillances, pannes et informations relatives à la maintenance d'un bien. Elle retrace la vie du matériel en indiquant chronologiquement tous les faits marquants de maintenance ainsi que les améliorations qui auront été apportées à l'équipement depuis sa mise en service. (**tableau II.3** : Exemple Historique) [12]

Le technicien de maintenance se doit de connaître les évolutions d'un matériel pour les raisons suivantes :

- Certains faits passés peuvent très bien expliquer une défaillance déjà arrivée.
- Réaliser des études de fiabilisation et d'amélioration de l'équipement.

Dates	TBF(h)	Arrêt en minutes	Causes de défaillance								Nature					Coût pièce de rechange	Type interventions			
			A	B	C	D	E	F	G	H	0	1	2	3	4		Réglage	Nettoyage	Correctif	
16.11.00	inc.	20		X							X							X		
22.11.00	96	45		X								X						X		
14.01.01	792								X		X							X		
18.01.01	94	95				X								X				X		
18.01.01	4	10					X				X							X		
28.01.01	144							X								X		X		
08.03.1	672				X					X							3,05 €			X
28.03.01	336		X							X								X		
16.04.01	287	10							X	X									X	
30.05.01	671	45		X							X						448 €			X
14.06.01	264	75	X											X			177 €			X
14.06.01	10	30				X								X						X
17.06.01	26	195					X			X									X	
28.06.01	215	85				X									X					X
01.07.01	70	350				X				X										X
06.09.01	1126	10			X						X						260 €			X
13.09.01	118	100	X								X							X		
11.10.01	179	25	X									X					113 €			X
18.10.01	119	50					X			X								X		
21.10.01	47	35					X			X								X		
28.10.01	120	20							X		X							X		
07.11.01	192	20							X					X				X		
07.11.01	10	80				X									X			X		
19.11.01	168	20							X					X					X	
22.11.01	72								X	X									X	
28.11.01	96								X	X								X		
02.12.01	48						X				X								X	

tableau II.3 : Exemple Historique

Codes d'imputation : C'est une façon de simplifier l'exploitation ultérieure de l'historique par l'agent des méthodes. La cause, la nature ou la localisation sont codées par une lettre ou un chiffre. Les tableaux II.4, II.5 et II.6 donnent des exemples possibles.

Code	Localisation de la défaillance	Code	Localisation de la défaillance
A	Imprévisible	E	Défaut de maintenance
B	Intrinsèque détectable	F	Erreur de conduite
C	Intrinsèque non détectable	G	Déréglage
D	Mauvaise intervention	H	autre

tableau II.4 : Codage des causes de défaillance

Code	Localisation de la défaillance	Code	Localisation de la défaillance
0	Origine mécanique	3	Origine pneumatique
1	Origine électrique	4	Origine humaine
2	Origine hydraulique	5	autre

tableau II.5 : Codage des natures de défaillance

Code	Localisation de la défaillance	Code	Localisation de la défaillance
0	Partie commande	3	Moteur
1	Automate	4	Transfert
2	Capteur	5	autre

tableau II.6 : Codage des localisations

La gestion de la maintenance était généralement effectuée manuellement à l'aide de feuilles de calcul, de carnets de notes et de fichiers papier. Les activités de maintenance étaient planifiées en fonction des prévisions et des événements passés, et les données sur les activités de maintenance étaient enregistrées manuellement, et pour ces raisons la gestion de la maintenance est a été informatisée.

II.4 Historique de l'informatisation de la maintenance

L'informatisation de la maintenance est venue tard dans l'entreprise. En effet, les systèmes informatiques de gestion se sont développés depuis le début des années 1960, et leurs évolutions a donné naissance aux systèmes de gestion de production dont le rôle principal est de permettre la planification de la production en fonction des ressources humaines, machines, temps et matières premières, dans le but de répondre `a un besoin `a une date donnée. Actuellement, les ERPs « Enterprise Resource Planning » en français « progiciel de gestion intègre » ont fait leur apparition dans les entreprises. Ils ne se contentent plus de seulement gérer la production, mais gèrent l'ensemble de l'entreprise de manière intégrée en incluant des modules qui permettent de gérer les achats et les ventes, le personnel et la comptabilité . . . etc.

Les grandes familles des ERPs sont illustrées dans la figure II.2.

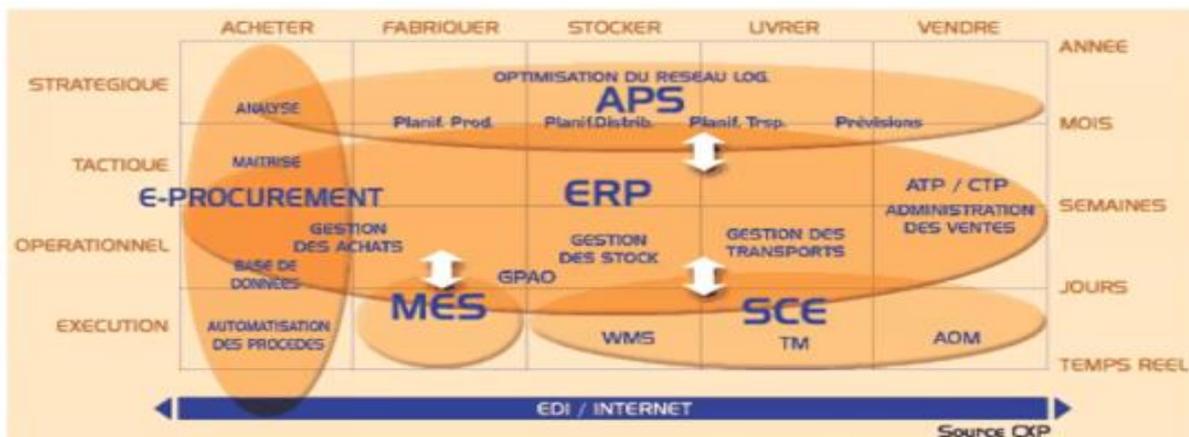
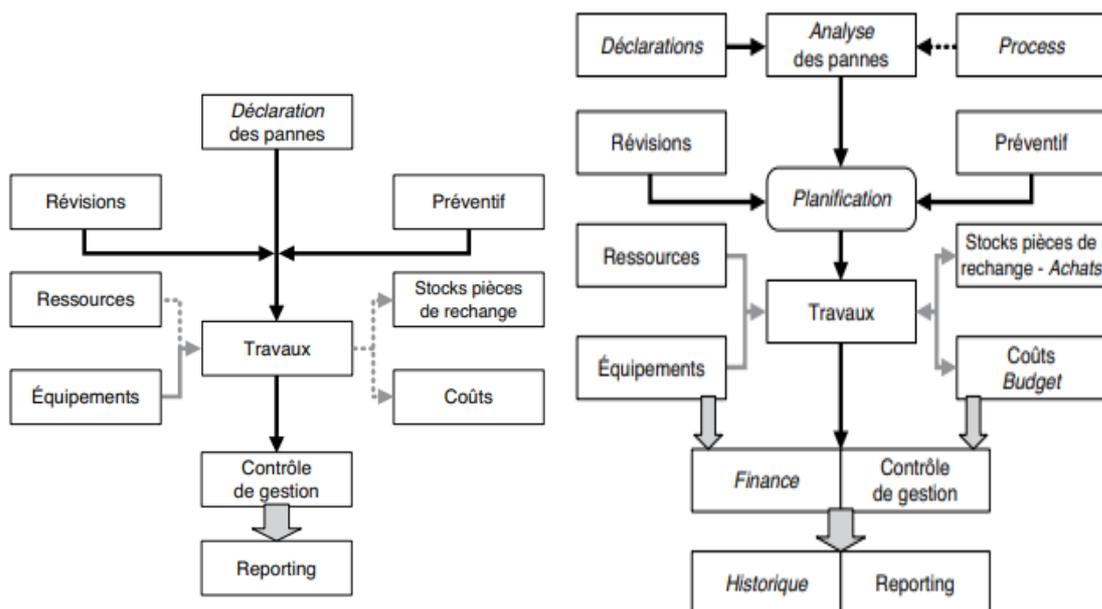


figure II.2 : Les grandes familles de ERPs.

La maintenance étant reconnue comme fonction fondamentale dans l'entreprise, bon nombre de progiciels sont apparus sur le marché, proposant de couvrir les fonctionnalités dont la maintenance souhaitait disposer. Il s'agissait de la naissance de la :

- GMAO pour Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur ;
- CMMS pour Computer Maintenance Management System ;
- CAMM pour Computer Aide Maintenance Management.

Ces progiciels ont permis de traiter les événements auxquels la maintenance avait à faire face quotidiennement : que ce soit la panne et son traitement, l'exécution du préventif, la gestion de stock (figure II.3(a)). L'utilisation des ressources s'en est trouvée naturellement très améliorée.



(a) Les applications de la maintenance traditionnelle

(b) Les applications de la maintenance planifiée (intelligente)

figure II.3 : Maintenance traditionnelle versus maintenance intelligente.

Au plan organisationnel, les systèmes de gestion de maintenance informatisés ont offert à leurs utilisateurs la possibilité de maîtriser les opérations de maintenance et le coût des ressources utilisées au niveau de chacun des équipements (Figure II.3(b)). Ils ont permis à la maintenance de participer directement à l'effort d'économie de l'entreprise. [13]

II.5 Définition de la GMAO

GMAO est l'abréviation de Gestion de Maintenance Assistée par l'Ordinateur. C'est Un système informatique de management de la maintenance est un progiciel organisé autour d'une base de données permettant de programmer et de suivre sous les trois aspects techniques, budgétaire et organisationnel, toutes les activités d'un service de maintenance et les objets de cette activité (services, lignes d'atelier, machines, équipements, sous-ensembles, pièces, etc.) à partir de terminaux disséminés dans les bureaux techniques, les ateliers, les magasins et bureaux d'approvisionnement. [14]

II.6 L'apport de la GMAO

La GMAO devra rapporter de l'argent en productivité de la fonction, en efficacité du personnel, en disponibilité de l'outil de production, en prolongement de la durée de vie des machines. Le but est de faire participer la fonction maintenance aux objectifs de performance de l'entreprise : réduction des coûts et amélioration du taux de service contribuent directement à l'amélioration de la productivité et augmentent la compétitivité de l'entreprise. [15]

II.7 Domaines d'application des logiciels de maintenance

Les fonctionnalités de la GMAO peuvent varier d'un logiciel à l'autre. Toutefois, en règle générale, tous les domaines d'application suivants, ou un grand nombre d'entre eux, sont couverts. [16]

II.7.1 Planification des interventions

Les tableurs ont longtemps été l'instrument de choix pour la planification des interventions. Cependant, les plans sont rapidement devenus confus et – c'est un gros défaut – ils n'étaient pas reliés à d'autres outils.

Les logiciels de GMAO modernes offrent aux utilisateurs une interface graphique attrayante et une facilité d'utilisation : quelques clics suffisent pour créer des commandes et relier toutes les informations relatives à l'installation et à la maintenance. Sur les tableaux de planification numériques, les planificateurs d'intervention affectent les collaborateurs à des tâches spécifiques par simple glisser-déposer.

De nombreuses opérations jusqu'alors manuelles sont désormais automatisées, par exemple l'impact des changements de personnel sur le budget et la charge de travail est automatiquement affiché et une grande partie des communications par e-mail peut être gérée sous forme de commentaires dans la GMAO.

II.7.2 Organisation et documentation des installations

Toutes les informations relatives aux installations sont enregistrées dans le système de GMAO. L'aperçu contient entre autres des informations sur le fabricant, les numéros de série, les interventions et coûts de maintenance antérieurs, les statistiques sur les temps d'arrêt et les performances.

Quand doit avoir lieu le prochain entretien ? Les systèmes de GMAO peuvent parfois créer automatiquement des ordres de travail en fonction de l'heure, des derniers résultats de maintenance ou du message du client.

II.7.3 Organisation des missions de travail

Les techniciens de service reçoivent une notification de la nouvelle mission et peuvent se préparer à l'aide de l'application GMAO. Ils voient de quels outils et matériaux ils ont besoin et peuvent les commander à partir de l'application si nécessaire. En reliant la gestion des matériaux à la GMAO, il est possible de surveiller et d'optimiser les coûts des stocks et des produits.

Les GMAO remplacent aussi souvent les carnets de route analogiques. Au lieu de manipuler stylo et papier, le technicien appelle l'application sur son smartphone et démarre le suivi de son trajet en un clic. Le GPS se charge de tout le reste.

Une fois arrivés chez l'exploitant de l'installation, les techniciens peuvent consulter la documentation et les listes de contrôle via la plateforme de GMAO. Vous n'avez pas besoin d'emporter des dossiers ni de cliquer dans les profondeurs des répertoires pour consulter des résultats d'examen antérieurs ou des informations importantes. Certaines GMAO guident même pas à pas dans les processus de contrôle en les affichages montés sur tête et les contrôler par commande vocale.

Si les données saisies sont transmises en temps réel à la plateforme, les collaborateurs du siège de l'entreprise peuvent voir à tout moment où en est l'avancement du travail et, le cas échéant, apporter des modifications de dernière minute au planning.

En savoir plus sur les solutions innovantes pour l'industrie :

- Une gestion efficace des flux de travail.
- Plan de maintenance : la nouvelle technologie rencontre l'efficacité.

II.7.4 Documentation et analyse

Les GMAO assurent une documentation complète de tous les processus de maintenance. Ce faisant, ils centralisent également la gestion des données. Pour les entreprises, cela ouvre de nouvelles possibilités d'analyser les processus et d'identifier le potentiel d'amélioration.

Mais les fonctions d'analyse de la GMAO ne sont pas seulement utiles pour l'amélioration des processus internes. Ils simplifient également la preuve de certaines normes commerciales, exigée pour les certifications et les audits. En appuyant sur un bouton, les entreprises peuvent générer des rapports spécialement conçus pour répondre aux exigences des audits. [16]

II.8 L'Objectif de la G.M.A.O

L'objectif de la GMAO est de déterminer les causes initiales des problèmes identifiés préalablement et, préventivement, de trouver ceux non encore survenus, en évaluant leur criticité, c'est-à-dire en tenant compte de la fréquence d'apparition des défaillances et de la gravité de ces dernières, Les objectifs essentiels de la GMAO sont : [14]

II.8.1 Diminution des temps d'arrêt pour une meilleure préparation et connaissance de l'historique

- Diminution du nombre des défaillances.
- Augmentation de la disponibilité des équipements.
- Accroissement de la productivité.
- Accroissement de la rapidité des interventions.
- Accroissement de l'efficacité du personnel.
- Prolongation de la durée de vie des équipements.

II.8.2 Planification dans le temps et suivi des activités du service maintenance

- Suivi des travaux, des pièces de rechange, des outillages...
- Réduction des dépenses du service maintenance par l'optimisation de l'utilisation des ressources.

II.8.3 Accès aux informations mises à jour

- Possibilité d'exploiter le retour d'expérience (Adaptation de la politique de maintenance).
- Estimation et suivi des coûts de maintenance.

II.8.4 Optimisation des stocks PDR

- Adaptation des stocks aux besoins réels.
- Regroupement automatique des commandes.
- Déclenchement systématique des relances.

II.9 Le marché des outils de GMAO

Dans les années 1980, les premiers logiciels GMAO furent développés pour les l'Industrie. Ils se sont ensuite trouvés des applications dans d'autres domaines comme celui des hôpitaux (maintenance des appareils médicaux) ou du transport (entretien du réseau routier, ferroviaire). Pour répondre à ces nouvelles cibles, certains éditeurs de GMAO ont suggéré des outils spécialisés dans des secteurs.

Parallèlement, de nouvelles fonctionnalités allant au-delà du simple cadre de la maintenance (gestion règlementaire, gestion de plan, suivi de consommation, etc.), sont intégrées aux logiciels de GMAO : Il s'agit d'EAM (Enterprise Asset Management).

Dès 2008, l'essentiel des leaders mondiaux du marché de la GMAO ont été acquis par des éditeurs généralistes. [2]

Entre 2016 et 2020, le marché mondial de la GMAO a enregistré un TCAC de 8,7 %. L'augmentation de la demande de surveillance des actifs dans diverses industries, notamment l'alimentation et les boissons, la fabrication, l'énergie et les services publics, l'éducation, le transport et le commerce de détail, devrait propulser la croissance du marché de la GMAO. Le marché mondial des systèmes de gestion de la maintenance informatisée (GMAO) devrait atteindre une évaluation de 2,75 millions de dollars US d'ici 2031. [18]

Au cours de la période 2020-2021 en raison de l'épidémie de COVID-19 La demande de solutions et de services de gestion des installations a fortement baissé. Il a été observé un ralentissement de la production et de l'approvisionnement en matières premières dans de nombreux secteurs, notamment le transport, la fabrication et l'immobilier, associé à une très forte réduction des opérations commerciales pour ces secteurs. Cela a conduit à la réduction de la demande de solutions logicielles de GMAO. Cependant, avec la reprise progressive des opérations commerciales post-confinement, la demande de solutions et de services de gestion des installations a repris le chemin de la croissance permettant aux experts d'afficher un optimisme retrouvé. [19]

Aujourd'hui, Le marché de la GMAO se dirige vers des changements importants. Le matériel intelligent est arrivé sur le marché, et de nombreuses solutions ont commencé à améliorer leurs fonctionnalités et les services. [20]

II.10 Conclusion

Considérant la GMAO comme une stratégie qui permettra à l'entreprise d'améliorer le fonctionnement du service de maintenance et de production et de permettre l'application efficace des interventions de maintenance, maximiser les performances de l'équipement de production et réduire les pannes et les arrêts de l'équipement pour assurer la réduction des coûts de production d'une part et de conserver ses investissements d'autre part, en plus d'introduire des programmes avancés qui apparaissent dans ce domaine.

III.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons développer une plate-forme guide, de maintenance qui propose un service de maintenance plus organisé et net pour l'amélioration de ce dernier en mettant en évidence l'acquisition principales réaliser. Nous abordons ce qui suit :

- Présentation de la plate-forme développée
- Les avantages de la plate-forme
- Les modules de la plate-forme

Pendant le stage pratique chez l'entreprise MFG (Mediterranean Float Glass), et après avoir appris à produire du verre et avoir différents équipements, nous avons choisi le robot FANUC M-900iA/350 comme un exemple à étudier et pour le gérer à l'aide d'une plateforme de gestion de maintenance, en raison de la disponibilité de ces coordonnées et son historique et sa documentation Technique son importance pour gérer le processus de manutention des feuilles de verre lourdes et les transporter dans la meilleure qualité.

III.2 Présentation de la plate-forme développée

Destinée à la constitution d'un pôle de compétences et de moyens dans les domaines de la surveillance et du vieillissement des installations et des machines et équipements. Cette plateforme permet le développement de méthodes de contrôle et de maintien et à la surveillance des équipements en service et au suivi de leur vieillissement et même leurs défaillances éventuelles, avec son système de fonctionnement qui est basé sur l'historique de la maintenance de l'équipement ça aide à une amélioration et développement du service maintenance de l'entreprise compte tenu son efficacité, spécificités et la rapidité du service pour éviter les longues durées de pannes.

La plate-forme est exploitée sur tous les avantages offerts par les dernières technologies. Pour la réalisation de la Plate-forme on a utilisé différents Logicielles, Languages, Structures, Framework et Template

a. Les logiciels utilisés :

- **XAMPP**

XAMPP est un ensemble de logiciels servant à mettre en place aisément un serveur Web, un serveur FTP et un serveur de messagerie électronique.

Il est distribué avec différentes bibliothèques logicielles qui élargissent la palette des services de façon notable : OpenSSL, Expat (parseur XML), PNG, SQLite, zlib, ... mais aussi différents modules Perl et Tomcat. [21]

Une des fonctionnalités les plus utiles de XAMPP est la possibilité de modifier à chaque fois que cela est nécessaire.

Le but recherché par XAMPP est de fournir une distribution facile à installer. Ainsi, les développeurs peuvent se lancer facilement dans le monde d'Apache. Pour le rendre encore plus pratique, XAMPP est livré avec toutes les fonctionnalités activées. [22]

- **Visual Studio Code :**

Visual Studio Code est un éditeur de code développé par Microsoft supportant un très grand nombre de langages grâce à des extensions. Il supporte l'autocomplétion, la coloration syntaxique, le débogage, et les commandes git.

Les fonctionnalités proposées par Visual Studio Code sont nombreuses. On retrouve notamment :

- La prise en charge de plusieurs centaines de langage de programmation, telles que C, C#, C++, CSS, HTML, Java, JavaScript, JSON, Markdown, PHP, Powershell, Python, TypeScript, YAML...,
- IntelliSense, une fonction de complétion intelligente du code,
- Un débogueur intégré pour accélérer votre boucle d'édition, de compilation et de suppression des bugs,
- Une interface d'édition, qui intègre des raccourcis clavier, des sélections multiples, un enregistrement automatique de votre travail, une fonction rechercher/remplacer, le formatage du code source...,
- Peek, une fonction qui permet de parcourir rapidement le code source et de naviguer entre les fichiers,
- Les commandes Git intégrées ainsi que la gestion du contrôle des sources (SCM). [23]

- **MySQL**

MySQL est un système de gestion de base de données relationnelles (SGBDR). Il s'agit d'un SGBDR développé et supporté par Oracle, le leader mondial de la base de données.

Les avantages de MYSQL :

Il se démarque avec 4 avantages

- Il est Open-source
- Il est Multi-plateforme
- Il est Performant
- Il est Populaire. [24]
- **Firefox Developer Edition**

Le principal point fort de Firefox Developer Edition est en effet de proposer des outils qui permettent de développer des applications et de tester leur compatibilité avec le Safari d'iOS ou le Chrome d'Android, sans avoir à changer d'environnement

Il intègre tous les outils de développement en un seul ensemble.

b. Les langages utilisés :

- **JavaScript**

JavaScript est un langage de programmation qui permet de créer du contenu mis à jour de façon dynamique, de contrôler le contenu multimédia, d'animer des images, et tout ce à quoi on peut penser. [25]

Le langage JavaScript est principalement employé pour améliorer l'ergonomie d'un site Internet et/ou d'une interface applicative utilisateur. Il sert également à intégrer des effets esthétiques, toutefois rarement indispensables. Son principal intérêt réside dans son mode de fonctionnement : le langage JavaScript offre en effet la possibilité d'exécuter un code sans être contraint de recharger une page web. En cela, il joue un rôle dans l'amélioration de la rapidité de chargement des pages, un critère d'ergonomie et de référencement de plus en plus important. [26]

- **PHP**

Le terme PHP est l'acronyme de « PHP Hypertext Preprocessor ». Le premier « P » de PHP est en effet lui-même l'abréviation de « PHP », une curiosité qui ne va pas présenter une grande importance. Le PHP va nous permettre de créer des pages qui vont être générées dynamiquement. En d'autres mots, grâce au PHP, nous allons pouvoir afficher des contenus différents sur une même page en fonction de certaines variables : l'heure de la journée, le fait que l'utilisateur soit connu et connecté ou pas, etc. [27]

- **MySQL**

Le MySQL est un système de gestion de bases de données relationnelles.

Les avantages du MySQL sont sa simplicité d'utilisation, sa fiabilité et ses performances en plus du fait qu'on va pouvoir gérer plusieurs types de bases de données différentes si besoin avec MySQL et qu'on va pouvoir l'utiliser conjointement avec PHP. [28]

c. Les structures utilisées :

- **HTML**

HTML, qui signifie en anglais HyperText Markup Language, est un langage informatique pour rédiger des pages web. Grâce à lui il est possible de rédiger de l'hypertexte, de mettre en forme le contenu, de faire des formulaires de saisie, de rajouter dans la page des images, vidéos ou des graphismes ou encore de faire la sémantique de la page web. Ce langage fonctionne avec un système de balises qui vont servir à mettre en avant les différents éléments grâce à des titres, des sous-titres, etc. [29]

- **CSS**

Le CSS (Cascading Style Sheet) est un langage de programmation qui permet de styliser des pages web en contrôlant l'affichage des éléments HTML. Le CSS va permettre de gérer le design d'une page HTML au niveau des polices, les couleurs, la typographie, les fonds,[30].

d. Les frameworks utilisés :

- **Bootstrap**

Bootstrap est une collection d'outils utiles à la création du design (graphisme, animation et interactions avec la page dans le navigateur, etc.) de sites et d'applications web. C'est un ensemble qui contient des codes HTML et CSS, des formulaires, boutons, outils de navigation et autres éléments interactifs, ainsi que des extensions JavaScript en option. [31]

e. Les templates :

- **AdminLTE :**

AdminLTE est un modèle d'application Web pour les tableaux de bord d'administration et les panneaux de contrôle. Il s'agit d'un modèle HTML réactif basé sur le framework CSS Bootstrap 3. Il utilise tous les composants Bootstrap dans sa conception et redéfinit de

nombreux plugins couramment utilisés pour créer une conception cohérente pouvant être utilisée comme interface utilisateur pour les applications backend. . AdminLTE est basé sur une conception modulaire, ce qui lui permet d'être facilement personnalisé et développé.

AdminLTE est le panneau pour construire la partie administration d'un site. [32]

- **Font Awesome**

Font Awesome est une police d'écriture et un outil d'icônes qui se base sur CSS, LESS et SASS. Elle a été créée par Dave Gandy afin d'être utilisée avec Bootstrap, et a ensuite été incorporée dans le BootstrapCDN. [33]

- **Material UI**

Material UI est magnifique par sa conception et propose une suite d'options de personnalisation qui facilitent la mise en œuvre d'un propre système de conception personnalisé en plus des composants. [34]

- **Google Fonts**

Google Font se révèle être un outil incontournable pour la production de contenus. Le choix des polices de Google apporte de nombreux avantages dans le développement de site web. Google Font nous fait découvrir un moyen spécial de travailler la typographie d'un site web. Avec les Google Fonts, on bénéficie :

Un site web bien construit ;

- Une intégration rapide sur un site ;
- La possibilité de télécharger les polices ;
- Une multitude de polices Open Source. [35]

III. 3 Les avantages de la plate-forme

Cette plate-forme offre un service de maintenance plein d'avantage comme suit :

- L'élimination des pannes grâce à un bon contrôle et d'une bonne analyse.
- Garantir et prolonger la durée de vie utile des équipements, notamment ceux qui jouent un rôle essentiel dans les processus de production de l'entreprise.
- Une bonne stratégie de maintenance préventive qui contribue à l'endiguement et à la réduction des pannes éventuelles.

- Augmentation de la fiabilité des équipements et réduction des coûts.
- Les ressources détournent vers la maintenance corrective et vers la maintenance préventive.
- Une maintenance basée sur l'analyse de certaines véritables de l'équipement, qui peut nous communiquer des informations sur le moment où la machine peut tomber en panne.
- La plate-forme permet aux entreprises industrielles de saisir, gérer et stocker une grande quantité de données sur les processus de maintenance des usines.
- Aide les entreprises à se concentrer sur les questions les plus importantes, à maîtriser le moindre coût de maintenance et gérer efficacement les pièces de rechange.

III.4 Les modules de la plate-forme

III.4.1 Fenêtre principale

La figure III.1 représente le tableau de bord de la plateforme. Elle se compose de (06) icônes principales comme mentionnées ci-dessus :

- Documentation Technique d'Équipement (DTE).
- Demande de travail.
- Bon de travail.
- Bon de travail préventif.
- Fiche d'article.
- Arborescence du matériel.

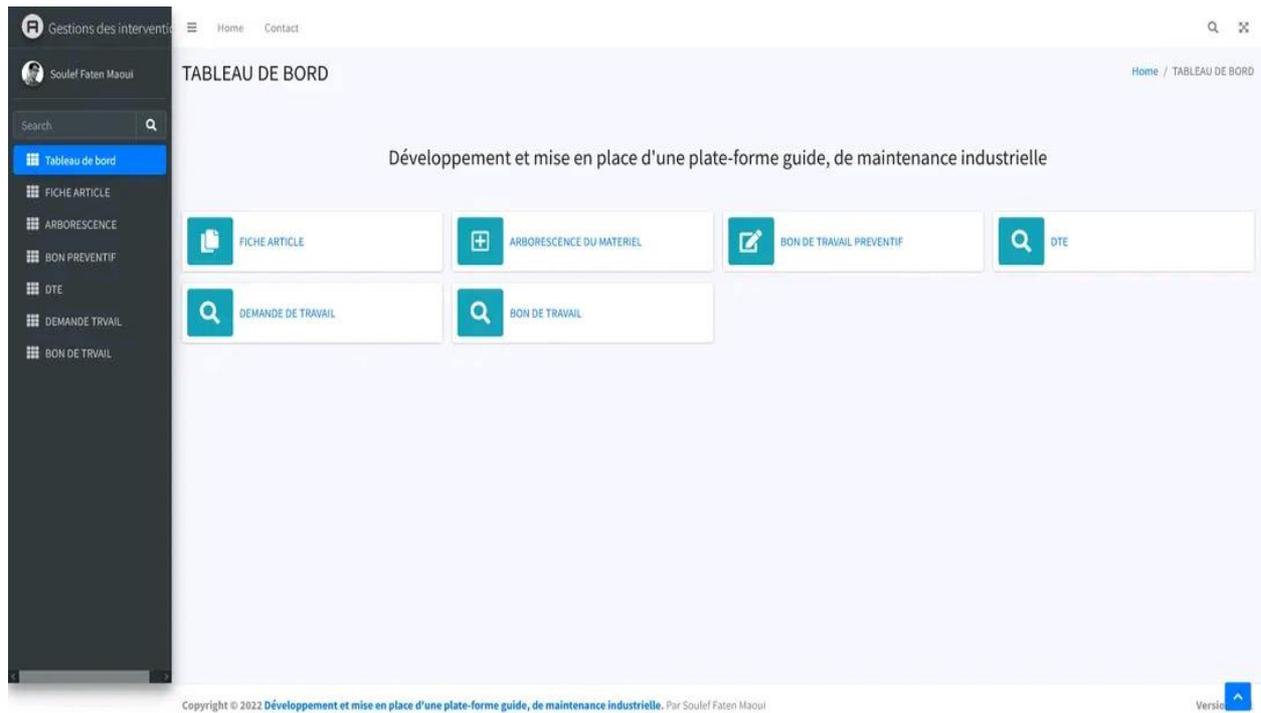


figure III.1 : Fenêtre principale de la plate-forme.

Chaque icône dispose de plusieurs cases représentant les coordonnées et les informations importantes sur la maintenance dans l'entreprise.

III.4.2 Module documentation technique d'équipement (DTE)

La fiche technique se représente comme suit dans la figure III.2.

Elle conduit des cases qui représentent les coordonnées spécifiques de chaque équipement qui permet :

- Les désignations de l'équipement (nom).
- Le code de l'équipement.
- La zone où elle est placée et le code de la zone.
- Centre de charge de l'équipement et son code

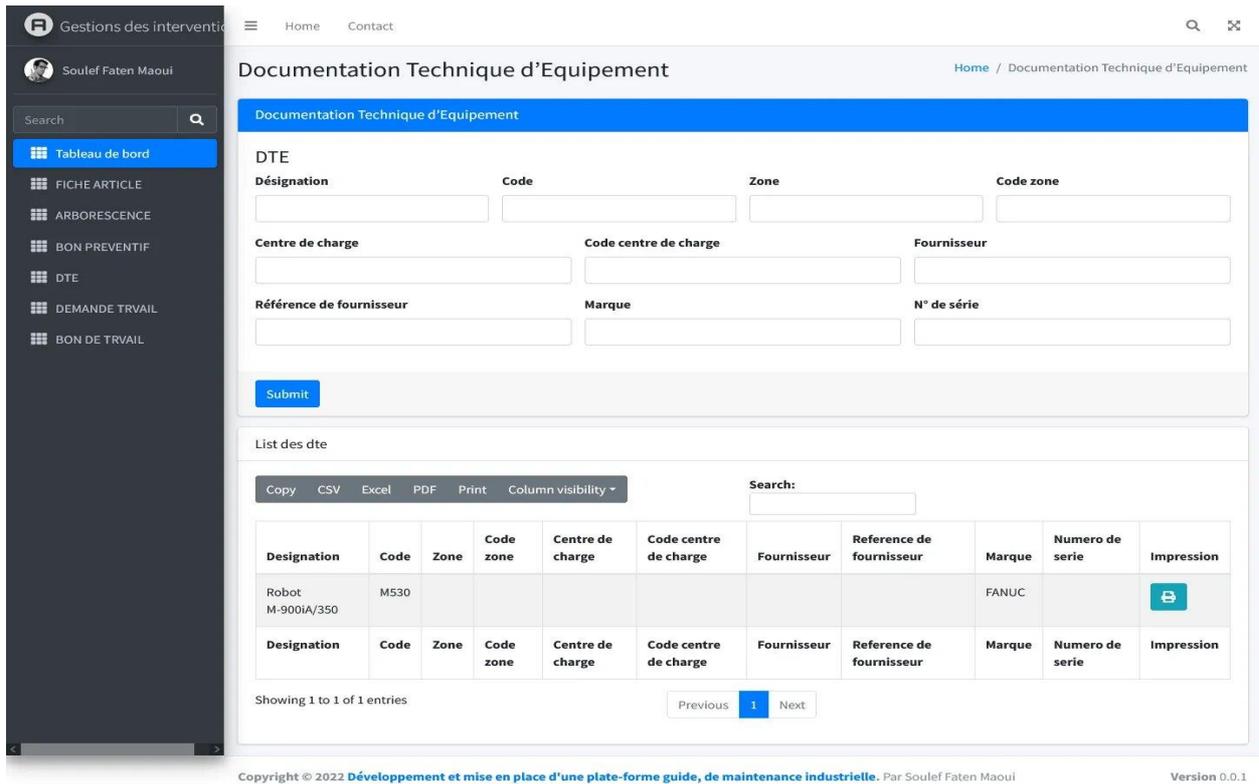


figure III.2 : Interface module DTE.

III.4.3 Module fiche d'article

C'est une fiche qui contient des cases qui représentent les coordonnées spécifiques de chaque pièce, plus précisément les références des pièces, les spécifications techniques de la pièce et les informations de stockage. Comme désigne dans la figure III.3 suivante.

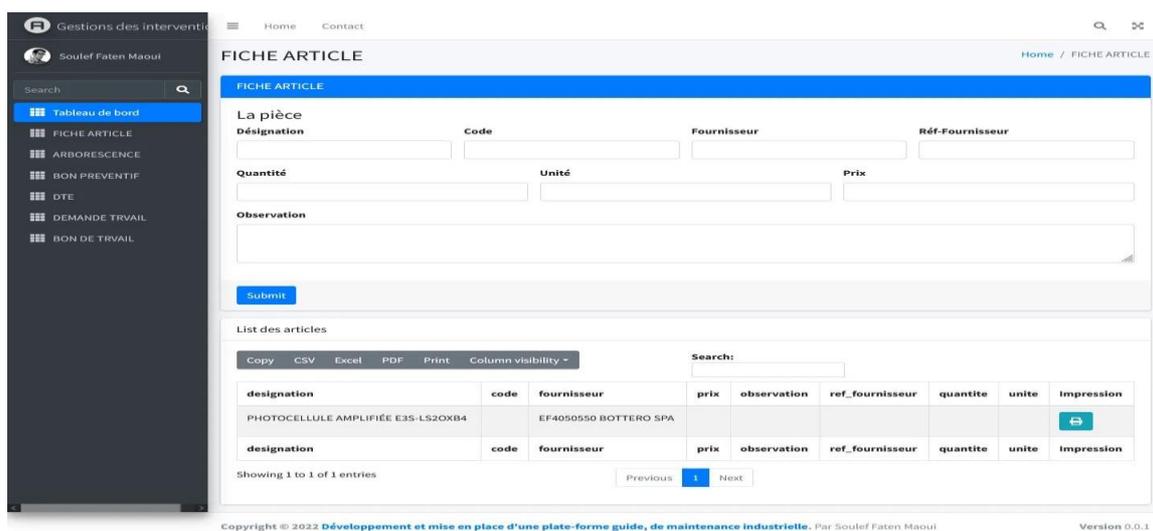


figure III.3 : Interface module fiche d'article.

III.4.4 Module demande de travail

C'est une fiche (Voir la figure III.4) qui contient la gestionnaire en temps réel de la maintenance, on retrouve aussi :

- Les coordonnées d'équipement concerné.
- La date de début et fin et la durée des interventions.
- Un descriptif pour les interventions.
- Les coûts des interventions.

Copyright © 2022 Développement et mise en place d'une plateforme guidée de maintenance industrielle. Par Souleif Farou Maoui. Version 0.0.1

figure III.4 : Interface module demande de travail.

III.4.5 Module bon de travail

Parmi tous les outils qu'il propose, on retrouve la gestion de maintenance corrective, une fenêtre qui est présenté dans la figure III.5 qui contient :

- Désigne le nom d'intervenant ou l'équipe d'intervention et le nom de demandeur de l'intervention.
- L'équipement entretenu et ces coordonnées.
- La date de début et fin et la durée des interventions.
- Un descriptif pour les interventions.
- Les coûts des interventions.

figure III.5 : Interface module bon de travail.

III.4.6 Module Bon de travail Préventif

C'est une fenêtre qui contient les cases suivant (voir la figure III.6).

BON DE TRAVAIL PREVENTIF

Intervenant(s)

Equipement

Designation code zone Code de zone Centre de charge Code

période	Listes des interventions	Oui/Non	Date de réalisations	Date prochaine	durée
Trimestrielle	Lubrification des guides de translation (P8.16)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	Lubrification des supports (P8.17)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Mensuelle	Contrôle général de la machine (Jeu, vibrations, bruit, câbles)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	Contrôle du dispositif de l'air (P8.1) et nettoyage des silencieux des distributeurs	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	Contrôle des sonars UB120 et des soupapes d'échappement	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	Contrôle du branchement et fixation des codeurs (P8.4) et Nettoyage de photocellules (P8.3)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	Contrôler de l'air dans les réservoirs (P8.6)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Chaque 18mois	Remplacement de la graisse du réducteur des axes J1/J2/J3 et les axes J4/J5/J6.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	Remplacement des piles	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	Remplacement de la pile CPU	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	Contrôler l'état du Teach Pendant et de son câble	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	Contrôler l'état général des câbles, flexibles, connexions	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	Nettoyer l'armoire du contrôleur R30iB avec un aspirateur. Bien refermer l'armoire	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

List des bon de travail preventif

Copy CSV Excel PDF Print Column visibility - Search:

Designation	Code	Zone	Code de zone	Centre de charge	Code2	Controle du dispositif oui	Controle du dispositif realisation	Controle du dispositif prochaine	Controle du dispositif duree	Controle des sonars oui	Controle des sonars realisation	Controle des sonars prochaine
Designation	Code	Zone	Code de zone	Centre de charge	Code2	Controle du dispositif oui	Controle du dispositif realisation	Controle du dispositif prochaine	Controle du dispositif duree	Controle des sonars oui	Controle des sonars realisation	Controle des sonars prochaine

Showing 1 to 1 of 1 entries

Previous **1** Next

figure III.6 : Interface module bon de travail préventif.

III.4.7 Module arborescence du matériel

C'est une fiche qui propose une fonction recherche simple et efficace, elle permet de rechercher une pièce détachée ou un équipement grâce à son nom, sa description ou son code, cette fenêtre indiquée dans la figure III.7 contient comme case :

- Les coordonnées détaillées d'équipement.
- Leur sous-équipement avec leur code, fournisseur et référence de fournisseur.
- Les pièces de rechange.

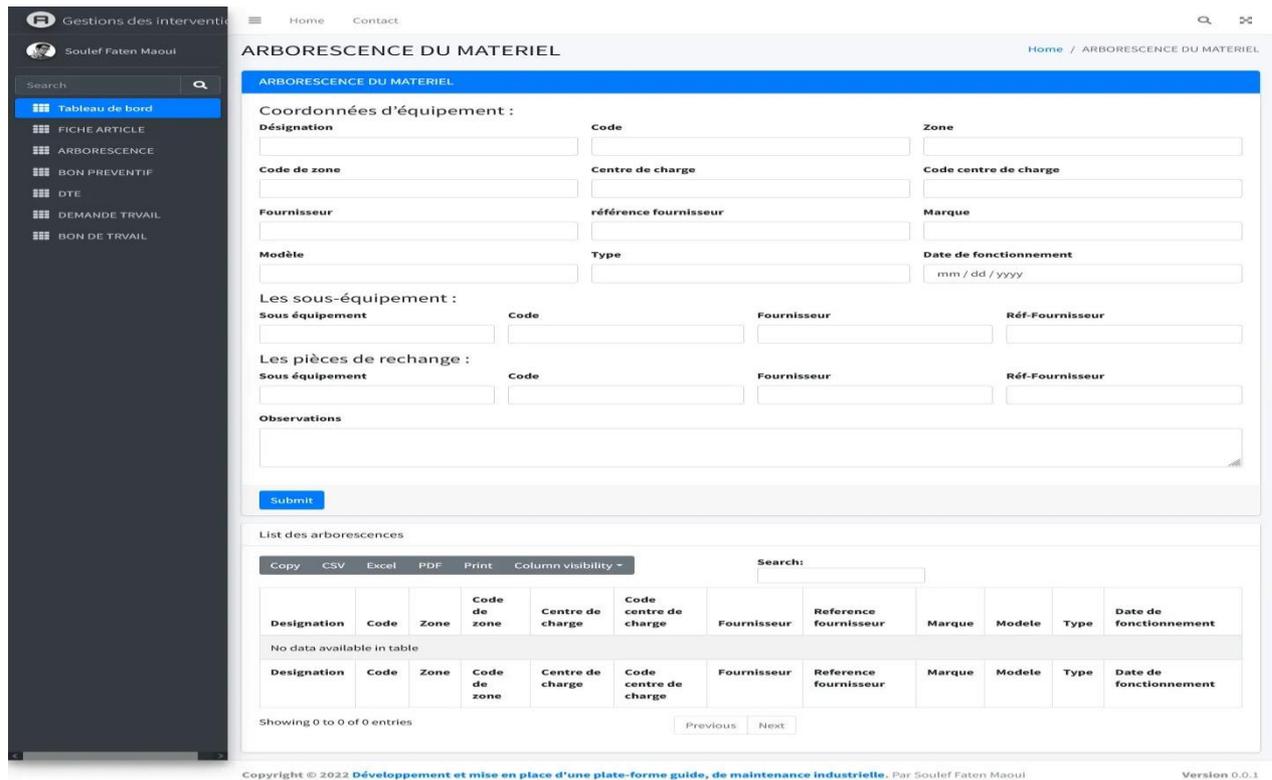


figure III.7 : Interface module arborescence du matériel.

Remarque : Chaque une des fenêtres ci-dessus a une case appelée (Observations) pour fournir tout conseil, opinion ou mesure de sécurité sur la maintenance industrielle.

III.4.8 Modèle d'impression :

La figure III.8 représente un exemple de la version imprimé des modules exprimés précédemment, et toutes les informations qui ont été tapé sur les fenêtres s'affichent sur cette version.

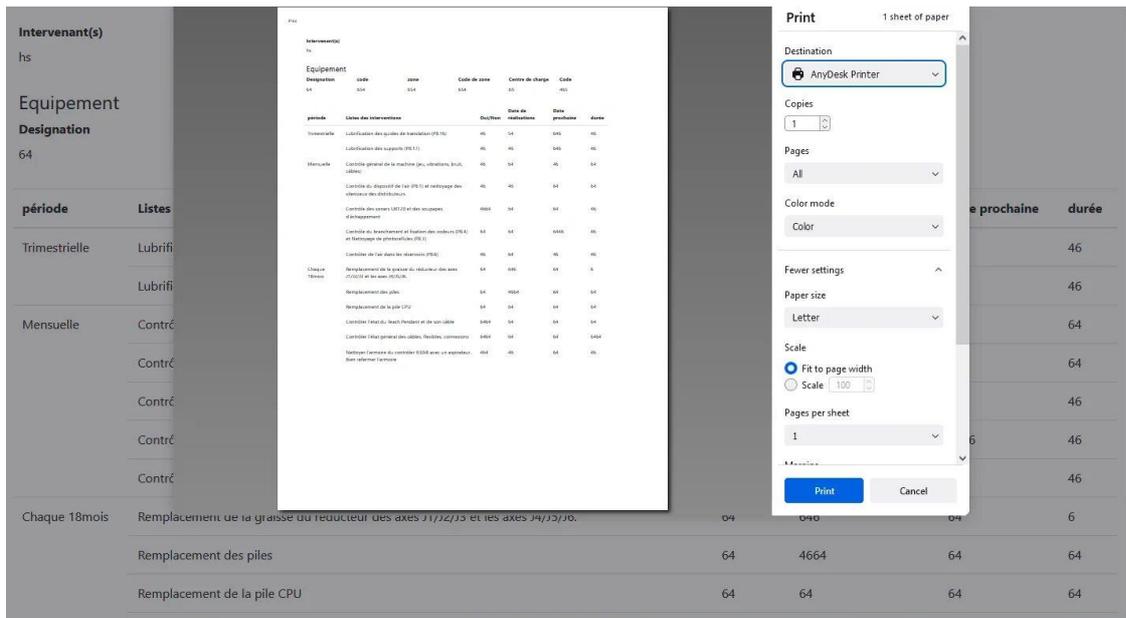


figure III.8 : Modelé d'impression.

III.5 Conclusion

Cette plate-forme propose un service de maintenance très efficace, le but principal de cette plate-forme GMAO est d'économiser l'énergie gaspillée par la maintenance préventive tout en réduisant les opérations de maintenance corrective.

Grace à cette plateforme, le responsable de la maintenance dispose de statistiques détaillées sur son activité (documentation technique d'équipement (DTE) fiche d'article demande de travail, bon de travail, bon de travail Préventif, arborescence du matériel et modèle d'impression) et sur les coûts de maintenance. Elle dispose également de tous les informations nécessaires pour remplacer les équipements avec un système qui consiste sur le stockage de l'historique de la maintenance des machines.

Conclusion Générale :

Ce projet de fin d'étude est soutenu par un stage pratique à l'entreprise MFG qui nous à donner l'opportunité de comprendre le processus de production de verre, de découvrir différentes choses dans le domaine pratique de savoir à quel point la maintenance est importante au sein de cette usine. Son informatisation rend la maintenance ainsi que l'entreprise encore plus performante, nous avons créé cette plate-forme qui est conçue pour aider et développer le service de maintenance des machines et équipements et pour éviter les pannes et la perte d'efficacité de ces derniers. Ceci est grâce au système d'exploitation, qui comprend plusieurs modules déjà mentionnés (documentation technique d'équipement (DTE) fiche d'article demande de travail, bon de travail, bon de travail Préventif ,arborescence du matériel et modèle d'impression) et se concentre sur la maintenance préventive malgré son importance pour éviter les pannes et les arrêts soudains des équipements et qui repose sur l'enregistrement de toutes les données des machines et des équipements jusqu'aux pièces de rechanges, ce qui aide à gagner du temps et à réduire les frais de maintenance, il s'agit de maintenir un bien dans un état lui permettant de répondre de façon optimale à sa fonction.

Et pour conclure, la chose la plus importante est que ce projet GMAO est un exemple simple d'une idée évolutive, que nous cherchons à développer et ajouter de nombreux avantages et fonctionnalités par exemple l'arbre de défaillance (ADD) pour mettre en évidence le point qui rend défaillant ce système, calcule de fiabilité, ouvrir un espace en ligne avec les ingénieurs et les techniciens pour partager leurs expériences et les échecs attendus dans chaque équipement...

Références bibliographiques

- [1] (Ouvrage : maintenance méthode et organisation)
- [2] (Contribution à l'amélioration de la maintenance à CIMBENIN S.A. et conception d'une application de Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur (GMAO)) avec modification
- [3] (Rosa ABBOU. Contribution à la mise en œuvre d'une maintenance centralisée : Conception et Optimisation d'un Atelier de Maintenance. Automatique-Productique. Grenoble. Thèse de doctorat de l'Université Joseph-Fourier de, 2003, 142p.) consulté mois de juillet2022
- [4] (Extrait norme NF EN 13306 X 60-319) RE-ch1 La maintenance conditionnelle
- [5] (source : [cours-gratuitcom--CoursDivers-id5722_220926_174703.pdf](#))
- [6] (PRATIQUE DE LA MAINTENANCE PRÉVENTIVE Jean Hég)
- [7] <https://blog.aqmanager.com/normes-maintenance-industrielle> consulté 04/08/2022
- [8] (Ahmad Alali Alhouaij. Contribution à l'optimisation de la maintenance dans un contexte distribué. Sciences de l'ingénieur [physics]. Institut National Polytechnique de Grenoble - INPG, 2010. Français. fftel-00580848f)
- [9] <https://safetyculture.com/fr/themes/gestion-de-la-maintenance/> le 29/01/2023 à 21:25
- [10] Mohamed Hamouda chapitre 04.la documentation en maintenance ISET Nabeul AU 2013-2014.pdf
- [11] Documentation de l'entreprise MFG.
- [12] chapitre_vi_la_documentation_en_maintenance
- [13] (Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de MASTER (Etude d'intégration d'un système de gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO), au sein de l'entreprise ENIEM))
- [14] (François Monchy Jean-Pierre Vernier MAINTENANCE Méthodes et organisations)
- [15] ((Ouvrage : Mettre en œuvre une GMAO Maintenance industrielle, service après-vente, maintenance immobilière Préface de Jean-Claude Francastel))
- [16] (<https://alegerglobal.com/fr/realite-augmentee/logiciel-ar/cmms/> consulté le 29/09/2022

[17] (Mémoire MASTER ACADEMIQUE (Développement d'un module de GMAO « Gestion économique des activités de maintenance » Présenté par : Laouar Ahmed Amine & Merkhoufi Mohammed))

[18](<https://www.yuman.io/computing-article/186-tendance-du-marche-mondial-des-gmao-2021-2031/> assisté le 06/12/2022 à 5:38))

[19] (<https://www.yuman.io/computing-article/186-tendance-du-marche-mondial-des-gmao-2021-2031/> assisté le 06/12/2022 à 5:38))

[20] (<https://www.yuman.io/computing-article/186-tendance-du-marche-mondial-des-gmao-2021-2031/> assisté le 06/12/2022 à 5:38)

[21] <http://www.standard-du-web.com/xampp.php>

[22] <https://www.apachefriends.org/fr/about.html>

[23] <https://framalibre.org/content/visual-studio-code>

[24]<https://www.data-bird.co/sql/mysql>

[25]

https://developer.mozilla.org/fr/docs/Learn/JavaScript/First_steps/What_is_JavaScript#:~:text=_JavaScript%20est%20un%20langage%20de%20programmation%20qui%20permet%20de%20cr%C3%A9er,%C3%A0%20quoi%20on%20peut%20penser

[26] <https://www.journaldunet.fr/web-tech/dictionnaire-du-webmastering/1203585-javascript/>

[27]<https://www.pierre-giraud.com/php-mysql-apprendre-coder-cours/introduction/#:~:text=Le%20PHP%20va%20nous%20permettre,et%20connect%C3%A9%20ou%20pas%2C%20etc.>

[28]<https://www.pierre-giraud.com/php-mysql-apprendre-coder-cours/introduction/#:~:text=Le%20PHP%20va%20nous%20permettre,et%20connect%C3%A9%20ou%20pas%2C%20etc.>

[29] <https://habefast.ch/glossaire/html/>

[30] <https://www.kalelia.fr/lexique/css/#:~:text=D%C3%A9finition%20%3A,typographie%2C%20les%20fonds%2C%20etc.>

[31] <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Bootstrap>

[32] <https://adminlte.io/themes/AdminLTE/documentation/>

[33] https://www.encyclopedie.fr/definition/Font_Awesome

[34] <https://mui.com/material-ui/getting-started/overview/>

[35] <https://www.typographia.org/google-font-pour-site-web/>