



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد  
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة والأمن الصناعي  
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de maintenance en instrumentation  
**MÉMOIRE**

Pour l'obtention du diplôme de Master

**Filière :** Génie Industrielle  
**Spécialité :** Génie Industrielle

**Thème**

**Proposition d'une application de service  
pour résoudre les problèmes de  
maintenance**

Présenté et soutenu publiquement par :

**BOUNAB mouchira & KEBIR djihene**

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Mr HASSINI Abdelatif	PRF	UNIV. D'ORAN 2	Président
Mr TITAH Mawloud	MCB	UNIV. D'ORAN 2	Encadrant
Mr CHENOUI Mohamed	MCA	UNIV. D'ORAN 2	Examineur

**Année 2022/2023**

# *Dédicace*

Je dédie ce modeste mémoire qui est le fruit de nombreuses années d'étude et de Travail, tout en exprimant ma profonde gratitude et sympathie à toutes les personnes qui ont participé de près et de loin pour mener à bien ce projet et plus particulièrement:

A mon père « kadour » qui m'a toujours épaulé, qui peut être fier de trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie.

Puisse dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit. Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

A ma mère « moubaraka », qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.

A ma plus adorable sœur « wafaa » que j'aime sans limites, son mari « mohamed » et ses deux petits anges « nour al yakin , djawad ».

A mes chers frères « mohamed, ali, badredden, »

A ma tante « hadjla » .

A ma chère binôme djihene, ma meilleure amie avec laquelle que j'ai partagé tous mes années d'étude.

A tous mes ami(e)s avec lesquels que j'ai partagé les bons moments.

« groupe matroudin spécialement karmouda » A tous ceux qui m'ont aidé de loin ou de près.

**Mouchira**

# *Dédicace*

Je dédie ce modeste mémoire qui est le fruit de nombreuses années d'étude et de travail, tout en exprimant ma profonde gratitude et sympathie à toutes les personnes qui ont participé de près et de loin pour mener à bien ce projet et plus

particulièrement :

A ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils pour toute son assistance et sa présence

A mes plus adorable sœurs «imane,hadjer» que j'aime sans limites,

dans ma vie.

A ma chère binôme mouchira , ma meilleure amie avec laquelle que j'ai partagé tous

mes années d'étude.

A tous mes ami(e)s avec lesquels que j'ai partagé les bons moments.

A tous ceux qui m'ont aidé de loin ou de près

**Djihene**

# *Remerciements*

Nous remercions d'abord Dieu le tout puissant qui nous a donné la force, le courage et la volonté pour accomplir ce travail.

Nous tenons à exprimer nos profondes gratitude et nos sincères remerciements à notre encadreur **TITAH Mawloud** pour la haute qualité de son encadrement, son suivi, sa disponibilité et ses conseils. Sans vous, la réalisation de ce mémoire n'aurait pas eu lieu.

Encore une fois, merci beaucoup.

Nos remerciements s'adressent à monsieur le président HASSINI abdelatif par l'honneur qu'il nous fait de présider ce jury de soutenance, nous lui exprimons notre gratitude profonde.

Nous tenons également à remercier qui a aimablement accepter d'examiner et de juger notre travail et pour l'intérêt qu'il y porte.

Nous adressons nos sincères remerciements CHENOUI mouhamed à tous les professeurs du département génie industrielle et toutes les personnes qui par leurs conseils et leurs critiques ont guidé nos réflexions et ont accepté à nous rencontrer et répondre à nos questions durant nos recherches.

Un grand merci pour nos familles, pour leur soutien permanent, leur présence et leur encouragement.

Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce travail

## Table des matières

<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>Chapitre 01 : Généralité sur la maintenance</b>	
<b>I. Introduction</b> .....	3
<b>I.1.Définition De la Maintenance</b> .....	3
<b>I.2.Missions De La Maintenance</b> .....	4
<b>I.3.Les Types De Maintenance</b> .....	4
I.3.1.Maintenance Corrective .....	5
I.3.1.1. Opérations De Maintenance Corrective.....	6
I.3.1.2.Avantages Et Inconvénients De La Maintenance Corrective .....	7
I.3.1.3.Les Types De Maintenance Corrective.....	7
I.3.2.La Maintenance Préventive .....	8
I.3.2.L'Opération De Maintenance Préventive.....	8
I.3.2.2.Les Objectifs Vises Par La Maintenance Préventive .....	9
I.3.2.3.Buts De La Maintenance Préventive .....	9
I.3.2.4.Les Types De Maintenance Préventive .....	10
<b>I.4.Objectifs De La Maintenance</b> .....	12
<b>I.5.Les Coûts De La Maintenance</b> .....	13
<b>I.6.Les Niveaux De Maintenance</b> .....	14
<b>I.7.Méthodes Et Outils De Maintenance</b> .....	15
I.7.1 Méthode TPM(Total Productive Maintenance).....	16
I.7.2 Méthode AMDEC.....	16
I.7.3.Méthode RCM .....	16
1.7.4.Utilisation de la GMAO .....	16
1.7.5 Utilisation de la télémaintenance et de la réalité augmentée .....	16
<b>I.8. Définition D'une Panne</b> .....	16
<b>I.9.Les Types Des Pannes</b> .....	17
<b>I.10.Les Causes Des Pannes</b> .....	18
<b>I.12.Les Conséquences Des Pannes</b> .....	19
<b>I.13.Conclusion</b> .....	20

## **Chapitre 02 :les technologies d'information sur la maintenance 4.0**

<b>II. Introduction</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>II.1. Industry 4.0</b> .....	22
<b>II. 3.Définition De La Maintenance 4.0</b> .....	23
<b>II. 4.Exemples Concert La Maintenance 4.0</b> .....	23
<b>II. 5. L'avantage De La Maintenance Prédicative Par Rapport De La Maintenance Préventive</b> .....	24
<b>II.4.Les Technologies de L'information Utilise Dans La Maintenance 4.0</b> .....	24
II.4.1 La Gestion De Maintenance Assisté Par Ordinateur (GMAO).....	24
II.4.1.1. L'avantage De GMAO .....	25
II.4.1.2. Les Outils De GMAO.....	25
II.4.2 .Internet Des Objets (L'IOT).....	26
II.4.2.1.Les Composantes De L'IOT .....	27
II.4.2.2.Les Avantage De L'lot Pour La Maintenance .....	28
II.4.3.Big Data .....	29
II.4.3.1.Les Caractéristiques Du Big Data .....	29
II.4.3.1.L'avantage De L'architecteur De Big Data .....	30
II.4.4. La Réalité Augmentée (RA).....	31
II.4.4.1.Les Différents Approches De La Réalité Augmentée .....	31
II.4.4.2.Les Composants De La Réalité Augmentée .....	32
II.4.5.The Blockchain.....	33
II.4.5.1.Fonctionnent De Blokchain .....	33
<b>II. 6.Le Rôle De La Technologie D'information Dans La Maintenance 4.0</b> .....	34
<b>II.8.L'objectif De La Surveillance De La Condition Des Equipements</b> .....	36
<b>II .9. L'erp Dans La Maintenance Industrielle</b> .....	37
<b>II .10. Les Applications Mobiles</b> .....	39
<b>II .11.Les Topologies</b> .....	39
<b>II .13.L'a ventages Et Inconvénients Des Applications Mobiles</b> .....	39
<b>II.14.Exemples Des Application Mobile Pour La Maintenance</b> .....	41
<b>II.14.Conclusion</b> .....	42

## Chapitre 03« Fix-Me 1.0» la plateforme web Pour Résoudre Tous Vos problèmes De Maintenance

<b>III. Introduction</b> .....	44
<b>III.1. L'application "Fix -me 1.0"</b> .....	44
<b>III.2. L'objectif De L'application "Fix -me 1.0"</b> .....	44
<b>III.4. Les Avantages De L'application "Fix -me 1.0"</b> .....	45
<b>III.5. Le Fonctionnement De L'application "Fix -me 1.0"</b> .....	46
<b>III.6. Analyse Des Bosionns</b> .....	47
III.6.1. Identification des acteurs .....	48
<b>III.7. Environnement De Développement</b> .....	49
III.7.1. Environnement matériel.....	49
III.7.2. Environnement logiciel.....	49
III.7.2.1. Définition du Visual Studio Code.....	49
III.7.2.2. Fonctionnement du Visual Studio Code.....	49
III.7.2.2. Définition du HTML.....	51
III.7.2. 3. Définition du CSS .....	51
III.7.2. 4. Définition du Js.....	52
<b>III.8. Présentation de quelques interfaces</b> .....	53
III.8.1. Page d'accueil .....	53
III.8.3.L'interface de Liste déroulante (Dropdown List).....	56
<b>III.9.Conclusion</b> .....	58

## **Liste des figures**

### **Chapitre 01 : Généralité sur la maintenance**

<b>Fig. I. 1 :</b> Organigramme de types de maintenance .....	5
Fig. I. 2: Schématisation de la maintenance corrective. ....	6
Fig. I. 3 3 : Processus de déroulement d'une maintenance corrective d'un équipement.....	8
Fig. I. 4: Schématisation de la maintenance préventive .....	8
Fig. I. 5: Cycle de maintenance préventive systématique .....	11
Fig. I. 6: Schématisation de la maintenance préventive conditionnelle. ....	12
Fig. I. 7: Schématisation des objectifs de la maintenance .....	13
Fig. I. 8: Décomposition des coûts de maintenance. ....	14
Fig. I. 9: Les Pannes mécaniques .....	17
Fig. I. 10: Les Pannes mécaniques .....	17
Fig. I. 11: les Pannes hydrauliques .....	17
Fig. I. 12: les Pannes thermiques.....	18

### **Chapitre 02 : les technologies d'information sur la maintenance 4.0**

Fig II. 1: l'évolution de l'industrie .....	22
Fig II. 2: lunette connectée.....	23
Fig II. 3: puce RFID .....	24
Fig II. 4: Architecture actuelle et future de l'IoT .....	27
Fig II. 5: les 4V du Big Data.....	29
Fig II. 6: La réalité augmentée au service de la maintenance .....	31
Fig II. 7: Chaîne de blocs.....	33
Fig II. 8: Fonctionnement d'une Blockchain .....	34
Fig II. 9: Analyse vibratoire.....	35
Fig II. 10: La thermographie infrarouge.....	35
Fig II. 11: Analyse d'huile.....	36
Fig II. 12: Inspection visuelle .....	36
Fig II. 13: différentes fonctionnalités d'ERP[21].....	37



### **Chapitre 03« Fix-Me 1.0» la plateforma web Pour Résoudre Tous Vos problèmes De Maintenance**

Fig III. 1:diagramme d'activité« creation d'un compte».....	48
Fig III. 2: Le Programme Visual Studio Code .....	49
Fig III. 3: interface de la page d'accueil. ....	53
Fig III. 4: Interface d'inscription de l'utilisateur.....	54
Fig III. 5: Interface d'inscription de l'utilisateur.....	54
Fig III. 6: Interface de réussite OTP verification .....	55
Fig III. 7: Interface de bienvenue de l'application .....	55
Fig III. 8: Interface de contenu de l'application. ....	56
Fig III. 9:L'interface de Liste déroulante (home) .....	56
Fig III. 10:L'interface de Liste déroulante (List plombier) .....	57
Fig III. 11:L'interface des informations sur les Plombiers .....	57

### **Liste des Tables**

<b>Tab I. 1:</b> Les ressources nécessaires pour chaque niveau de maintenance.....	15
--	----

## **Liste Des Abréviations**

**TPM** : (Total Productive Maintenance) maintenance total prédictive

**AMDEC** : Analyse des modes de défaillance de leur effets et de leur criticité

**RCM** : (Reliability-Centered Maintenance)

**GMAO** : Gestion De Maintenance Assisté Par Ordinateur

**IOT** : Internet Des Objets

**RA** : Réalité Augmentée

**HUD** : Head Up Display

**ERP**:Enterprise Ressource Planning

**Html**: HyperText Markup Language

**Css**: Cascading Style Sheets

**Js**:Java script

## **Résumé**

Ce travail propose la plateforme "Fix-me" pour la maintenance des équipements. Elle connecte les utilisateurs avec des réparateurs qualifiés, facilitant ainsi le processus de réparation. Cette plateforme permet de soumettre des demandes de réparation, de planifier des interventions et de suivre l'état d'avancement. Les réparateurs peuvent créer un profil et spécifier leurs compétences. Les fonctionnalités incluent la gestion des rendez-vous, la génération de devis et le paiement en ligne. L'objectif est d'améliorer l'efficacité de la maintenance en réduisant les délais, en facilitant la communication et en offrant un service de qualité. La plateforme contribue également à la réduction des coûts de maintenance. En conclusion, "Fix-me" offre une solution pratique et efficace pour mettre en relation les utilisateurs et les réparateurs qualifiés.

## **Abstract**

This work proposes the "Fix-me" platform for equipment maintenance. It connects users with qualified repairers, facilitating the repair process. This platform allows you to submit repair requests, plan interventions and monitor progress. Repairers can create a profile and specify their skills. Features include appointment management, quote generation and online payment. The goal is to improve maintenance efficiency by reducing lead times, facilitating communication and providing quality service. The platform also contributes to the reduction of maintenance costs. In conclusion, "Fix-me" offers a practical and effective solution to connect users and qualified repairers.

*Introduction*  
*Générale*

## Introduction générale

La maintenance industrielle joue un rôle crucial dans le bon fonctionnement des équipements et des systèmes industriels. Elle englobe l'ensemble des activités visant à assurer la disponibilité, la fiabilité et la durée de vie optimale des équipements tout au long de leur cycle de vie. La maintenance comprend des actions préventives, prédictives et correctives qui permettent de détecter et de résoudre les problèmes potentiels, d'augmenter les performances et de minimiser les temps d'arrêt non planifiés.

L'objectif de ce mémoire est de proposer une plateforme de service pour la maintenance des équipements, cette plateforme est composée d'une application mobile et un site web.

Afin de remédier aux nombreux problèmes rencontrés par les réparateurs dans la société, nous avons proposé une plateforme de service pour la maintenance et réparation d'équipements à domicile et en entreprise. Cette plateforme permet de mettre en relation les réparateurs qualifiés avec les individus et les entreprises ayant besoin de services de réparation.

La partie conceptuelle de cette application innovante appelée "Fix-me" qui vise à faciliter le processus de réparation d'appareils défectueux. Connecter les propriétaires d'appareils avec les réparateurs qualifiés, offrant ainsi une solution efficace et pratique pour résoudre les problèmes de maintenance.

L'application "Fix-me" a été conçue pour répondre à un besoin croissant dans le domaine de la maintenance industrielle.

Ce mémoire est organisé en trois chapitres principaux, chacun abordant des aspects spécifiques de l'évaluation de la proposition de la plateforme de la maintenance des équipements.

Le premier chapitre présente une généralité sur la gestion de la maintenance, les méthodes et outils de maintenance et les différents types panne.

Le deuxième chapitre présente le rôle crucial de la technologie de l'information dans l'industrie 4.0, en mettant l'accent sur la gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO), les systèmes ERP et les applications mobiles dédiées à la maintenance industrielle.

Le troisième chapitre portera sur la proposition de notre plateforme, nous concentrons sur la partie conceptuelle de cette application innovante appelée "Fix-me".

# *Chapitre 01*

## *Généralité sur la maintenance*

## I. Introduction

Dans ce chapitre, nous commencerons par un aperçu général de la gestion de la maintenance, puis présenterons le contexte du projet, les méthodes et outils de maintenance et les différents types panne.

### I.1. Définition De la Maintenance

Le terme « maintenance », forgé sur les racines latines ‘manus’ et ‘tenere’, est apparu dans la langue française au XIIe siècle. L’étymologiste « Wace » a trouvé la forme ‘ mainteneur’ (celui qui soutient), utilisée en 1169 : c’est une forme archaïque de «mainteneur». Les utilisations anglo-saxonnes du terme sont donc postérieures. À l’époque moderne, le mot est réapparu dans le vocabulaire militaire «Maintien » dans des unités de combat, de l’effectif et du matériel à un niveau constant». Définition intéressante, puisque l’industrie l’a repris à son compte en l’adaptant aux unités de production affectées à un « combat économique » [1]. La maintenance est définie comme l’ensemble des procédures de maintien ou de remise en état d’un bien dans un état déterminé ou capable de fournir un service particulier. D’après l’association française de normalisation (AFNOR X 60-010-1994) pour assurer la continuité de service, ainsi, la maintenance consiste à effectuer des dépannages, des graissages, des inspections, des réparations, des améliorations, etc., ce qui permet de maintenir en place les capacités des équipements pour assurer la continuité et la qualité de la production à un coût total optimal, durant le cycle de vie d’un bien [2] :

- **Rétablir** : contient la notion de « correction » consécutive à une perte de fonction
- **État spécifié ou service déterminé** : implique la prédétermination d’objectif à atteindre, avec quantification des niveaux caractéristiques.
- **Coût optimal qui conditionne l’ensemble des opérations dans un souci d’efficacité.**  
Cela met en évidence le rôle important des opérations de maintenance dans l’atteinte des objectifs tout en traitant les cas afin de réduire les arrêts de production et de les éviter si possible, Les cinq zéros symbolisant les objectifs, concernent en effet la maintenance, c’est un fonctionnement avec [3] :
- **Zéro défaut** : Zéro défaut : le processus de fabrication doit limiter au maximum les défauts de fabrication de manière à éviter le gaspillage des ressources utilisées pour produire
- **Zéro délai** : par la mise en place d’un système de production en continu ce qui dans le cadre d’un mode de production flexible se traduit par l’élaboration de processus de production facilement reprogrammable et adaptables ;

- **Zéro stock** : par la suppression des stocks de produits finis ou de produits intermédiaires qui coûtent chers à l'entreprise ;
- **Zéro papier** : la flexibilité de l'outil de production ne pourra être obtenu que par une organisation plus souple et donc moins dépendante de procédures administratives complexes qui ralentissent le processus de décision.[4]

## I.2.Missions De La Maintenance

Les principales missions de la maintenance sont :

### **Assurer la maintenance des équipements de production :**

- Maintenance corrective : dépannage et réparation
- Maintenance préventive, conditionnelle ou systématique
- Opérations de surveillance diverses : visite, contrôle, inspections
- Révisions partielles ou générales
- Approvisionnement en pièces de rechange et consommables

### **Améliorer l'équipement de production :**

- Augmentation des capacités ou de la qualité de production
- Amélioration de la maintenabilité ou de la fiabilité d'un équipement
- Amélioration des méthodes d'entretien ou de surveillance

### **Prendre en charge les travaux neufs ou les travaux de démontage :**

- Construction, installation, démarrage et mise au point des nouveaux équipements  
Débranchement, démontage et mise en rebuts des équipements à leur fin de vie.[6]

## I.3.Les Types De Maintenance

Il existe deux principales familles de maintenance que l'on peut repérer sur la figure I.1 : la maintenance corrective et la maintenance préventive. La maintenance corrective est celle que le système subit lorsque la panne est déjà présente et qu'il faut réparer. La maintenance préventive est celle qui permet d'anticiper et de prévenir les défaillances



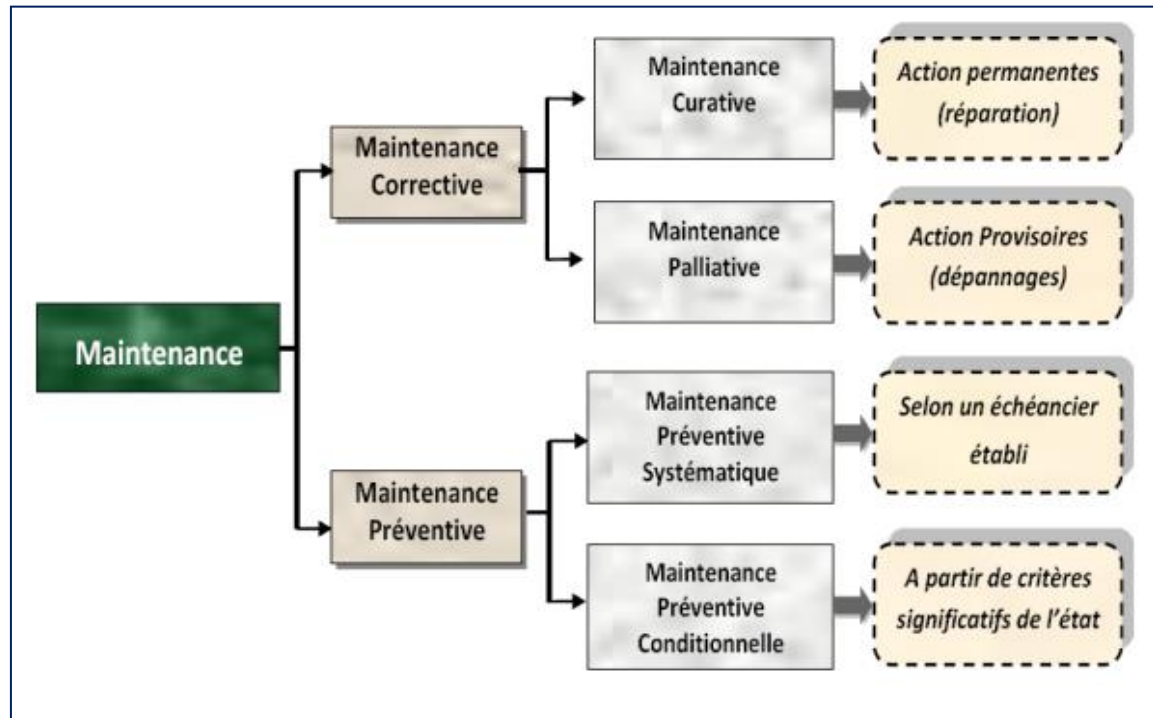


Fig. I. 1 : Organigramme de types de maintenance

### I.3.1. Maintenance Corrective

C'est une maintenance destinée à rendre la santé aux machines qui l'on perdue. C'est une maintenance peu efficace pour les machines vitales de production mais qui trouve son application bien adaptée à certains matériels peu coûteux, et hors production, comme les appareils domestiques de confort, à titre d'exemple, ses actions s'effectuent par étapes, dans l'ordre suivant [5]:

- **Test** : comparaison des mesures avec une référence,
- **Détection** : déceler l'apparition d'une défaillance,
- **Localisation** : les éléments par lesquels la défaillance se manifeste,
- **Diagnostic** : analyse des causes de la défaillance,
- **Dépannage et réparation** : remise en état (avec ou sans modification),
- **Contrôle** : contrôle du bon fonctionnement,
- **Amélioration éventuelle** : éviter la réapparition de la panne,
- **Historique** : mise en mémoire de l'intervention pour une exploitation ultérieure.

Une intervention de la maintenance corrective peut être de caractère provisoire (dépannage)

appelée maintenance palliative, ou de caractère définitif (réparations) appelé maintenance curative et dans la maintenance corrective deux aspects : la maintenance palliative et la maintenance curative.[5]

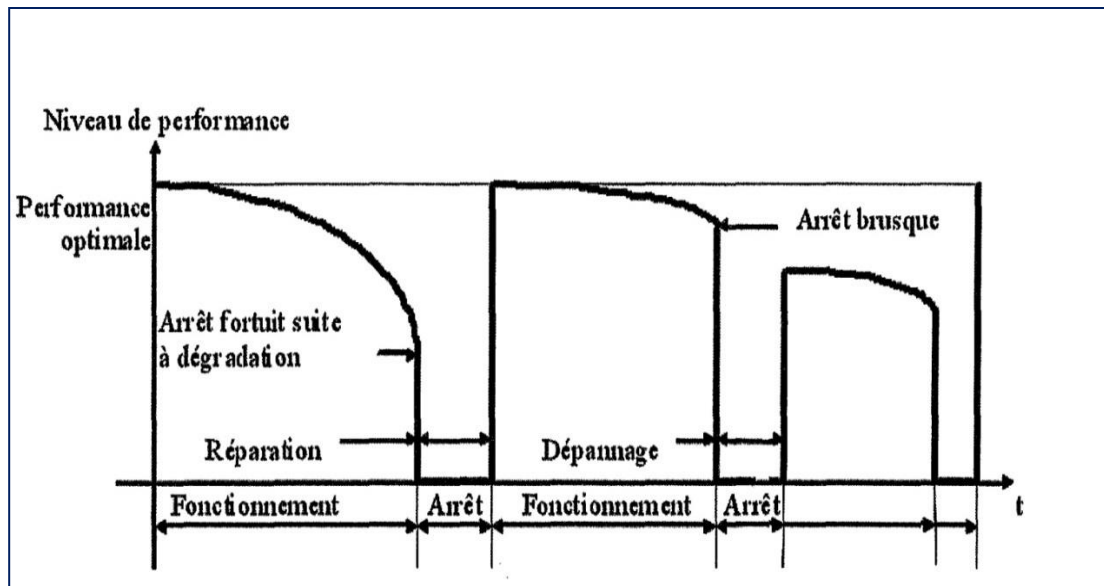


Fig. I. 2: Schématisation de la maintenance corrective.

### I.3.1.1. Opérations De Maintenance Corrective

1. **Dépannage** : C'est une action en vue de remettre le matériel en état de fonctionnement. Compte tenu de son objectif, c'est une action de dépannage s'accommode avec les résultats provisoires (maintenance palliative) et avec des conditions de réalisation, elle 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 sont 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 prennent en compte le problème du dépannage. Ainsi, le dépannage peut être appliqué par exemple sur des équipements fonctionnant de façon continue dont les impératifs de production interdisent toute visite ou intervention à l'arrêt.
2. **Réparation** : C'est une intervention définitive et limitée de la maintenance corrective après une panne ou une 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.[6]

### I.3.1.2. Avantages Et Inconvénients De La Maintenance Corrective

#### Les Avantages:

- faible coût de maintenance

#### Les Inconvénients :

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

### I.3.1.3. Les Types De Maintenance Corrective

Il existe deux principaux types de maintenance corrective

- Maintenance corrective curative.
- Maintenance corrective palliative.

#### ❖ Maintenance Corrective Curative

La maintenance curative est une maintenance qui s'attache à corriger tout incident identifié, il s'agit d'une intervention en profondeur et définitive pour réparer un équipement de façon définitive. La maintenance curative permet de :

- Localiser l'incident.
- Développer une solution.
- Permettant de rendre la machine conforme.

#### ❖ Maintenance Corrective Palliative

La maintenance palliative est une maintenance qui s'attache à la correction de tout incident identifié, et empêche la poursuite de celui-ci, c'est une intervention rapide pour pallier au plus urgent, en attendant de trouver une solution ou une correction définitive plus rassurante. La maintenance palliative permet de :

- Localiser l'incident
- Mettre en place une solution provisoire permettant de poursuivre l'exploitation

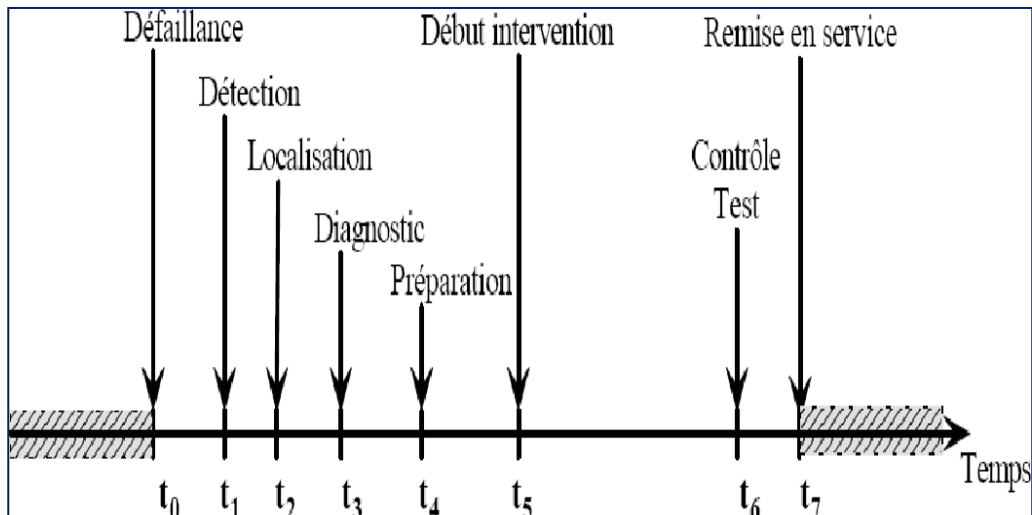


Fig. I. 3 3 :Processus de déroulement d’une maintenance corrective d’un équipement.

### I.3.2.La Maintenance Préventive

Maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d’un bien ou d’un service rendu. Les activités correspondantes sont déclenchées selon un échéancier établi à partir d’un nombre prédéterminé d’unités d’usage (maintenance systématique), et/ou des critères prédéterminés significatifs de l’état de dégradation du bien ou du service (maintenance conditionnelle). [7]

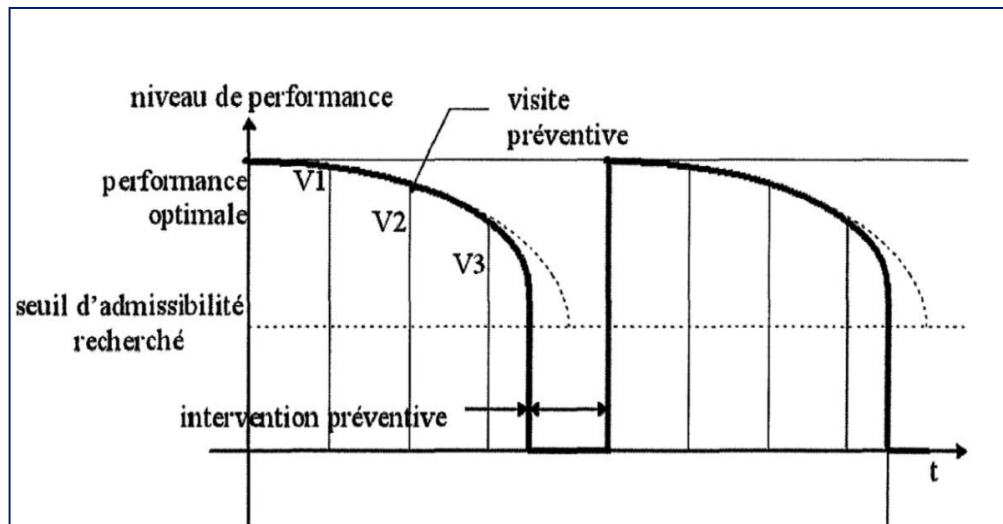


Fig. I. 4: Schématisation de la maintenance préventive

### I.3.2.L’Opération De Maintenance Préventive

**Inspections :** Activités de surveillance consistant à relever périodiquement les anomalies et exécuter des réglages ne nécessitant pas des outillages spécifiques, ni d’arrêt de l’outil de

production ou des équipements.

**Visites :** Opérations de surveillance qui, dans le cadre de la maintenance préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité déterminée. Ces interventions correspondent à une liste des opérations définies préalablement qui peuvent entraîner des démontages des organes et une immobilisation du matériel. Une visite peut entraîner une action de maintenance corrective.

**Contrôles:**

- Vérifications de conformité par rapport à des données préétablies et suivies d'un jugement.
- Le contrôle peut Comporter une activité d'information.
- Inclure une décision : acceptation, rejet, ajournement.
- Les visites sur des opérations de maintenance corrective.[6]

### **I.3.2.2.Les Objectifs Vises Par La Maintenance Préventive**

- Augmenter la fiabilité d'un équipement, donc réduire les défaillances en service :  
Réduction des coûts de défaillance, amélioration de la disponibilité
- Augmenter la durée de vie efficace d'un équipement
- Améliorer l'ordonnancement des travaux, donc les relations avec la production
- Réduire et régulariser la charge de travail
- Faciliter la gestion des stocks (consommations prévues)
- Assurer la sécurité (moins d'improvisations dangereuses)
- Plus globalement, en réduisant la part « d'imprévu », améliorer le climat des relations humaines (une panne imprévue est toujours source de tension)

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

- La gestion de la documentation technique, des dossiers machines, des historiques.
- Les analyses techniques du comportement du matériel
- La préparation des interventions préventives
- La concertation avec la production. [8]

### **I.3.2.3.Buts De La Maintenance Préventive**

- Diminuer la probabilité des défaillances en service.

- Augmenter la durée de vie des matériels.
- Diminuer les temps d'arrêt en cas de révision ou de panne.
- Prévenir et aussi prévoir les interventions coûteuses de maintenance corrective.
- Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions.
- Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc...
- Améliorer les conditions de travail du personnel de production.
- Diminuer le budget de maintenance.
- Supprimer les causes d'accidents graves[8].

#### **I.3.2.4. Les Types De Maintenance Préventive**

Il existe deux principaux types de maintenance préventive

- Maintenance systématique
- Maintenance conditionnelle
- ❖ **La Maintenance Préventive Systématique**

##### **Maintenance effectuée selon un échéancier**

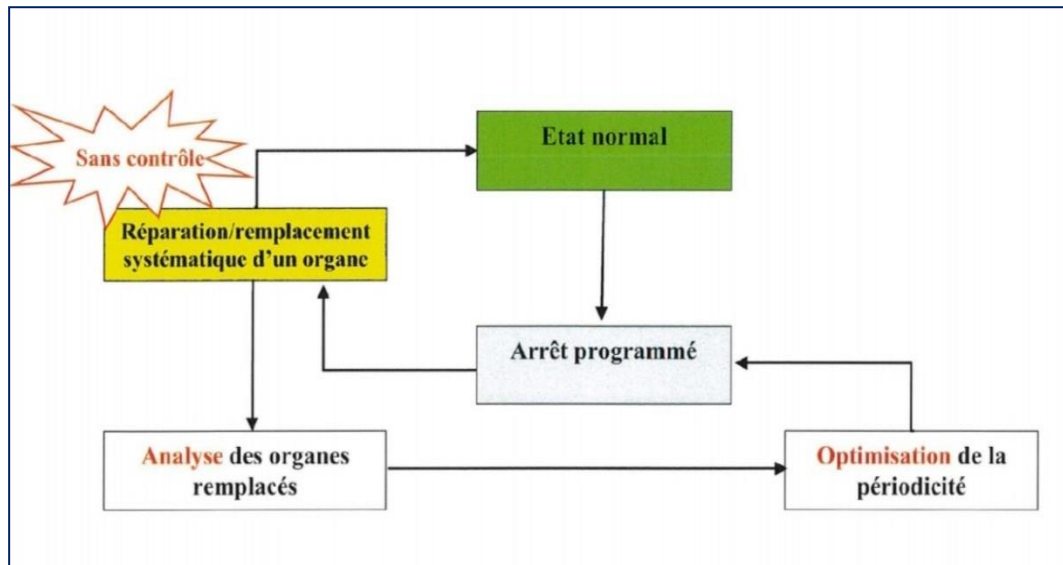
- Connaissance des durées de vie des organes

##### **Domaine d'utilisation**

- Équipement avec normes de sécurité très strictes (exemple : avions, cars, ...)
- Équipement dont l'arrêt imprévu coûte très cher (difficulté de redémarrage)
- Équipement dont le dérèglement provoque des dépenses anormales d'énergie
- Maintien de l'état de propreté des machines
- Remplacements périodique et systématique de certains éléments

##### **Intérêts de la maintenance systématique**

- Éviter les détériorations importantes d'autres constituants. Donc réduire les coûts de réparation
- Diminuer les risques de dommage et les coûts résultant de l'indisponibilité.
- Accroître la sécurité des personnes et des biens
- Effectuer dans de bonnes conditions les opérations de maintenance programmée. Son inconvénient est qu'elle engendre des coûts parfois élevés (changement quel que soit l'état du composant)



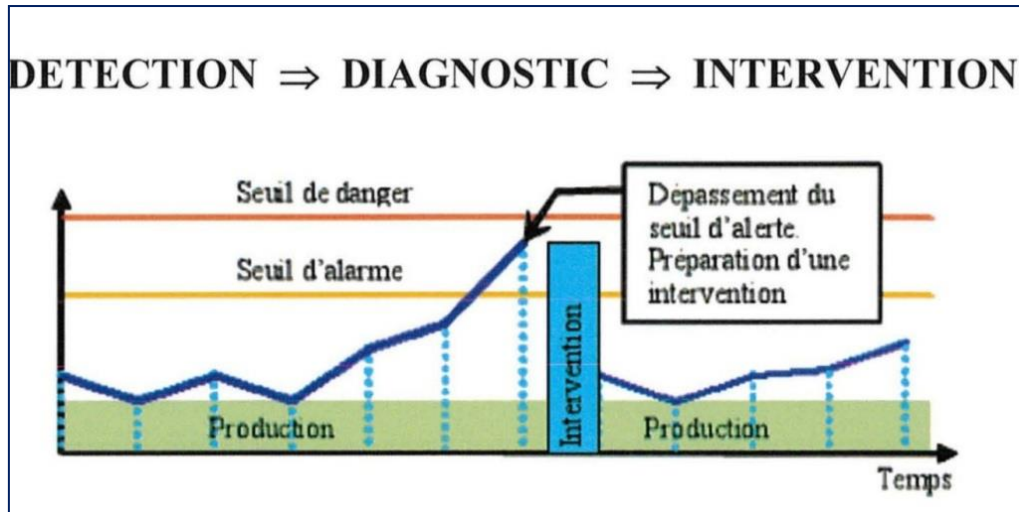
**Fig. I. 5:** Cycle de maintenance préventive systématique

#### ❖ La Maintenance Préventive Conditionnelle

Consiste à n'intervenir pour remplacer les composants, ou faire des opérations de remise à l'état initial, qu'après avoir constaté des dégradations significatives et autant que possible fabrication en marche. L'idéal est que la machine puisse fonctionner le plus longtemps possible pour n'être arrêtée que juste avant que la panne ne survienne, ou que des pertes de fabrication n'apparaissent. Cela implique une surveillance constante et complète, avec des systèmes étalonnés pour déclencher l'alerte quand les limites sont atteintes. Ces systèmes d'alerte peuvent être manuels ou automatiques, extrêmement simples ou très.[5]

- Effectuée suite à un type d'événement prédéterminé (mesure, diagnostic)
- Permet de décider du changement de la pièce en fonction de l'évolution de l'usure qui est mesurée régulièrement
- Cette mesure pourra se faire parfois très simplement avec un simple témoin (pneus, plaquettes de frein), une mesure d'intensité, de tension, de pression, etc.
- Peut nécessiter des instruments de mesure ou d'analyse plus coûteux et complexes, nécessitant l'aide d'un spécialiste (analyse d'huile ou de vibrations)
- Peut s'appliquer aux procédés mécaniques (usure progressive), aux machines tournantes (vibration des paliers ou roulements), aux procédés transportant ou utilisant des fluides (détection de fuites)

- Non applicable pour les composants électriques ou électroniques car ils sont des composants dits à défaillance soudaine (non progressive), et aléatoire (taux constant pendant une durée fixe)



**Fig. I. 6:** Schématisation de la maintenance préventive conditionnelle.

#### I.4.Objectifs De La Maintenance

##### Maîtriser les équipements :

- Connaître les technologies utilisées
- Connaître les modes de défaillance de chaque équipement
- Connaître les moyens et outils nécessaires pour leur entretien

##### Assurer une disponibilité maximale des moyens de production :

- Réduire le nombre des pannes
- Réduire les temps d'intervention

##### Optimiser les coûts :

- Réduire les coûts des stocks
- Optimiser les ressources humaines et matérielles
- Réduire les coûts de gestion

##### Contribuer à la qualité et la sécurité dans l'entreprise :

- Faire des interventions « propres » n'affectant pas la qualité des produits
- Faire des interventions « sûres » respectant la sécurité de tous



**Être un acteur influant pour la pérennité de l'entreprise :**

- Coopérer avec les autres services opérationnels de l'entreprise
- S'intégrer à un processus d'amélioration continue

**Préserver l'environnement :**

- Lutter contre les pollutions et les nuisances
- Appliquer une politique pour l'économie d'énergie

**Travailler dans des conditions de travail motivantes :**

- Gestion des carrières
- Programmes de formation [6]

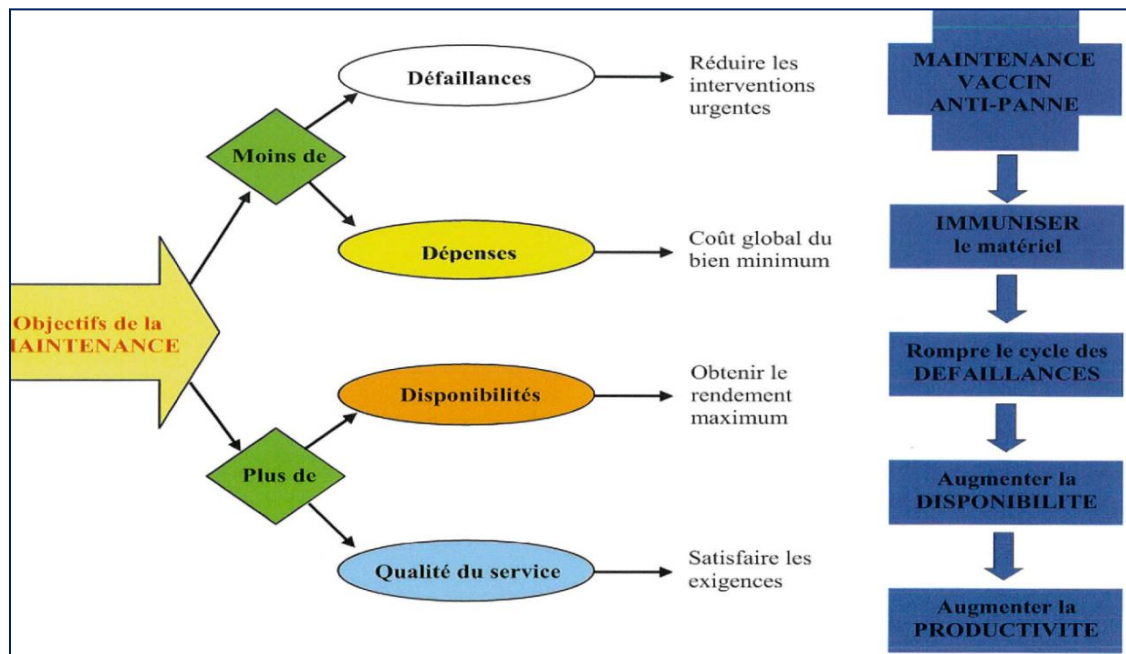


Fig. I. 7: Schématisation des objectifs de la maintenance

**I.5. Les Coûts De La Maintenance**

Les coûts de maintenance représentent l'ensemble des dépenses engagées pour maintenir en état de fonctionnement un système complexe. Bien souvent ils sont associés à des exigences de fonctionnement en termes de sécurité, de fiabilité ou encore de disponibilité. L'analyse des coûts permet au responsable de la politique de maintenance d'effectuer ses choix principaux :

- Etablissement d'un budget prévisionnel annuel.
- Suivi des dépenses et respect du budget.

- Niveau de maintenance préventive à mettre en œuvre.
- Vérification de l'efficacité des actions de maintenance.
- Décision du recours ou non à la sous-traitance et à la main d'œuvre externe.
- Renouvellement du matériel.

La décomposition des coûts est de maintenance schématisée dans la figure I.7

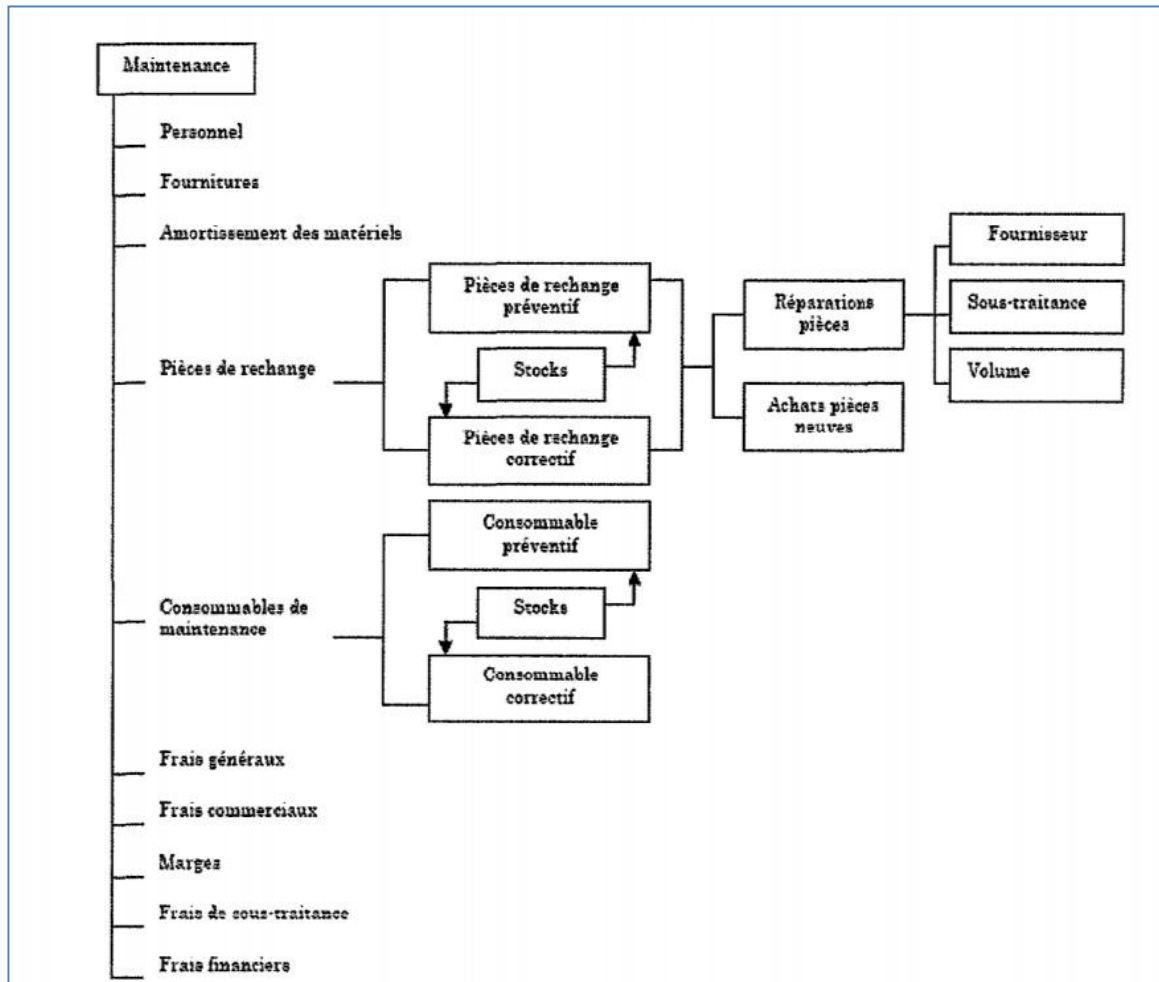


Fig. I. 8: Décomposition des coûts de maintenance.

### I.6. Les Niveaux De Maintenance

Une autre condition pour réussir un système de maintenance est de spécifier les niveaux de maintenance dans l'entreprise. Suivant la norme **NF X60-010**, il existe cinq niveaux de maintenance qui classent les opérations à réaliser selon leur complexité.

- **Niveau I** : Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'organes accessibles sans aucun démontage d'équipement ou échange d'éléments accessibles en toute sécurité.

- **Niveau II** : Dépannage par échange standard d'éléments prévus à cet effet ou opérations mineures de maintenance préventive.

- **Niveau III** : Identification et diagnostic de pannes, réparation par échange de composants fonctionnels, réparations mécanique mineures.
- **Niveau IV** : Travaux importants de maintenance corrective ou préventive
- **Niveau V** : Travaux de rénovation, de reconstruction ou de réparations importantes confiées Aun atelier central.

Ces niveaux de maintenance font référence à la complexité des tâches à effectuer et aux ressources humaines et matérielles nécessaires à la réalisation de chacune des tâches. Cette spécification est détaillée dans le tableau 1. Le système de maintenance ainsi situé permet de préciser, de limiter et de dégager les responsabilités et les attentes envers ce système. Cependant, ceci constitue une condition nécessaire mais malheureusement non suffisante pour réussir l'implantation d'un système de maintenance dans une entreprise.[33]

Niveaux	Personnel d'intervention	Moyens
I	Exploitant sur place	Outillage léger défini dans les instructions d'utilisation.
II	Technicien habilité sur place.	Outillage léger défini dans les instructions d'utilisation, plus pièces de rechange trouvées à proximité sans délai
III	Technicien spécialisé, sur place ou en local de maintenance	Outillage prévu plus appareils de mesure, anc d'essai, de contrôle, etc
IV	Equipe encadrée par un technicien spécialisée, en atelier central.	Outillage général plus spécialisé, matériel Outillage général plus spécialisé, matériel
V	Equipe complète, polyvalente en atelier central.	Moyens proches de la fabrication par le constructeur.

**Tab I. 2:** Les ressources nécessaires pour chaque niveau de maintenance

### I.7.Méthodes Et Outils De Maintenance

Il existe plusieurs méthodes et outils couramment utilisés en maintenance, avec des références de livres correspondants :

### **I.7.1 Méthode TPM(Total Productive Maintenance)**

La méthode TPM vise à maximiser l'efficacité des équipements et à réduire les temps d'arrêt non planifiés. Elle se concentre sur la maintenance préventive, l'amélioration continue et l'implication des opérateurs.[16]

### **I.7.2 Méthode AMDEC**

L'AMDEC est une méthode structurée pour identifier, évaluer et réduire les risques de défaillance des équipements. Elle consiste à analyser les modes de défaillance possibles, leurs effets sur la production et leur criticité. [17]

### **I.7.3.Méthode RCM**

La méthode RCM (Reliability-Centered Maintenance) vise à développer des stratégies de maintenance optimales en identifiant les tâches de maintenance les plus efficaces pour prévenir les défaillances majeures. Elle se base sur l'analyse de la criticité des équipements et la détermination des tâches de maintenance préventive appropriées[18].

### **1.7.4.Utilisation de la GMAO**

Les GMAO sont des outils informatiques qui aident à gérer et à planifier les activités de maintenance. Ils permettent de suivre les équipements, de gérer les ordres de travail, de planifier les interventions et de collecter des données pour l'analyse de la performance [19].

### **1.7.5 Utilisation de la télémaintenance et de la réalité augmentée**

La télémaintenance et la réalité augmentée permettent aux techniciens de maintenance d'accéder à distance à des informations et à une assistance en temps réel pour résoudre les problèmes techniques. [20]

## **I.8. Définition D'une Panne**

Une panne se réfère à une défaillance ou une interruption soudaine du fonctionnement normal d'un équipement, d'un système ou d'un processus, qui empêche ou limite son bon fonctionnement. Les pannes peuvent être causées par une variété de facteurs, tels que des défauts de fabrication, des erreurs humaines, des conditions environnementales défavorables,

une usure ou une dégradation du temps. Les pannes peuvent être mineures ou majeures, temporaires ou permanentes, et peuvent avoir des conséquences variées, allant de la simple nuisance à des coûts importants, en passant par des risques de sécurité ou de santé. Il existe plusieurs types de pannes qui peuvent survenir dans différents types d'appareils.

### I.9. Les Types Des Pannes

- **Pannes mécaniques** : Ce type de panne concerne les pièces qui bougent ou qui sont en mouvement, telles que les engrenages, les courroies, les moteurs, etc.



Fig. I. 9: Les Pannes mécaniques

- **Pannes électroniques** : Ce type de panne concerne les circuits électroniques et les composants tels que les cartes mères, les processeurs, les mémoires, les transistors, etc.



Fig. I. 10: Les Pannes électroniques

- **Pannes hydrauliques** : Ce type de panne concerne les circuits hydrauliques, les pompes et les vannes qui contrôlent les fluides dans les machines.



Fig. I. 11: les Pannes hydrauliques

- **Pannes thermiques** : Ce type de panne concerne les appareils qui produisent de chaleur, tels que les fours, les chauffe-eau, les radiateurs, etc.

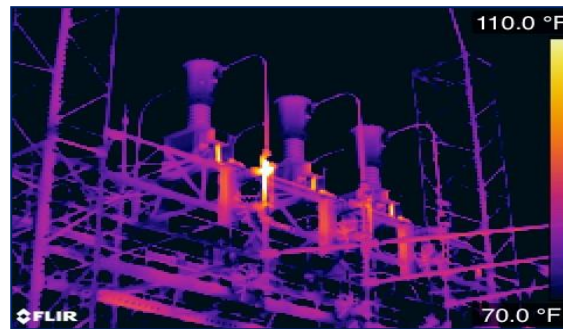


Fig. I. 12: les Pannes thermiques

- **Pannes de logiciels** : Ce type de panne concerne les erreurs ou les bogues dans les programmes ou les systèmes d'exploitation qui contrôlent les appareils.
- **Pannes liées à l'usure** : Ce type de panne survient lorsque les pièces des appareils se détériorent avec le temps et l'utilisation fréquente.
- **Pannes humaines** : Ce type de panne survient lorsque les erreurs humaines, telles que la mauvaise utilisation des appareils, endommagent les équipements.

### I.10. Les Causes Des Pannes

Les pannes peuvent être provoquées par plusieurs facteurs, notamment :

- **L'usure** : Les pièces mécaniques ont une durée de vie limitée, et leur usure peut entraîner des pannes.
- **La surchauffe** : Les équipements qui surchauffent peuvent subir des dommages importants qui peuvent entraîner une panne.
- **Les coupures d'alimentation électrique** : Les pannes de courant soudaines ou les surtensions peuvent endommager les équipements.
- **Les erreurs humaines** : Des erreurs telles que l'utilisation inappropriée de l'équipement ou la mauvaise manipulation des composants peuvent entraîner des pannes.
- **Les défauts de conception** : Des erreurs de conception ou des défauts de fabrication peuvent entraîner des pannes précoces ou des dysfonctionnements.
- **Les conditions environnementales** : Les conditions environnementales extrêmes telles que la température, l'humidité ou les vibrations peuvent causer des pannes.
- **Les attaques de virus ou de logiciels malveillants** : Les attaques de virus ou de logiciels malveillants peuvent causer des pannes de systèmes informatiques et de réseaux.

## I.12. Les Conséquences Des Pannes

Les pannes et les défaillances peuvent causer de nombreux inconvénients, notamment:

- **Coûts élevés:** Les pannes peuvent entraîner des coûts élevés, notamment en termes de réparations, de pièces de rechange et de temps d'arrêt de la production.
- **Perte de temps :** Les pannes peuvent entraîner des temps d'arrêt prolongés, ce qui peut avoir un impact négatif sur la productivité, les délais de livraison et la satisfaction des clients.
- **Risques pour la sécurité:** Certaines pannes peuvent présenter des risques pour la sécurité des travailleurs et des clients, tels que des risques d'incendie, de choc électrique ou de blessure.
- **Dommmages environnementaux:** Les pannes dans les industries peuvent causer des dommages environnementaux, tels que des fuites de gaz ou de produits chimiques, qui peuvent polluer l'air, l'eau et le sol.
- **Pertes de données:** Les pannes informatiques peuvent entraîner des pertes de données importantes, notamment des informations clients, des transactions et des fichiers critiques.
- **Perte de réputation:** Les pannes peuvent nuire à la réputation d'une entreprise, en particulier si elles entraînent des perturbations importantes pour les clients ou des problèmes de sécurité.
- **Stress et frustration:** Les pannes peuvent causer du stress et de la frustration pour les travailleurs et les clients, en particulier si elles se produisent régulièrement ou si elles ne sont pas résolues rapidement.

Les pannes et les défaillances peuvent avoir des conséquences dangereuses sur les personnes, les équipements et les entreprises. Cela peut inclure des pertes financières, des blessures, des perturbations de la production et même des risques pour la vie humaine dans certains cas. Les causes peuvent être variées, allant de l'usure normale des équipements à des erreurs de maintenance, en passant par des facteurs externes tels que les conditions météorologiques.

Enfin, les propriétaires d'équipements et les entreprises peuvent également utiliser des solutions technologiques telles que des applications mobiles de maintenance pour simplifier et rationaliser le processus de maintenance et trouver rapidement des artisans qualifiés pour effectuer des réparations en cas de besoin. Cela peut aider à réduire les temps d'arrêt et à minimiser les risques pour la santé et la sécurité des travailleurs

**I.13.Conclusion**

Nous avons présenté divers aspects de la maintenance industrielle et aussi le contexte général de la maintenance, mettant en évidence son importance pour assurer le bon fonctionnement des équipements industriels. Ensuite, nous avons exploré la gestion de la maintenance, en mettant l'accent sur les méthodes et les outils utilisés pour la maintenance



## *Chapitre 02*

# *la technologie d'information dans la maintenance 4.0*

## II. Introduction

Dans le contexte de la quatrième révolution industrielle, également connue sous le nom d'industrie 4.0, la technologie de l'information joue un rôle essentiel dans la transformation des opérations industrielles. Cette révolution technologique a permis l'émergence de nouvelles approches et outils visant à améliorer l'efficacité et la productivité des processus industriels, notamment dans le domaine de la maintenance. Dans ce chapitre, nous explorerons le rôle crucial de la technologie de l'information dans l'industrie 4.0, en mettant l'accent sur la gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO), les systèmes ERP et les applications mobiles dédiées à la maintenance industrielle.

### II.1. Industry 4.0

Industry 4.0 est un terme qui a été introduit pour la première fois à la foire de Hanovre en 2011. Une quatrième révolution industrielle est en cours dans l'industrie manufacturière mondiale et vise à assurer la compétitivité de l'industrie allemande. Industrie 4.0 signifie la quatrième révolution industrielle. Cette étape du processus d'industrialisation est, tout comme les trois étapes précédentes, dominée par les innovations techniques. Alors que la mécanisation et l'électrification des processus de fabrication ont conduit aux deux premières révolutions industrielles. La troisième étape, caractérisée par une augmentation de l'informatisation et de l'automatisation, se transforme actuellement en douceur en la prochaine révolution industrielle. L'industrie 4.0 est marquée par l'intégration technique des systèmes cyber physiques dans la fabrication et de l'IoT et des services dans les processus industriels. Les nouvelles technologies auront un impact divers sur la création de valeur, l'organisation du travail, les services en aval et les modèles économiques des entreprises. À la pointe de tous les développements de l'industrie 4.0, le concept d'usine intelligente joue un rôle important dans la définition de la vision d'une nouvelle ère industrielle. [9]

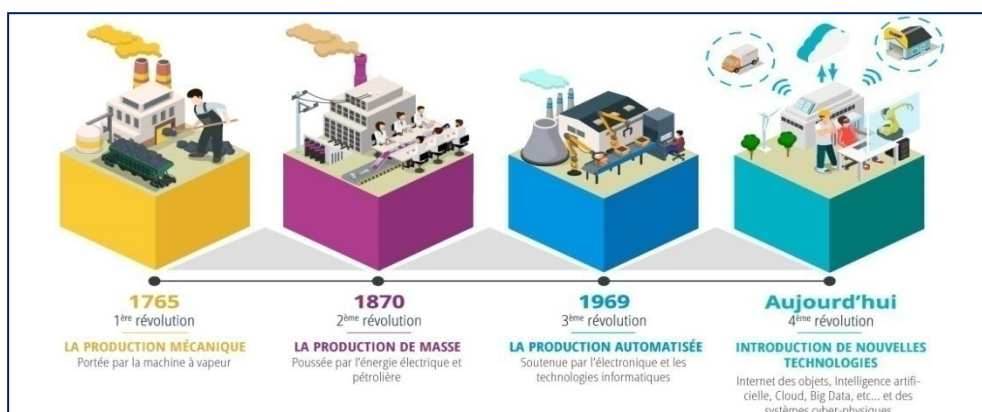


Fig II. 2: l'évolution de l'industrie

### II. 3. Définition De La Maintenance 4.0

la maintenance 4.0 également appelée "maintenance prédictive", est une approche innovante de la maintenance dans l'industrie qui regroupe les technologies de l'information pour optimiser le processus de maintenance, améliorer la disponibilité et la performance des équipements, et restaurer les coûts de maintenance. L'objectif principal de la maintenance 4.0 est de prévenir les pannes et les dysfonctionnements avant qu'ils ne se produisent, de planifier la maintenance de manière proactive et d'améliorer la disponibilité et la performance des équipements, le tout en proposant les coûts de maintenance. Maintenance 4.0 est une application moderne de l'industrie de la maintenance qui utilise des technologies de l'information qui racontent l'Internet des objets (IoT), la technologie de l'intelligence (IA), l'augmentation de la réalité (AR), la blockchain

### II. 4. Exemples Concert La Maintenance 4.0

1. **Les tablettes connectées en wifi ou en 4G** : rédaction des comptes-rendus d'intervention en temps réel, lecture de modes opératoires ou de documents techniques, visualisation de tutoriels, prise de photos pour illustrer des comptes-rendus ou pour illustrer des demandes d'intervention.
2. **Les caméras embarquées et les lunettes connectées** : permettant l'échange en temps réel avec un support technique déporté, pour une plus grande rapidité et une plus grande précision de diagnostic et d'intervention.



Fig II. 3: lunette connectée

3. **Les tags et puces RFID** : pour accéder immédiatement à toute la documentation de l'installation sur laquelle le technicien intervient. Modes opératoires, comptes-rendus spécifiques, documentation technique, tutoriels.



**Fig II. 4:** puce RFID

4. **Les capteurs :** pour relier les installations à la GMAO et générer automatiquement des demandes d'intervention en cas de dérives de paramètres prédéfinis. Mais aussi pour créer du « big data » et encore mieux anticiper ainsi les dérives techniques et améliorer la fiabilité.[10]

## II. 5. L'avantage De La Maintenance Prédictive Par Rapport De La Maintenance Préventive

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

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

Elle intervient pour l'identification et le changement systématique de composants endommagés. Elle doit déterminer le moment idéal pour effectuer cette opération. On ne peut pas savoir à l'avance quelle pièce va s'user. On est donc obligé d'effectuer des inspections périodiques, Ces dernières vont nécessiter de la main d'œuvre, l'arrêt de la machine et présentation d'un certain coût. Il peut aussi arriver qu'on change une pièce par précaution alors que celle-ci fonctionne parfaitement bien. Des études ont montré que dans 30% des cas, la maintenance préventive se révèle inutile, et peut même provoquer des problèmes supplémentaires.[10]

## II.4. Les Technologies de L'information Utilisées Dans La Maintenance 4.0

La maintenance 4.0 utilise une variété de technologies de l'information pour optimiser les processus de maintenance et améliorer la disponibilité et la performance des équipements. Voici quelques-unes des technologies les plus couramment utilisées dans la maintenance 4.0

### II.4.1 La Gestion De Maintenance Assistée Par Ordinateur (GMAO)

termes : « Un système informatique de management de la maintenance est un Logiciel

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, ateliers, machines, équipements, sous-ensembles, pièces, etc.) à partir de terminaux disséminés dans les bureaux techniques, ateliers, magasins et bureaux d'approvisionnement. »

**GM (gestion de la maintenance)** : c'est avant tout la compétence de l'acquéreur utilisateur.

**AO (assistance informatique)** : c'est la compétence du vendeur (qui n'ignore pas la maintenance, mais ne connaît pas votre entreprise).

Une GMAO investie est une « valise pleine d'informatique et vide de maintenance » il s'agit de la remplir, puis de la faire vivre à l'intérieur d'une organisation préalablement éprouvée. [11]

#### II.4.1.1. L'avantage De GMAO

La GMAO offre plusieurs avantages aux industriels qui décident d'implanter cette solution dans leur système informatique, citons :

- Amélioration du taux de disponibilité des équipements et meilleure analyse de leur durée de vie et de l'amortissement à long terme ;
- Réduction des coûts ;
- Amélioration de la gestion du stock ;
- Optimisation de l'organisation du service technique grâce à l'enregistrement des modes opératoires, au suivi des interventions et à l'augmentation d'actions préventives ;
- Inventorisation des équipements, prévention des incidents, planification et suivi des contrôles réglementaires
- Centralisation des documentations techniques, administratives et financières des équipements et traçabilité des historiques et des coûts liés aux opérations de maintenance effectuées sur chaque équipement ;
- Amélioration de la prise de décision sur le renouvellement d'un matériel, le budget maintenance interne et externe à allouer aux équipements, le choix des partenaires (fournisseurs, sous-traitants et fabricants) etc.[5]

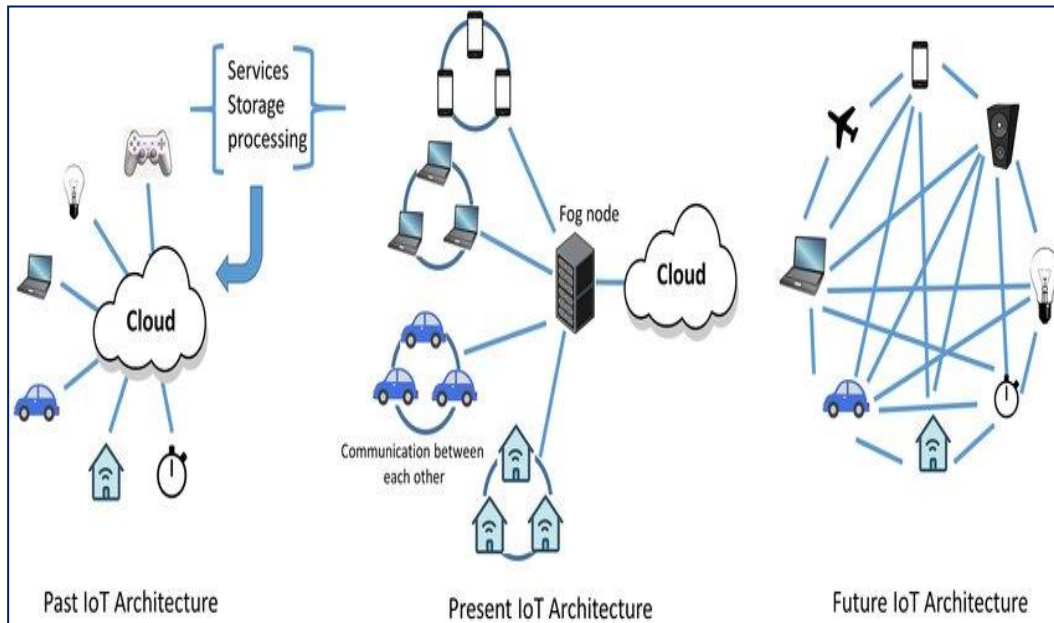
#### II.4.1.2. Les Outils De GMAO

Les outils de gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO) sont des logiciels qui aident les entreprises à planifier, organiser et suivre les opérations de maintenance de leurs équipements. Voici quelques-unes des fonctionnalités courantes des GMAO :

- **Gestion des équipements** : Les GMAO permettent aux entreprises de suivre les équipements et leur historique de maintenance. Les informations telles que le numéro de série, la date d'achat, la date d'installation et les dates de maintenance peuvent être stockées et gérées dans la GMAO.
- **Planification de la maintenance** : Les GMAO permettent aux entreprises de planifier la maintenance préventive en fonction du temps, des kilomètres parcourus ou des cycles de production. Les rappels de maintenance peuvent également être programmés pour être envoyés aux techniciens de maintenance.
- **Suivi des demandes de maintenance** : Les demandes de maintenance peuvent être créées dans la GMAO, et les techniciens peuvent être assignés à chaque demande. Les demandes peuvent être suivies depuis leur création jusqu'à leur résolution, permettant aux entreprises de suivre la performance de leur équipe de maintenance.
- **Gestion des pièces détachées** : Les GMAO permettent aux entreprises de suivre les pièces détachées nécessaires pour chaque équipement. Les informations sur les pièces telles que le coût, le lieu d'achat et le stock peuvent être stockées et gérées dans la GMAO.
- **Rapports et analyses** : Les GMAO peuvent générer des rapports sur les performances de maintenance, les coûts de maintenance, les temps d'arrêt, les équipements les plus souvent en panne, les pièces les plus utilisées et les coûts de stockage des pièces détachées. Ces rapports peuvent aider les entreprises à prendre des décisions éclairées en matière de maintenance

#### II.4.2 .Internet Des Objets (L'IOT)

L'IoT (Internet des Objets) est un réseau de dispositifs physiques connectés à Internet et capables de collecter, de stocker et de transmettre des données entre eux et avec des systèmes centraux. Ces dispositifs peuvent être des objets tels que des capteurs, des appareils connectés, des véhicules, des équipements de santé, etc. L'IoT permet une communication en temps réel entre les objets, facilitant la collecte et l'analyse de données pour l'optimisation de processus et la prise de décisions plus éclairées.



**Fig II. 5:** Architecture actuelle et future de l'IoT

#### II.4.2.1. Les Composantes De L'IOT

L'IoT, ou Internet des Objets, est un concept technologique qui vise à connecter différents types d'objets à Internet afin de les rendre "intelligents" et de leur permettre de communiquer entre eux et avec les humains. Les principales composantes de l'IoT sont les suivantes :

- **Les Capteurs :** les capteurs sont des dispositifs qui mesurent et collectent des données sur l'environnement. Ils peuvent mesurer des paramètres tels que la température, l'humidité, la pression, la luminosité, etc.
- **Réseaux :** les réseaux sont nécessaires pour connecter les capteurs et les dispositifs IoT à Internet. Il existe différents types de réseaux, tels que les réseaux cellulaires, les réseaux Wi-Fi, les réseaux LoRaWAN, etc.
- **Plateformes IoT :** les plateformes IoT sont des solutions logicielles qui permettent de gérer et d'analyser les données collectées par les capteurs et les dispositifs IoT. Elles offrent des fonctionnalités telles que le stockage des données, l'analyse de données en temps réel, la surveillance à distance, etc.
- **Dispositifs IoT :** les dispositifs IoT sont les objets connectés à Internet qui peuvent être contrôlés et surveillés à distance. Ils peuvent inclure des objets tels que les voitures connectées, les thermostats intelligents, les montres intelligentes, les appareils de surveillance, etc.

- **Cloud Computing** : le Cloud Computing est une technologie qui permet de stocker et d'analyser des données à distance sur des serveurs distants, plutôt que sur des ordinateurs locaux. Il est souvent utilisé pour gérer les données collectées par les dispositifs IoT.

Ensemble, ces composantes permettent de connecter différents types d'objets à Internet et de collecter, analyser et utiliser les données générées par ces objets pour améliorer les processus, les produits et les services.

#### II.4.2.2. Les Avantages De L'IOT Pour La Maintenance

L'Internet des Objets (IoT) présente plusieurs avantages pour la maintenance :

- **La surveillance en temps réel** : les capteurs connectés aux équipements peuvent fournir des données en temps réel sur leur état de fonctionnement, ce qui permet de détecter rapidement les problèmes et de prendre des mesures de maintenance préventive.
- **La maintenance prédictive** : en collectant et en analysant les données de capteurs, il est possible de prédire les pannes et les défaillances avant qu'elles ne se produisent, ce qui permet d'effectuer la maintenance de manière proactive et d'éviter les temps d'arrêt coûteux.
- **La réduction des coûts** : grâce à la surveillance en temps réel et à la maintenance prédictive, il est possible de réduire les coûts de maintenance en évitant les temps d'arrêt non planifiés et en effectuant des réparations avant que des dommages plus importants ne se produisent.
- **L'amélioration de la sécurité** : en surveillant les équipements en temps réel, il est possible de détecter rapidement les problèmes de sécurité et de prendre des mesures pour les résoudre avant qu'ils ne deviennent dangereux.
- **L'optimisation des processus** : en utilisant l'IOT pour surveiller les équipements et les processus de production, il est possible d'identifier les inefficacités et les goulots d'étranglement et de les résoudre pour améliorer l'efficacité globale.
- **L'amélioration de la qualité** : en surveillant les processus de production avec l'IOT, il est possible d'identifier les problèmes de qualité plus rapidement et de prendre des mesures pour les résoudre avant qu'ils ne deviennent des problèmes majeurs.



### II.4.3. Big Data

Le terme de Big data (parfois appelées « données massives » en français, mais nous éviterons d'utiliser cette traduction peu réussie) désigne une nouvelle discipline qui se situe au croisement de plusieurs domaines : statistiques, technologie, base de données et métiers (marketing, finance, etc.). Cette nouvelle discipline a été rendue possible grâce à une puissance technologique qui a rendu possible des choses qui jusque-là n'étaient que théoriques. Ces choses dont on parle ici, sont principalement liées à deux enjeux : le volume des données et leur complexité.

Ainsi, le Big data a pour objectif d'exploiter des volumes de données qui sont en croissance exponentielle et qui deviennent difficiles à travailler avec des outils classiques de gestion de base de données ou de gestion de l'information<sup>4</sup>. Elle a aussi pour objectif de traiter rapidement des données complexes.<sup>[12]</sup>

#### II.4.3.1. Les Caractéristiques Du Big Data

Plusieurs chercheurs ont caractérisé le Big Data selon la règle 4V qui définissent le concept Big Data et permettent de distinguer les principaux problèmes informatiques à résoudre :

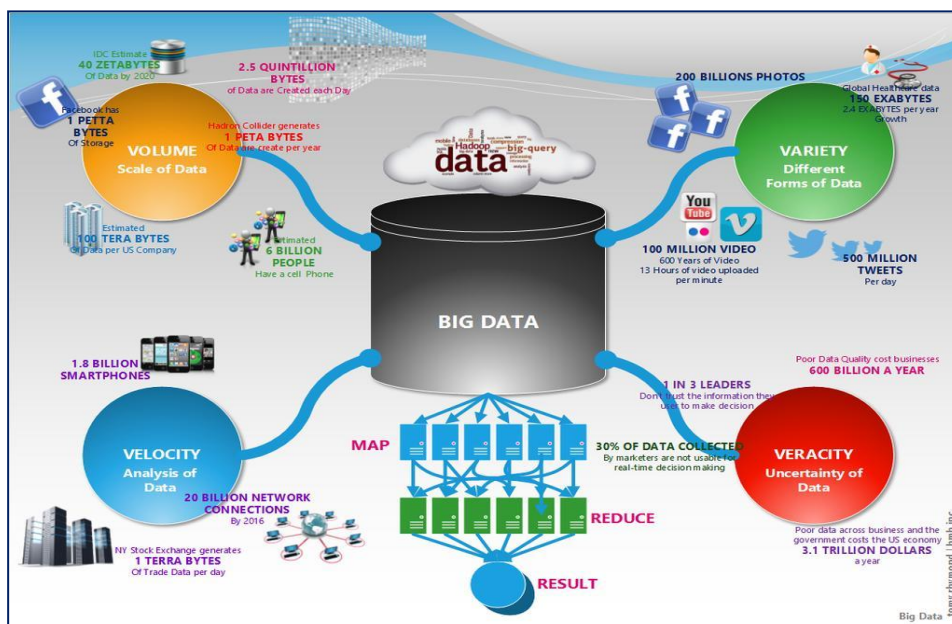


Fig II. 6: les 4V du Big Data

- le volume :** Le volume décrit la quantité de données générées par des entreprises ou des personnes. Le Big Data est généralement associé à cette caractéristique. Les entreprises, tous secteurs d'activité confondus, devront trouver des moyens pour gérer le volume de données en constante augmentation qui est créé quotidiennement. Les catalogues de

plus de 10 millions de produits sont devenus la règle plutôt que l'exception. Certains clients gèrent non seulement des produits mais aussi leur propre clientèle peuvent aisément accumuler un volume dépassant le téraoctet de données.

- **la vitesse** : La vitesse décrit la fréquence à laquelle les données sont générées, capturées et partagées. Du fait des évolutions technologiques récentes, les consommateurs mais aussi les entreprises génèrent plus de données dans des temps beaucoup plus courts.
- **la variété** : Traitement des données sous forme structurées et non structurées mais devant faire l'objet d'une analyse collective (data bases, textes, données de capteurs, sons, vidéos, de parcours, fichiers journaux etc ...).
- **la véracité** : Véracité ou qualité de données, puisque les données proviennent de sources hors de contrôle et souffrent donc de justesse ou d'exactitude significative, donc la véracité présente la crédibilité de la source et la pertinence de données pour le public cible. Par exemple : dans le réseau social Facebook, il faut s'assurer que les informations publiées ne sont pas des rumeurs ou des données malveillantes. [12]

#### II.4.3.1.L'avantage De L'architecteur De Big Data

Le big data joue un rôle très important au sein des entreprises qui l'utilisent. Big data vient pour résoudre les problèmes de lenteurs de traitement de requête, le stockage est beaucoup plus robuste et permet un stockage en masse des données extérieures ou internes à l'entreprise. Aussi le tri des données pour extraire certaines données non compatibles ou non acceptées par les bases de données traditionnelles n'est plus un souci, dans la mesure où le big data gère tout type de données qu'ils soient structurés ou pas (Vidéo, musique, fichier csv, json, XML, etc...), on va citer quelques uns :

- **Evolutivité (Scalabilité)** : quelle est la taille que devra avoir une infrastructure ? Le concept Big Data nous permet de s'affranchir de cette question.
- **Performance** : grâce au traitement parallèle des données et à son système de fichiers distribué, le concept Big Data est hautement performant en diminuant la latence des requêtes.
- **Coût faible** : on n'a pas besoin de centraliser les données dans les baies de stockage souvent excessivement cher.
- **Disponibilité** : on a plus besoin de RAID disques, souvent coûteux. L'architecture Big Data apporte ses propres mécanismes de haute disponibilité. [12]

#### II.4.4. La Réalité Augmentée (RA)

La réalité augmentée (RA) a vu le jour avec les travaux de Sutherland, qui a réalisé le premier système dit de réalité augmentée, basé sur un casque suivi par un capteur de mouvement. Avec ce dispositif, l'utilisateur peut alors visualiser et naviguer autour d'éléments virtuels positionnés dans notre espace réel ; un des buts poursuivis par la RA. Durant les années 80 le concept de réalité augmentée a été surtout utilisé dans un cadre militaire, pour l'affichage d'informations virtuelles sur les visières des casques des pilotes d'avions (Head Up Display (HUD)). Le véritable essor de ce domaine a débuté durant les années 90 (Mackay et al. 1993) qui consiste à "ajouter" de l'information au monde réel. La réalité augmentée caractérise alors tout système améliorant la perception de l'utilisateur vis à vis de l'environnement réel, par superposition de données virtuelles sur des images réelles ou vidéo. C'est un ensemble de technologies qui induisent de nouvelles formes d'interaction homme - machine. Ces technologies sont basées sur l'association sémantique, spatiale et temporelle d'objets réels et virtuels. L'idée d'augmentation renvoie ainsi à l'enrichissement supposé de l'information véhiculée par les objets virtuels, préférence aux seules informations accessibles à l'utilisateur dans l'environnement immédiat du monde réel. En générale, les systèmes de RA, aussi bien fixes que mobiles, sont construits sur la base d'une architecture similaire : une caméra filmant la scène visionnée par l'utilisateur ; un ordinateur générant les entités virtuelles ; des dispositifs d'entrée et de présentation d'information ; des teurs de la position de l'utilisateur et des objets de l'environnement réel. Un système de réalité augmentée n'empêche pas l'utilisateur de rester en contact avec le monde extérieur. Au contraire, il mêle la scène réelle toujours vue par l'utilisateur. [13]



Fig II. 7: La réalité augmentée au service de la maintenance

##### II.4.4.1. Les Différentes Approches De La Réalité Augmentée

On distingue trois façons d'aborder la réalité augmentée

- **Augmenter l'utilisateur** : L'utilisateur est équipé d'un dispositif lui permettant d'obtenir des informations sur les objets qui l'entourent ou sur son environnement. Ce

dispositif est généralement un casque permettant d'ajouter des informations visuelles ou sonores à ce que l'utilisateur voit ou entend. Cette utilisation nécessite toutefois de solides méthodes de vision par ordinateur et de synthèse d'image. Les dispositifs utilisés peuvent aussi être des gants équipés de capteurs ou tout autre type d'équipement corporel.

- **Augmenter l'objet :** Augmenter l'objet consiste à lui ajouter divers dispositifs, visant à lui donner des capacités de traitement de l'information, à lui donner des informations sur son environnement ou à donner à son environnement des informations sur lui-même. Des exemples d'objets augmentés sont les briques LEGO les plus récentes, qui peuvent être contrôlées par ordinateur. Le problème de cette approche est qu'il n'est pas toujours possible d'augmenter un objet tout en conservant ses qualités (par exemple, il est dur d'augmenter du papier sans l'alourdir ou le rendre plus cher).
- **Augmenter l'environnement :** Augmenter l'environnement consiste à équiper un lieu de dispositifs permettant d'augmenter les objets qui s'y trouvent. Ces dispositifs ont généralement pour but d'obtenir des informations sur les objets et les personnes. (caméras, micros), de leur associer des informations (en utilisant des vidéoprojecteurs) ou tout simplement de donner des informations sur l'environnement (haut-parleurs, écrans, etc.).[13]

#### II.4.4.2. Les Composants De La Réalité Augmentée

- **Générateur de scène :** Le générateur de scène est le dispositif ou le logiciel responsable de rendre la scène. Le rendu n'est pas actuellement l'un des problèmes principaux dans RA, parce que quelques objets virtuels doivent être dessinés, et ils ne doivent pas nécessairement être rendus afin d'atteindre les objectifs de l'application.
- **Système de piste :** Le système de piste est l'un des problèmes les plus importants sur des systèmes de RA la plupart du temps en raison du problème d'enregistrement. Les objets dans les réels et virtuels mondes doivent être correctement alignés en ce qui concerne l'un l'autre, ou l'illusion que les deux mondes coexistent sera compromise. Plus sérieusement, beaucoup d'applications exigent l'enregistrement précis, particulièrement sur les systèmes médicaux.
- **Système d'affichage :** IL y a beaucoup de types de dispositifs d'affichage qui peuvent être utilisés dans des applications de RA et la plupart d'entre elles sont HMD (la tête a monté l'affichage). Le plus important est optique Voir-À travers HMD (optique basée),

- vidéo Voir-À travers HMD (vidéo basée), systèmes rétinien virtuels, affichage de projection.[13]

### II.4.5.The Blockchain

Le terme Blockchain provient de la manière dont le réseau stocke les données relatives aux transactions, c'est-à-dire des blocs (block en anglais), reliés pour former une chaîne (chain en anglais). La chaîne de blocs s'étend ainsi au fur et à mesure de l'augmentation du nombre de transactions. Les blocs recueillent et confirment les heures et les séquences des transactions, ainsi consignées dans la Blockchain, dans un réseau distinct, régi par des règles convenues entre ses membres.



**Fig II. 8:** Chaîne de blocs

Chaque bloc contient un hash (empreinte numérique ou identifiant unique), les lots horodatés des transactions récentes valides et le hash du bloc précédent. Le hash du bloc précédent relie les blocs ensemble et évite qu'un bloc ne soit modifié ou inséré entre deux blocs existants. Ainsi, chaque bloc consécutif renforce la vérification du précédent, et, par conséquent, l'ensemble de la Blockchain. La Blockchain contient donc des témoins d'intégrité qui lui confèrent sa caractéristique essentielle d'immuabilité. Pour être précis, même si la Blockchain contient des données de transaction, elle ne vient en aucun cas remplacer les bases de données, les technologies de messagerie, les traitements transactionnels ou les processus métier. Elle contient tout simplement des preuves de transactions vérifiées. Pour autant, même si une Blockchain sert pour l'essentiel de base de données d'enregistrement de transactions, ses avantages vont bien au-delà de ceux d'une base de données traditionnelle.[14]

#### II.4.5.1.Fonctionnement De Blockchain

Pour fonctionner, la blockchain nécessite l'utilisation d'une monnaie ou d'un jeton (aussi appelé token) programmable. Vous pouvez par exemple utiliser le Bitcoin. Dans la

blockchain, toutes les transactions sont regroupées sous la forme de blocs. Chaque bloc doit ensuite être validé par les nœuds du réseau en utilisant une méthode algorithmique. Une fois que le bloc est validé, il est ajouté à la chaîne de blocs et devient donc visible de tous les utilisateurs. Voici un schéma qui vous permettra d'illustrer cette définition.[14]

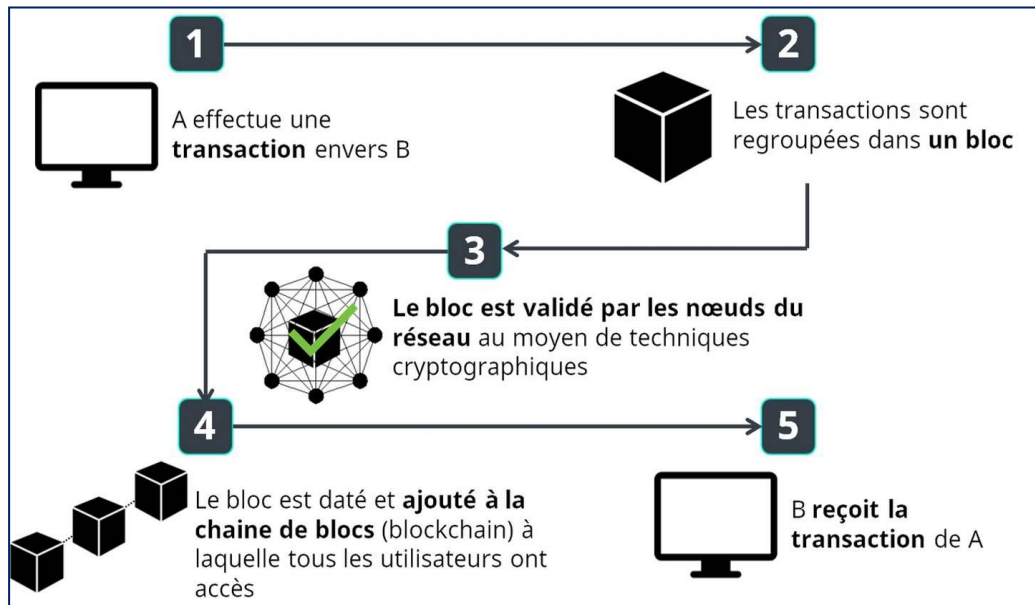


Fig II. 9: Fonctionnement d'une Blockchain

## II. 6. Le Rôle De La Technologie D'information Dans La Maintenance 4.0

La technologie de l'information joue un rôle de plus en plus important dans la maintenance industrielle en permettant une surveillance en temps réel des équipements, une analyse précise des données et une planification proactive de la maintenance. Voici quelques-unes des raisons pour lesquelles la technologie de l'information est importante dans la maintenance industrielle :

- **Réduction des coûts de maintenance** : en surveillant les équipements en temps réel et en prévoyant les pannes et les dysfonctionnements, les entreprises peuvent éviter les coûts élevés associés aux temps d'arrêt imprévus et aux réparations d'urgence. En outre, l'utilisation de technologies telles que la réalité augmentée permet de réduire les coûts liés aux déplacements des techniciens sur site.
- **Amélioration de la disponibilité des équipements** : la technologie de l'information permet une planification proactive de la maintenance, ce qui garantit que les équipements sont disponibles lorsque cela est nécessaire pour la production. Cela permet également de réduire les temps d'arrêt et d'améliorer la productivité.

- **Amélioration de la qualité de la maintenance** : en collectant et en analysant des données sur les équipements, les entreprises peuvent améliorer la qualité de la maintenance en identifiant les problèmes avant qu'ils ne deviennent critiques et en effectuant des réparations précises
- **Amélioration de la sécurité des travailleurs** : la technologie de l'information peut être utilisée pour surveiller les conditions de travail et pour prévenir les accidents et les blessures.
- **Optimisation des processus de maintenance** : en utilisant des logiciels de gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO), les entreprises peuvent suivre et gérer de manière efficace les tâches de maintenance, les ordres de travail et les stocks de pièces

### II.7. Les Technologies De Surveillance De La Condition Des Equipements

Les technologies de surveillance de la condition des équipements, également appelées technologies de maintenance prédictive, sont des outils qui permettent de surveiller les équipements industriels afin de prévenir les pannes et d'optimiser la maintenance. Voici quelques-unes des principales technologies de surveillance de la condition des équipements :

- **Analyse vibratoire** : Cette technique permet de détecter les vibrations anormales des machines et des équipements, qui peuvent indiquer des problèmes de lubrification, d'alignement, de déséquilibre, etc.



Fig II. 10: Analyse vibratoire

**Thermographie** : Cette technique permet de mesurer la température des équipements à distance et de détecter les points chauds qui peuvent indiquer des problèmes de surchauffe ou de défaillance imminente.



Fig II. 11: La thermographie infrarouge

- **Analyse d'huile** : Cette technique consiste à prélever des échantillons d'huile des équipements et à les analyser pour détecter la présence de contaminants, de particules métalliques, d'eau ou d'autres substances qui peuvent indiquer un problème.



**Fig II. 12:**Analyse d'huile

- **Inspection visuelle** : Cette technique consiste à inspecter visuellement les équipements pour détecter les signes de corrosion, d'usure, de fuite, de fissure, etc.



**Fig II. 13:** Inspection visuelle

- **Surveillance acoustique** : Cette technique permet de détecter les sons anormaux émis par les équipements, qui peuvent indiquer des problèmes de frottement, de dysfonctionnement, etc.
- **Analyse des données de production** : Cette technique consiste à analyser les données de production pour détecter les tendances et les anomalies qui peuvent indiquer des problèmes à venir.

### II.8.L'objectif De La Surveillance De La Condition Des Equipements

La surveillance de la condition des équipements est un processus clé de la maintenance prédictive qui permet de détecter les signes avant-coureurs de défaillance et d'optimiser la maintenance en conséquence. Les objectifs de la surveillance de la condition sont multiples :

- **Prévenir les pannes** : En surveillant la condition des équipements, les problèmes peuvent être détectés avant qu'ils ne causent des pannes. Cela permet de planifier la



maintenance préventive pour éviter les temps d'arrêt imprévus et réduire les coûts de maintenance.

- **Optimiser la maintenance** : La surveillance de la condition permet de détecter les problèmes à un stade précoce, ce qui permet de planifier la maintenance en conséquence. Cela permet de minimiser les coûts de maintenance en évitant les réparations d'urgence coûteuses.
- **Augmenter la durée de vie des équipements** : La surveillance de la condition permet de détecter les signes d'usure des équipements, ce qui permet de planifier la maintenance préventive pour prolonger leur durée de vie.
- **Améliorer la sécurité** : La surveillance de la condition permet de détecter les équipements défectueux ou présentant des risques de sécurité, ce qui permet de prendre des mesures préventives pour éviter les accidents et améliorer la sécurité.
- **Optimiser la performance** : La surveillance de la condition permet de détecter les problèmes de performance des équipements, ce qui permet de planifier la maintenance préventive pour optimiser leur performance et réduire les coûts d'exploitation.

## II .9. L'erp Dans La Maintenance Industrielle

L'ERP (Enterprise Resource Planning) en français IGP (Logiciel de Gestion Intégré) est un progiciel conçu pour gérer les processus opérationnels d'une entreprise en intégrant de multiples fonctions de gestion (comptabilité et finance, stocks, ventes et achats, e-commerce, etc.) .modules différents. Voici la solution pour fusionner leurs systèmes d'information L'ERP utilise un moteur de workflow qui permet de propager selon un plan les données enregistrées dans le système d'information vers les modules qui en ont besoin.

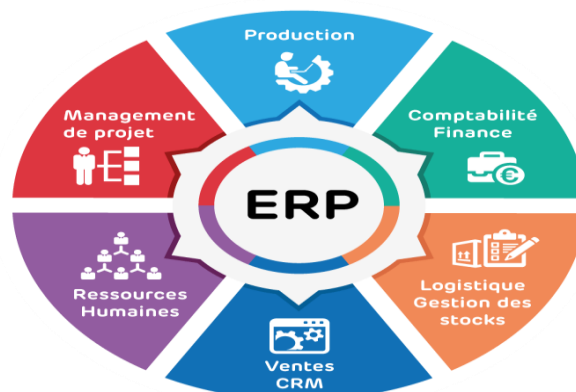


Fig II. 14:différentes fonctionnalités d'ERP[21]

Un système ERP est un type de logiciel que les entreprises utilisent pour gérer les activités quotidiennes telles que la comptabilité, les achats, la gestion de projet, la gestion des risques et la conformité, et les opérations de la chaîne d'approvisionnement. Une suite ERP complète comprend également un logiciel de gestion des performances (EPM) qui aide à planifier, budgétiser, prévoir et rendre compte des résultats financiers d'une entreprise. Les systèmes ERP (Enterprise Resource Planning) sont largement utilisés dans le domaine de la maintenance pour gérer efficacement les activités de maintenance et optimiser les ressources. Voici quelques utilisations courantes des ERP dans la maintenance, voici quelques exemples représentent des solutions ERP couramment utilisées dans la gestion de la maintenance.

- **Gestion des ordres de travail** : Les ERP permettent de créer, suivre et gérer les ordres de travail de maintenance, d'assigner des techniciens, de suivre les délais, de gérer les pièces de rechange et de générer des rapports. Les informations sur les travaux de maintenance sont centralisées, ce qui facilite la planification et l'exécution des tâches. [22]
- **Gestion des actifs** : Les ERP offrent des fonctionnalités de gestion des actifs, ce qui permet de suivre et de gérer les équipements, de planifier les maintenances préventives, de gérer les historiques d'entretien et de surveiller les performances des actifs. [23]
- **Gestion des stocks et des pièces détachées** : Les ERP facilitent la gestion des stocks de pièces détachées pour la maintenance en maintenant un suivi précis des niveaux de stock, des réapprovisionnements, des demandes d'achat et des mouvements de stocks. [24]
- **Planification de la maintenance** : Les ERP permettent de planifier les activités de maintenance en fonction des ressources disponibles, des calendriers, des priorités et des Contraintes opérationnelles. Cela permet d'optimiser la planification et d'éviter les interruptions non planifiées. [25]
- **Analyse des données de maintenance** : Les ERP fournissent des fonctionnalités d'analyse avancée pour exploiter les données de maintenance, générer des rapports sur les performances, identifier les tendances, prévoir les pannes et prendre des décisions basées sur des données. [26]

## II .10. Les Applications Mobiles

Une application mobile est un logiciel conçu pour fonctionner sur des appareils mobiles tels que des smart phones et des tablettes. Elle a donc accès à toutes les fonctions « natives » de ces appareils : GPS, appareil photo, etc. Comme tout programme, elle doit donc être téléchargée au préalable pour être installée.[15]

## II .11.Les Topologies

Il existe trois classes importantes pour les applications mobiles :

### 1) Application native :

Une application native est une application développée spécifiquement pour une seule plateforme, grâce aux outils conçus pour celle-ci. Elle est développée avec un langage spécifique à son système d'exploitation et est distribuée uniquement par l'intermédiaire d'un app store propre à sa plateforme.[15]

### 2) Application web ou web app :

Il s'agit de sites web optimisés pour mobiles, souvent conçus pour ressembler à de vraies applications. Elle peut être aussi appelée « apps navigateur mobile » car elles ne sont pas installées sur l'appareil. Celles-ci peuvent être accédées en employant le navigateur mobile grâce à l'URL du Web. Dans ce cas, la capacité de la mémoire de l'appareil n'est pas aussi importante étant donné que ni la forme ni les données de l'application ne sont stockés dedans. Il est complètement dépendant de la qualité du navigateur. Chaque donnée vient du serveur et rendu dans le navigateur quand vous accédez grâce à l'URL. Elle est développée avec les outils de développement web actuel: HTML5, CSS3 et JavaScript. [15]

### 3) Application hybride :

Une application hybride est une application mobile qui combine des éléments d'applications web et d'applications natives. Contrairement aux applications natives, qui sont conçues pour fonctionner sur un système d'exploitation mobile spécifique, les applications hybrides sont développées à l'aide de technologies web telles que HTML, CSS et JavaScript, puis enveloppées dans une couche native pour leur permettre d'être exécutées sur des appareils mobiles.[15]

## II .13.L'a avantages Et Inconvénients Des Applications Mobiles

Les applications mobiles s'étalent dans des différents domaines, et touchent toutes les générations grâce à leurs avantages et facilités d'utilisation, malgré quelques inconvénients

qu'on leurs trouve.

❖ **L'Avantage :**

Parmi les objectifs des applications mobiles on trouve :

- Contenus adaptés aux spécificités de chaque smart phone.
- Contenus disponibles hors ligne, sera toujours accessible (plus besoin d'attendre l'ouverture de la page).
- Possibilité de sélectionner des contenus à afficher selon la cible et l'objectif de communication.
- Etablissement d'un lien direct avec le consommateur
- Rapidité d'exécution (l'application mobile exploite au mieux les capacités du téléphone).
- Facilité d'installation et d'accès
- Possibilité de solliciter un mobinaute (Push)
- .interface plus riche et des meilleures performances.
- Facilité de Monétisation (parce qu'elles sont directement disponible sur les plateformes de téléchargement).
- L'application a accès aux dispositifs du terminal (exemple appareil photo, GPS).
- Plus besoin de taper l'URL de votre site dans le petit navigateur de votre téléphone.

❖ **Les Inconvénients :**

Pour développer une application mobile il faut savoir qu'elles ont aussi quelques inconvénients

- **Le respect des règles des plateformes mobiles :** L'Apple Store, le Play Store et le Windows Store imposent un certain nombre de règles pour les développeurs. Parfois contraignantes Parfois contraignantes, elles sont un passage obligé si l'on souhaite pouvoir distribuer une application smart phone de manière optimale.
- **Un coût de développement élevé :** Le coût de création d'une application mobile est relativement élevé et peut décupler les dépenses e-marketing, surtout si l'on souhaite quel 'application soit disponible sur tous les systèmes d'exploitation pour mobiles
- **.Un coût de développement élevé :**Le coût de création d'une application mobile est relativement élevé et peut décupler les dépenses e-marketing, surtout si l'on souhaite que l'application soit disponible sur tous les systèmes d'exploitation pour mobiles.

- **Contrainte de la mise à jour pour l'utilisateur :** En cas de mise à jour de l'application, l'utilisateur d'application mobile doit se rendre une nouvelle fois sur les plateformes de téléchargement, Le site mobile peut quant à lui évoluer sans contraintes pour le visiteur.

## II.14.Exemples Des Application Mobile Pour La Maintenance

L'arrivée des solutions mobiles dans l'industrie s'inscrit dans une série de bouleversements induits par l'émergence des nouvelles technologies. Elle entraîne des changements majeurs dans toutes les activités de l'entreprise (maintenance, mesure, nomenclature, gestion des procédés, contrôle qualité, etc.). Grâce à ces nouvelles technologies appliquées aux smart phones, tablettes et autres terminaux mobiles, tous les acteurs de l'industrie ont à portée de main et en quelques clics (ou touches) accès à toutes les informations dont ils ont besoin pour mener à bien leurs tâches. Les tablettes remplacent les ordinateurs portables et représentent une avancée considérable par rapport aux rames de documents papier que les professionnels devaient traiter dans le passé. En conséquence, une augmentation significative de l'accessibilité et de la mobilité est devenue possible grâce à l'utilisation d'une nouvelle génération de terminaux mobiles. Voici quelques exemples d'applications mobiles pour la maintenance industrielle avec leurs références :

**Picomto [27]:** est une application mobile pour capturer et diffuser le savoir faire opérationnel dans l'industrie, c'est la solution pour suivre et optimiser tous vos processus manuels dans votre industrie. En digitalisant vos instructions de travail, modes opératoires, procédures de maintenance, vous générez de la donnée vous permettant de prendre les bonnes décisions que ce soit en production, assemblage ou maintenance.

**IBM Maximo[28]:** Une application mobile permettant aux techniciens de maintenance d'accéder aux informations sur les équipements, de gérer les ordres de travail, de suivre les stocks de pièces et d'effectuer des inspections sur le terrain.

**eMaint CMMS Mobile[29]:** Une application mobile qui permet aux équipes de maintenance de gérer les activités de maintenance, de saisir les temps d'arrêt, de créer des ordres de travail, de visualiser les calendriers de maintenance et d'accéder aux manuels d'instructions.

**Fiix Mobile CMMS[30] :** Une application mobile pour la gestion de la maintenance qui permet aux techniciens de maintenance de recevoir des notifications d'ordres de travail, d'enregistrer

les heures travaillées, de consulter les plans de maintenance et de soumettre des demandes de pièces détachées.

**UpKeep[31]** : Une application mobile de gestion de la maintenance qui offre des fonctionnalités telles que la gestion des ordres de travail, le suivi des actifs, la planification des tâches de maintenance et la génération de rapports.

**Maintenance Connection Mobile [32]** : Une application mobile pour la gestion de la maintenance qui permet aux utilisateurs d'accéder à distance aux données d'équipement, de créer des ordres de travail, de suivre les inventaires et d'enregistrer les activités de maintenance en temps réel.

Ces applications offrent des fonctionnalités spécifiques pour faciliter la gestion et l'exécution des tâches de maintenance dans des environnements industriels.

#### **II.14. Conclusion**

Nous avons exploré le rôle essentiel de la technologie de l'information dans l'industrie 4.0, en mettant en évidence son impact significatif sur le domaine de la maintenance industrielle. Nous avons examiné différents outils et systèmes tels que la GMAO, les ERP et les applications mobiles existant dans ce domaine.

***Chapitre 03***  
***« Fix-Me » la plateforme web***  
***Pour Résoudre Tous Vos***  
***Problèmes De Maintenance***

### III. Introduction

Dans ce chapitre nous présentons une solution novatrice qui simplifie et accélère le processus de réparation d'appareils défectueux. Cette application révolutionnaire agit comme un lien entre les propriétaires d'appareils et les réparateurs qualifiés, offrant une plateforme pratique pour trouver rapidement des services de réparation fiables. Découvrez comment « Fix-me1.0 » transforme la façon dont nous abordons les problèmes de maintenance, en facilitant la mise en relation, en favorisant la transparence et en offrant des solutions sur mesure pour répondre à tous vos besoins de réparation

#### III.1. L'application "Fix -me 1.0"

L'application "Fix -me1.0 "est une plate-forme qui met en relation des réparateurs et des particuliers ayant des problèmes avec leurs appareils ménagers ou tout autre équipement nécessitant des réparations ou de l'entretien. Elle permet aux utilisateurs de trouver rapidement des réparateurs qualifiés et fiables pour effectuer des réparations à domicile. En utilisant cette application, les utilisateurs peuvent économiser du temps et des efforts en évitant de chercher des réparateurs qualifiés et de passer des appels téléphoniques pour planifier des rendez-vous. L'application offre également des avantages pour les réparateur sen leur fournissant une source supplémentaire de travail et en leur permettant d'accéder à des informations précises sur les clients. En résumé, "fix -me 1.0 "facilite la vie des utilisateurs en leur offrant une solution rapide et pratique pour résoudre les problèmes de maintenance à domicile.

#### III.2. L'objectif De L'application "Fix -me 1.0"

Les objectifs de l'application « Fix-me1.0 » pour les services de réparation d'appareils pourraient être les suivants :

- **Faciliter la recherche des réparateurs:** L'application vise à fournir une plateforme conviviale où les propriétaires d'appareils défectueux peuvent trouver facilement des réparateurs compétents et disponibles pour effectuer les réparations.
- **Améliorer l'efficacité de la communication :** L'application permet aux propriétaires d'appareils de communiquer directement avec les réparateurs, en fournissant des détails précis sur les dysfonctionnements de l'appareil, y compris des photos, pour une évaluation plus précise et une compréhension claire du problème à résoudre.
- **Offrir un choix des réparateurs qualifiés :** L'application offre aux utilisateurs une liste des réparateurs qualifiés et vérifiés, leur permettant de choisir en fonction de



critères tels que la proximité, les évaluations et les commentaires des autres utilisateurs, afin de garantir un service de qualité.

- **Simplifier le processus de réservation** : L'application permet aux propriétaires d'appareils de soumettre facilement leurs demandes de réparation en fournissant leurs informations personnelles, leur adresse et les détails du dysfonctionnement. Ils peuvent également sélectionner la date et l'heure souhaitées pour la réparation.
- **Faciliter la négociation des prix** : L'application facilite la discussion entre le propriétaire de l'appareil et le réparateur pour convenir d'un prix raisonnable pour la réparation, en prenant en compte les détails spécifiques du dysfonctionnement et les coûts associés.
- **Assurer la transparence et la confiance** : L'application vise à établir un environnement de confiance en fournissant des informations détaillées sur les réparateurs, y compris leurs qualifications, leurs évaluations et leurs commentaires des clients précédents. Cela permet aux utilisateurs de prendre des décisions éclairées lors du choix d'un réparateur.
- **Garantir la satisfaction des clients** : L'objectif ultime de l'application est de fournir un service de réparation fiable et satisfaisant, en veillant à ce que les propriétaires d'appareils soient satisfaits du travail effectué par les réparateurs et en offrant un mécanisme de notation et de commentaire pour évaluer la qualité du service.
- **Favoriser la croissance des réparateurs locaux** : L'application vise à soutenir les réparateurs locaux en leur fournissant une plateforme pour promouvoir leurs services, accéder à un plus large public et augmenter leur clientèle.

### III.4. Les Avantages De L'application "Fix -me 1.0"

- **Économise du temps et des efforts** : les utilisateurs peuvent facilement trouver des réparateurs pour réparer leurs appareils sans avoir à chercher dans des annuaires ou à contacter différents prestataires. Cela permet de gagner du temps et de réduire les efforts nécessaires à la recherche.
- **Aide à corriger les pannes rapidement** : l'application permet aux utilisateurs de signaler rapidement les pannes ou les dysfonctionnements des appareils. Les réparateurs peuvent ainsi intervenir rapidement pour effectuer les réparations nécessaires.
- **Révient les catastrophes et les problèmes** : en offrant une solution rapide pour les réparations, l'application contribue à prévenir les problèmes et les accidents liés aux appareils défectueux.

- **Fournit une plateforme de communication entre les réparateurs et les clients :** l'application permet une communication directe entre les réparateur set les clients. Cela favorise une meilleure compréhension des besoins des clients et offre des possibilités de travail supplémentaires pour les artisans.
- **Informations précises sur les clients :** l'application collecte des informations précises sur les clients, ce qui facilite le travail des réparateur set leur permet de mieux comprendre les besoins de leurs clients.
- **Options multiples :** l'application offre de nombreuses options pour les utilisateurs, notamment la possibilité de choisir entre différents réparateurs, de planifier des réparations à l'avance et de suivre l'état des réparations en temps réel.

### III.5. Le Fonctionnement De L'application "Fix -me 1.0"

Voici le fonctionnement détaillé de l'application pour les services de réparation d'appareils

#### 1. Inscription des utilisateurs:

- Les propriétaires d'appareils défectueux doivent s'inscrire en fournissant leurs informations personnelles telles que leur nom, leur numéro de téléphone coordonnées.
- Les réparateurs doivent également s'inscrire en créant un compte et en fournissant des informations personnelles telles que leur nom, leur adresse, leur profession, leurs années d'expérience et en présentant une partie de leur travail de réparation sur leur page d'application.

#### 2. Recherché des reparations :

- Les propriétaires d'appareils défectueux peuvent parcourir la liste des réparateurs disponibles dans leur région.
- Ils peuvent filtrer les résultats en fonction de critères tels que la proximité, les évaluations et les commentaires des autres utilisateurs.

#### 3. Soumission d'une demande de réparation :

- L'utilisateur sélectionne le réparateur souhaité et soumet une demande de réparation en fournissant des détails sur le dysfonctionnement de l'appareil.
- Des options sont fournies pour sélectionner la qualité du dysfonctionnement en fonction du type d'appareil, telles que "mineur", "modéré" ou "majeur".

### **4. Sélection de réparateur :**

- L'utilisateur peut choisir parmi les réparateurs disponibles et consulter leur profil, qui comprend des informations sur leur expérience, leur expertise et des exemples de leur travail antérieur.
- Sur la base de ces informations, l'utilisateur peut sélectionner réparateurs qui correspondent le mieux à ses besoins.

### **5. Communication entre l'utilisateur et le réparateur :**

- Une fois que le réparateur accepte la demande de réparation, l'utilisateur et le réparateur peuvent communiquer via l'application.
- L'utilisateur peut fournir des détails supplémentaires sur le dysfonctionnement de l'appareil, en incluant des photos pour aider le réparateur à évaluer le problème.

### **6. Négociation du prix et de l'horaire :**

- L'utilisateur et le réparateur discutent du prix et conviennent d'un montant pour la réparation.
- Ils déterminent également une date et une heure qui conviennent aux deux parties pour la réparation.

### **7. Réparation de l'appareil:**

- Le Réparateur se rend chez le propriétaire de l'appareil à l'heure convenue et effectue la réparation.
- Pendant ce temps, l'utilisateur peut suivre l'état de la réparation via l'application.

### **8. Paiement :**

- Une fois la réparation terminée, l'utilisateur effectue le paiement à le réparateur via l'application, en utilisant des méthodes de paiement sécurisées intégrées.

### **9. Évaluation et commentaires :**

- Après la réparation, l'utilisateur a la possibilité d'évaluer et de laisser des commentaires sur le réparateur et la qualité du service fourni.
- Ces évaluations aident à maintenir la transparence et aident les autres utilisateurs à prendre des décisions informées lorsqu'ils choisissent un réparateur

## **III.6. Analyse Des Besoins**

Cette étude commence par l'identification des acteurs afin de pouvoir passer à l'étude des cas d'utilisation et de leurs descriptions textuelles.

### III.6.1. Identification des acteurs

**Un acteur :** Un acteur représente un ensemble de rôles joués par des entités externes (utilisateur humain, dispositif matériel ou autre système) qui interagissent directement avec le système étudié[33].

Dans notre application, nous avons trois acteurs qui interagissent avec le système :

**L'utilisateur :** c'est la personne qui se connecte à l'application pour demander un service de maintenance

**Le réparateur :** c'est la personne offrant le service de maintenance.

**Le visiteur :** c'est la personne qui visite l'application dans le but de connaître les services qu'elle propose.

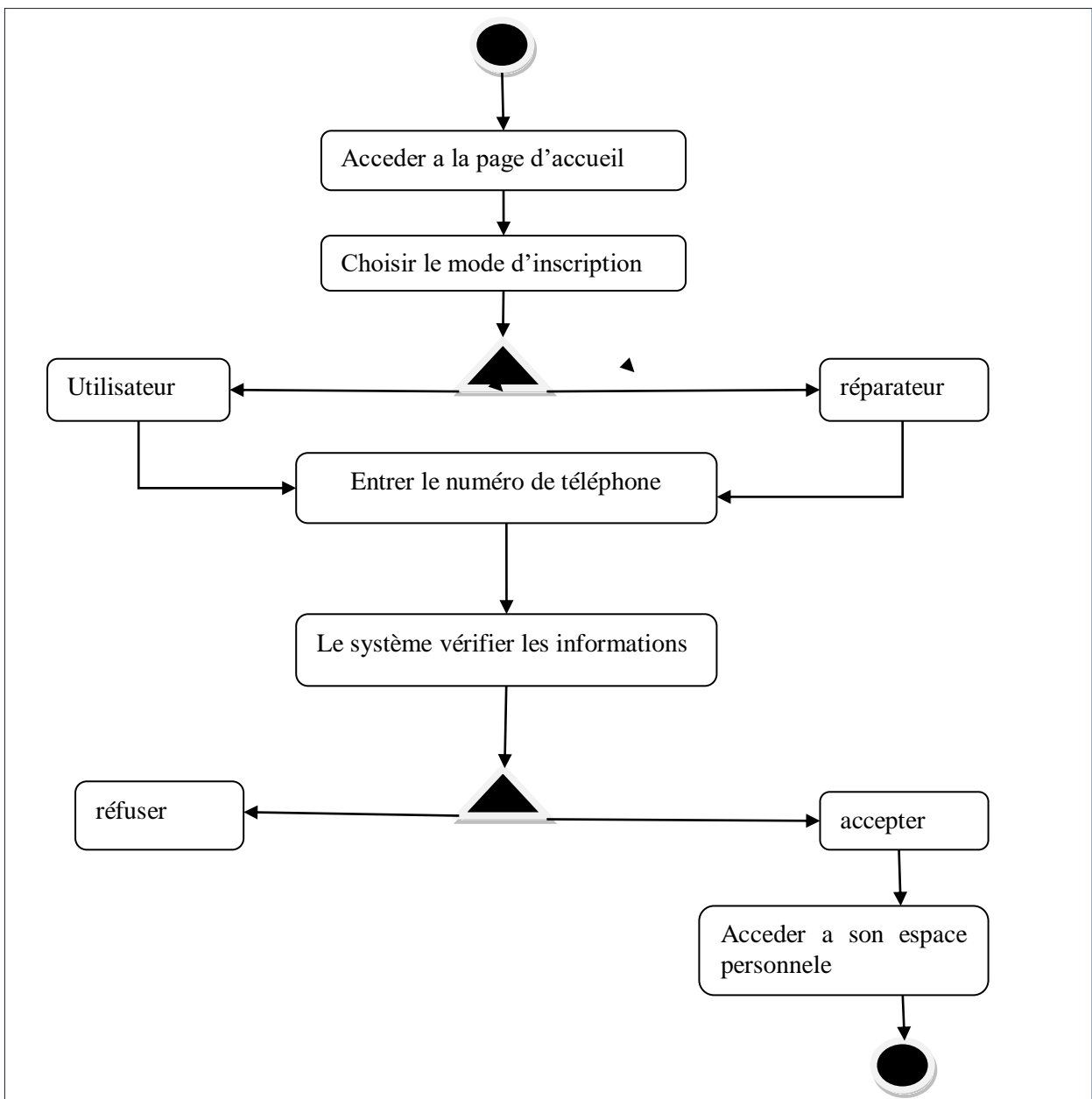


Fig III. 1:diagramme d'activité« creation d'un compte».

### III.7. Environnement De Développement

#### III.7.1. Environnement matériel

Pour développer cette application nous avons utilisé le matériel suivant :

Pc portable HP avec une carte réseau.

Pc portable ASUS avec une carte réseau

#### III.7.2. Environnement logiciel

Pour la mise en œuvre de notre application, nous avons opté pour les outils logiciels suivants :

- Visual Studio Code (VS Code)
- Html (HyperText Markup Language)
- Js(JavaScript)
- CSS(Cascading Style Sheets)

##### III.7.2.1. Définition du Visual Studio Code

Visual Studio Code (VS Code) est un éditeur de code léger et extensible, développé par Microsoft. Il offre un environnement de développement moderne et puissant, prenant en charge de nombreux langages populaires tels que Java, JavaScript, Go, Node.js et C++. Avec des fonctionnalités avancées telles que la coloration syntaxique, l'auto complétion et les outils de débogage intégrés, il permet aux développeurs d'écrire du code de manière efficace et sans erreurs. L'éditeur est hautement personnalisable, permettant aux utilisateurs de modifier le thème, les raccourcis clavier et d'installer des extensions pour étendre ses fonctionnalités. Grâce à son vaste écosystème d'extensions, il offre une intégration avec divers outils, services et frameworks, permettant aux développeurs de créer un environnement de développement adapté à leurs besoins spécifiques. Visual Studio Code est disponible gratuitement, distribué sous une licence propriétaire, mais avec son code source également disponible en open source sous la licence MIT.

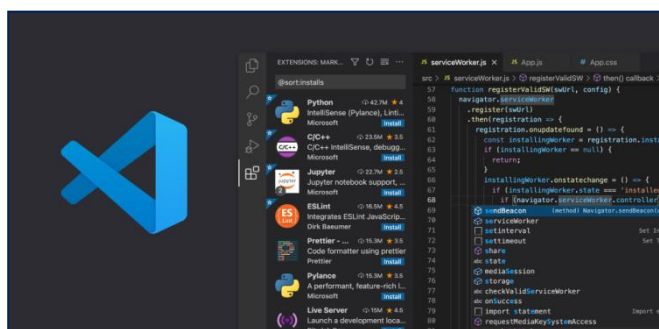


Fig III. 2: Le Programme Visual Studio Code

### III.7.2.2. Fonctionnement du Visual Studio Code

Visual Studio Code (VS Code) fonctionne en tant qu'éditeur de code source pour faciliter le développement de logiciels. Voici comment il fonctionne généralement :

1. **Installation** : Vous pouvez télécharger et installer Visual Studio Code à partir du site officiel de Microsoft. Il est disponible pour Windows, macOS et Linux.
2. **Interface utilisateur** : Lorsque vous ouvrez VS Code, vous êtes accueilli par une interface utilisateur simple et conviviale. La fenêtre principale est divisée en plusieurs zones, telles que l'explorateur de fichiers, l'éditeur de code, la barre de menus et la barre latérale. Vous pouvez également personnaliser l'interface en ajoutant ou en masquant des panneaux selon vos besoins.
3. **Création de projets** : Vous pouvez créer un nouveau projet ou ouvrir un projet existant à partir de l'explorateur de fichiers. VS Code prend en charge différents types de projets, quel que soit le langage de programmation utilisé.
4. **Édition de code** : L'éditeur de code est l'un des principaux composants de VS Code. Il offre des fonctionnalités telles que la coloration syntaxique (mise en évidence des différentes parties du code), l'auto complétion (suggestion automatique du code en fonction du contexte), la vérification de syntaxe en temps réel et la mise en évidence des erreurs.
5. **Débogage** : VS Code propose des fonctionnalités de débogage intégrées pour vous aider à identifier et à résoudre les erreurs dans votre code. Vous pouvez définir des points d'arrêt, exécuter le code pas à pas, inspecter les variables et les valeurs, et suivre l'exécution du programme pour trouver les problèmes.
6. **Extensions** : Une fonctionnalité puissante de VS Code est son écosystème d'extensions. Vous pouvez installer des extensions à partir de la place de marché de VS Code pour ajouter de nouvelles fonctionnalités, des intégrations avec des services cloud, des outils spécifiques à un langage de programmation, des thèmes personnalisés, etc. Les extensions vous permettent de personnaliser et d'adapter l'IDE à vos besoins spécifiques.
7. **Intégration avec les outils de contrôle de version** : VS Code est intégré à des systèmes de contrôle de version populaires tels que Git. Vous pouvez effectuer des opérations de gestion de version directement depuis l'interface de VS Code, notamment la gestion des branches, les validations, les comparaisons de fichiers et les poussées vers des référentiels distants.

8. **Collaboration** : VS Code offre des fonctionnalités de collaboration en temps réel, ce qui vous permet de travailler simultanément avec d'autres développeurs sur le même projet. Vous pouvez partager votre environnement de développement, éditer le code en temps réel, et communiquer via un chat intégré.

Ces étapes générales décrivent le fonctionnement de base de Visual Studio Code. Cependant, il convient de noter que VS Code est un outil très flexible et personnalisable, et vous pouvez l'adapter à vos préférences et besoins spécifiques grâce à ses nombreuses fonctionnalités et extensions.

### III.7.2.2. Définition du HTML

HTML (HyperText Markup Language) est un langage de balisage utilisé pour créer et structurer le contenu des pages web. Il s'agit de la base fondamentale de la plupart des sites internet et permet de décrire la structure et la présentation des informations présentes sur une page web. HTML utilise une syntaxe composée de balises, qui sont des éléments entourés de chevrons ("`<`" et "`>`"). Les balises permettent d'indiquer au navigateur web comment interpréter et afficher le contenu. Par exemple, la balise "`<h1>`" est utilisée pour définir un titre de niveau 1, la balise "`<p>`" est utilisée pour créer un paragraphe de texte, et la balise "`<img>`" est utilisée pour insérer une image. En utilisant HTML, vous pouvez structurer votre page web en créant des en-têtes, des paragraphes, des listes, des tableaux et bien d'autres éléments. Vous pouvez également ajouter des liens hypertexte, des images, des vidéos et d'autres médias à votre page. HTML est généralement utilisé en combinaison avec d'autres technologies web telles que CSS (Cascading Style Sheets) pour la mise en forme et le design des pages, ainsi que JavaScript pour ajouter des fonctionnalités interactives et dynamiques aux sites web.

### III.7.2.3. Définition du CSS

CSS (Cascading Style Sheets) est un langage de feuilles de style utilisé pour décrire la présentation et la mise en forme des documents HTML (et d'autres types de documents XML). Il permet de contrôler l'apparence visuelle d'une page web, en définissant des règles pour les éléments HTML, tels que les couleurs, les polices, les marges, les bordures, les arrière-plans et bien d'autres propriétés. Avec CSS, vous pouvez définir des sélecteurs qui ciblent spécifiquement certains éléments HTML et leur appliquer des styles personnalisés. Par exemple, vous pouvez sélectionner tous les titres de niveau 1 ("`<h1>`") et leur attribuer une couleur spécifique, une taille de police plus grande et une marge supplémentaire. De même,

vous pouvez sélectionner tous les paragraphes ("`<p>`") et leur donner une police différente, un espacement de ligne spécifique et une bordure.CSS fonctionne en utilisant une syntaxe composée de sélecteurs et de déclarations. Les sélecteurs identifient les éléments HTML auxquels les styles doivent être appliqués, tandis que les déclarations définissent les propriétés et les valeurs qui contrôlent l'apparence de ces éléments. En séparant le contenu (HTML) de la présentation (CSS), vous pouvez apporter des modifications de style cohérentes et rapides à l'ensemble de votre site web en modifiant simplement les règles CSS, sans avoir à modifier chaque élément individuellement.

### **III.7.2. 4. Définition du Js**

JS (JavaScript) est un langage de programmation polyvalent et interprété, principalement utilisé pour le développement web. Il permet d'ajouter des fonctionnalités interactives et dynamiques aux pages web, en manipulant le contenu, le comportement et l'apparence des éléments HTML et CSS. JavaScript peut être exécuté côté client, directement dans le navigateur web de l'utilisateur, ou côté serveur, à l'aide de plateformes telles que Node.js. Il est largement utilisé pour la création d'effets visuels, de fonctionnalités interactives, de formulaires dynamiques, de contrôles de médias, de jeux et bien plus encore. Le langage JavaScript repose sur une syntaxe similaire à celle d'autres langages de programmation, ce qui facilite son apprentissage pour ceux qui ont déjà des connaissances en programmation. Il prend en charge les concepts de base tels que les variables, les boucles, les conditions, les fonctions, les tableaux, les objets, grâce à JavaScript, vous pouvez réagir aux actions de l'utilisateur, telles que les clics de souris, les soumissions de formulaires, les survols d'éléments, et modifier dynamiquement le contenu d'une page en utilisant le DOM (Document Object Model). Vous pouvez également effectuer des requêtes réseau, interagir avec des API, stocker et récupérer des données localement dans le navigateur, et bien d'autres opérations. JavaScript est souvent utilisé en combinaison avec HTML et CSS pour créer des applications web interactives et réactives. Il est également utilisé



dans de nombreux frameworks et bibliothèques populaires tels que React, Angular et Vue.js, qui facilitent le développement d'applications web complexes.

### III.8. Présentation quelques interfaces d'une application mobile

#### III.8.1. Page d'accueil

C'est la première page qui s'affiche au lancement de l'application, le visiteur aura le choix entre l'inscription autant qu'utilisateur, ou bien s'il est déjà inscrit il pourra se connecter



**Fig III. 3:** interface de la page d'accueil.

#### III.8.2. Page d'inscription et d'authentification de l'utilisateur

Sur cette interface, l'utilisateur doit saisir ses informations personnelles plus un mot de passe et sa confirmation et clique sur le bouton « s'inscrire ». Si les informations sont correctes, il accède à son compte

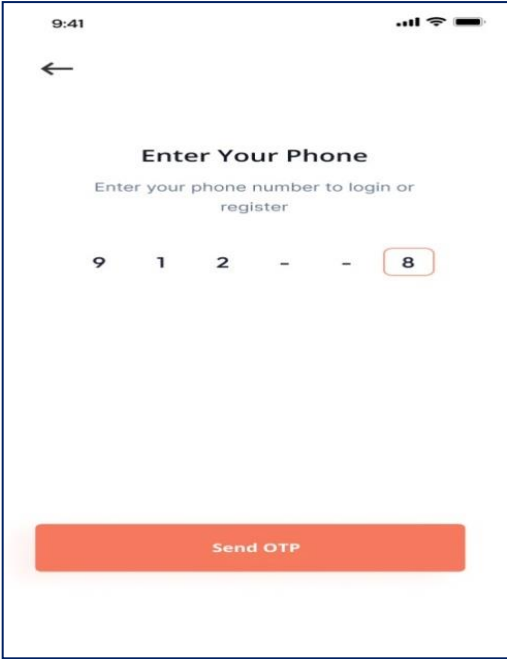


Fig III. 4: Interface d’inscription de l’utilisateur

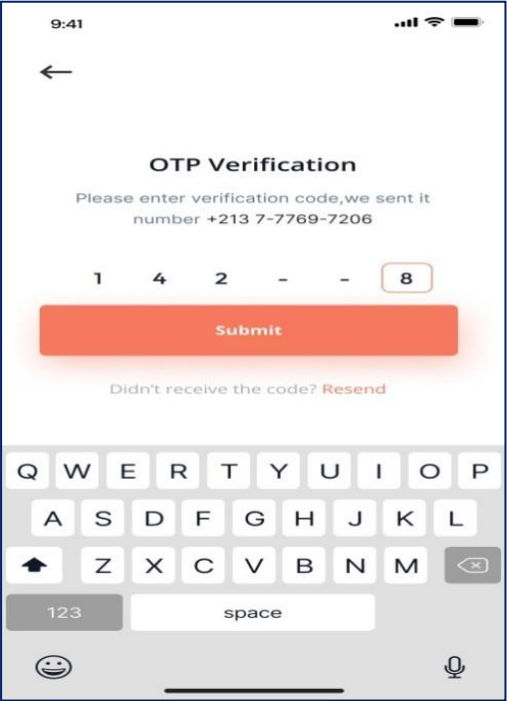


Fig III. 5: Interface d’inscription de l’utilisateur

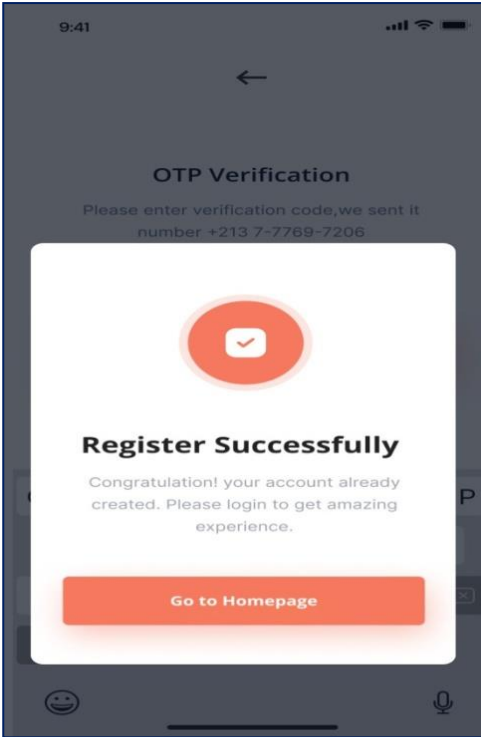


Fig III. 6: Interface de réussite OTP verification

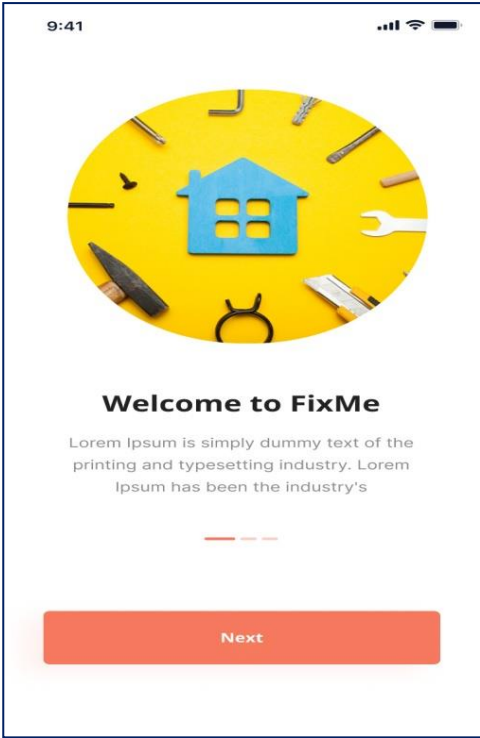


Fig III. 7: Interface de bienvenue de l'application

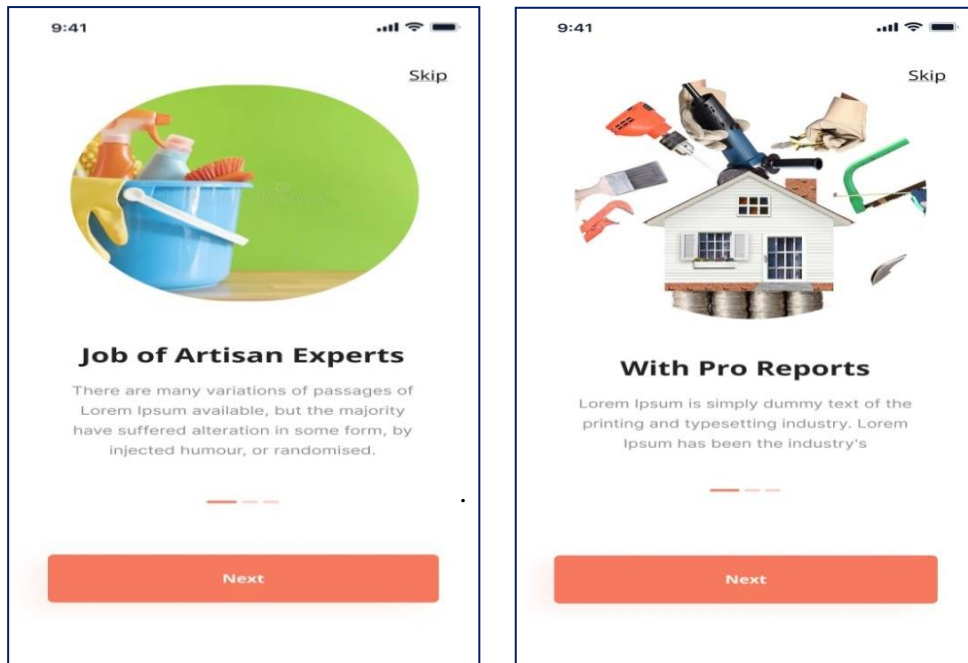


Fig III. 8: Interface de contenu de l'application.

### III.8.3.L'interface de Liste déroulante (Dropdown List)

Une liste déroulante est une interface qui présente aux utilisateurs une liste d'options parmi lesquelles ils peuvent choisir en cliquant sur une flèche pour afficher les options disponibles.

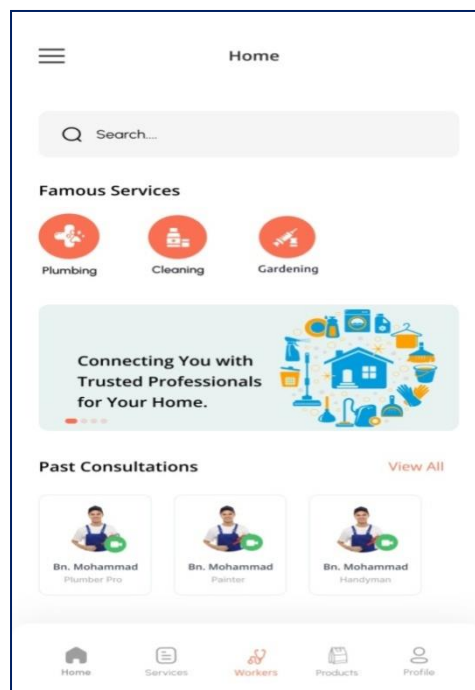


Fig III. 9:L'interface de Liste déroulante (home)

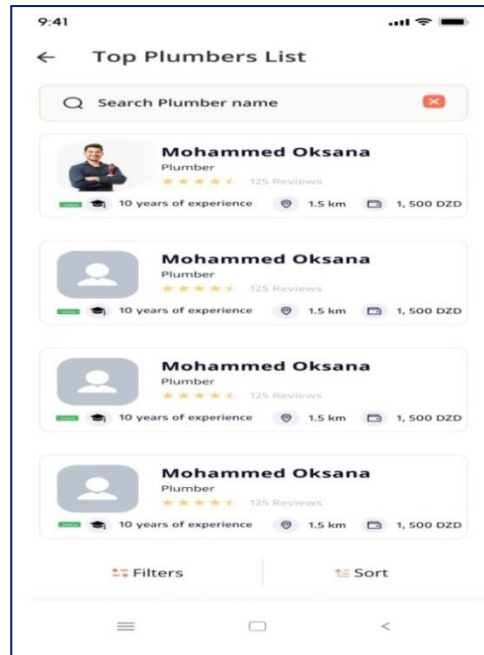


Fig III. 10:L’interface de Liste déroulante (List plombier)

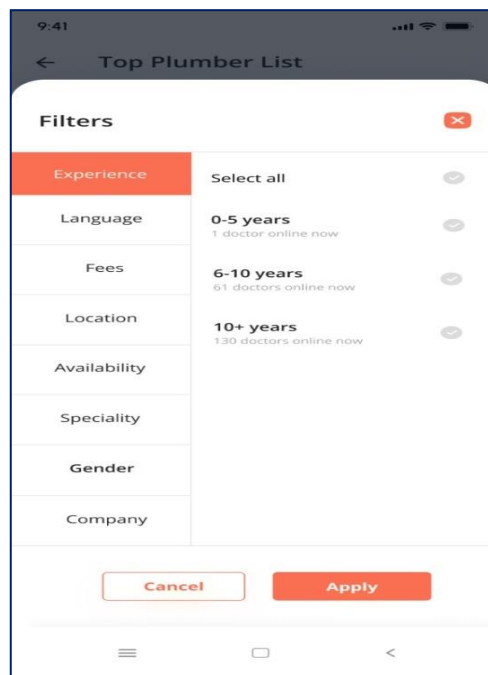


Fig III. 11:L’interface des informations sur les Plombiers

### III.9. Présentation quelques interfaces d'une application web

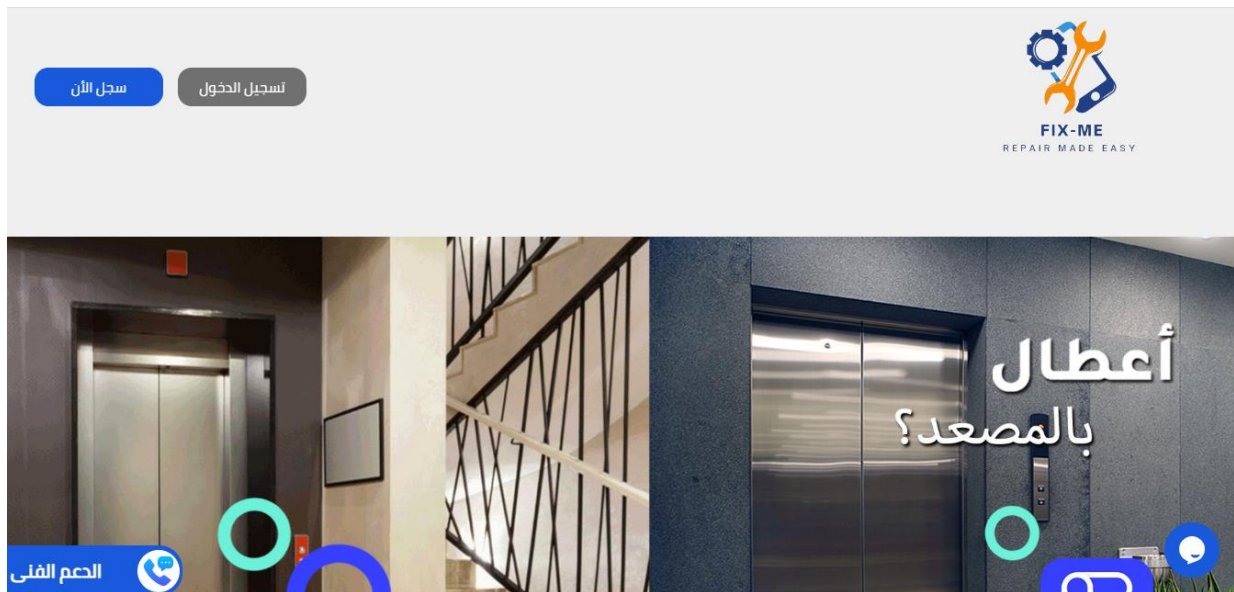


Fig III. 12: Interface d'inscription de de l'application web

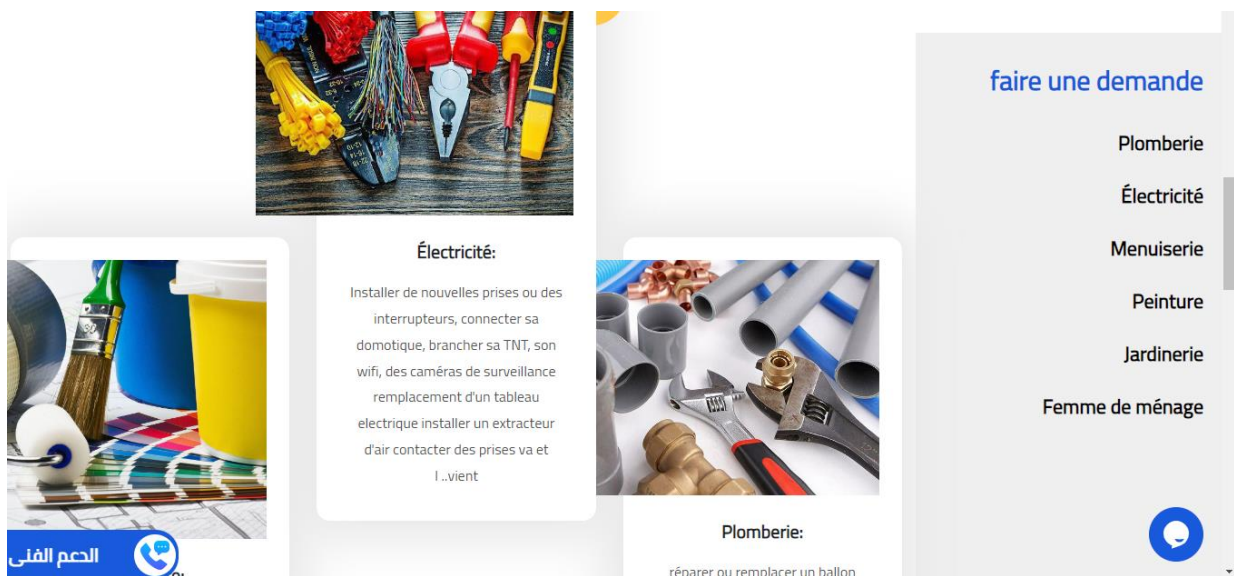


Fig III. 1 3: L'interface de Liste déroulante de l'application web



### **III.9.Conclusion**

Ce chapitre consacré à l'application " Fix -me 1.0" met en évidence son rôle crucial en tant que plateforme reliant les réparateur et les propriétaires de matériel. Nous avons exploré l'importance de cette application ainsi que son mode de fonctionnement, en mettant en évidence les moyens utilisés pour la rendre opérationnelle.



# *Conclusion Général*

### Conclusion générale

Le travail réalisé dans ce mémoire de fin d'étude revêt une grande importance tant sur le plan académique que sur le plan pratique dans le domaine de la maintenance industrielle.

Nous avons proposé une plateforme de la maintenance industrielle, cette plateforme est composée d'une application (encours de développement) et un site web de services liées à la maintenance des équipements.

Cette application facilite la communication, la coordination et la résolution rapide des problèmes, en utilisant les technologies modernes pour rationaliser le processus de réparation.

L'application "Fix-me" démontre l'importance de l'intégration des technologies dans le domaine de la maintenance industrielle, en offrant une solution pratique pour améliorer l'efficacité opérationnelle, réduire les temps d'arrêt et augmenter la satisfaction des propriétaires d'appareils et des artisans.

Ce travail offre des perspectives suivantes :

- Développement de l'application mobile Fixe-me par des langages de programmation récent.
- Amélioration de site de service-web de maintenance proposée, avec l'addition d'autres fonctionnalités.
- Etude de marché sur l'importance de cette plateforme de service dans la vie quotidienne et aussi dans les entreprises industrielles.
- Ce projet innovant est encours de développement pour un start-up.

*Références*

*Bibliographiques*

## Références bibliographiques

- [1] F. Monchy et J. P. Vernier, « méthodes et organisations pour une meilleure productivité. Edition Dunod », Paris 2012,
- [2] Alain Boulenger, « maintenance conditionnelle », France, 2008.
- [3] Iset Nabeul « Introduction à la maintenance chapitre 1-approche de la maintenance industrielle », 2013-2014
- [4] Berrichi. A, Thèse de doctorat « La gestion à deux niveaux avec optimisation de la production et de la maintenance sous diverses contraintes : cas mono et multicritère », l'université Mohamed Bouguara de Boumerdès (UMBB), Algérie, 2009
- [5] M. Benali Madjid et M. Hassad Djamel, Mémoire de fin d'étude « Conception d'un logiciel de GMAO » Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou, 2022
- [6] Mamar Abdelmalek et Skhara Riadh Mémoire de fin d'étude « Concasseurs et broyeurs : Types et maintenance » , Université Mohamed Boudiaf M'sila , 2020
- [7] Mahfoud Brahim, Mémoire de fin d'étude « Analyse De La Fonction Maintenance A L'unité Tss – Sider Annaba » , Université Badji Mokhtar Annaba, 2017
- [8] Jérémy Llaurens , thèse de doctorat « Mise en place d'un plan de maintenance préventive sur un site de production pharmaceutique » , Université Joseph Fourier , 2011
- [9] Meraghni Safa, thèse de doctorat « La maintenance prédictive dans les usines intelligentes » Université Mohamed Khider Biskra , 2021
- [10] Allel Reda et BENOTMANE Abderrahmane « Mise en place d'un système de maintenance industrielle 4.0 (logiciel ERP) au niveau de la CI-Tiaret » ; Département de Génie Mécanique Université Ibn Khaldoun de Tiaret , 2021
- [11] Moumeni Chaouki, Mémoire de fin d'étude « Mise En Place D'un Systeme De Gestion Des Documents Au Niveau Des Services De Maintenance Du Mre (Atcx – Mittal Steel-Annaba) » , Département Electromécanique , Université Badji Mokhtar – Annaba , 2006
- [12] Medfouni Hayet , Mémoire de fin d'étude « Validation de clustering des données dans un contexte Big Data » Département des Mathématiques et Informatique , Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi ; 2018
- [13] Admam Mehdi et Boudiba Fouzi, Mémoire de fin d'étude « La réalité Augmentée & Incrustation d'objets virtuels dans une séquence vidéo » Département d'informatique et mathématique , Université Larbi Ben M'Hidi Oum El Bouaghi, 2016

- [14] RahmaniRokia Mémoire de fin d'étude « Les dossiers médicaux sur Blockchain. » Département d'informatique, Université Mohamed Khider – BISKRA ,2021
- [15] BouterfaSarahet HADIDZahia,Mémoire de fin d'étude « Conception et réalisation d'une application mobile multiplateformes pour le transport routier de personnes et de marchandises en temps réel. » Departement D'informatique, Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou, 2016
- [16] Willmott, P. (1994). « TPM - A Route to World-Class Performance. Productivity Pres.
- [17] Stamatis, D. H. (2019). « Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution. ASQ Quality Press.
- [18] Palmer, D. (2013). « Maintenance Planning and Scheduling Handbook ». McGraw-Hill Education.
- [19]Moubray, J. (1997). Reliability-Centered Maintenance. Industrial Press.
- [20]Mayringer, G., & Reisinger, G. (2020). Augmented Reality for Maintenance and Repair. Springer.
- [21]<https://www.choisirmonerp.com/erp/definition-d-un-erp>[Consulté le : 14-04- 2023].
- [22]<https://www.sap.com/products/enterprise-management-erp/maintenance.html>, [Consulté le : 04 - 03 -2023]
- [23]<https://www.oracle.com/applications/erp/products/erp-cloud/asset-management/> [Consulté le : 14 -04- 2023].
- [24]<https://dynamics.microsoft.com/en-us/supply-chain-management/overview/> [Consulté le : 14 -03- 2023].
- [25]<https://www.infor.com/en-gb/products/cloudsuite-eam>[Consulté le : 14 -04- 2023].
- [26]<https://www.ifs.com/products/ifs-maintenix/> [Consulté le : 08-04- 2023].
- [27]<https://www.picomto.com/a-propos/> [Consulté le : 09-03- 2023].
- [28]<https://www.ibm.com/products/maximo-anywhere>[Consulté le : 012-04- 2023].
- [29]<https://www.emaint.com/cmms/mobile/>[Consulté le : 05-04- 2023].
- [30]<https://www.fiixsoftware.com/fr/logiciel-de-gestion-de-maintenance/une-application-mobile-pour-la-gestion-de-la-maintenance/> [Consulté le : 08-04- 2023].

## Références bibliographique

---

[31]<https://www.onupkeep.com/> [Consulté le : 08-04- 2023].

[32]<https://www.dudesolutions.com/solutions/maintenance-management/mobile-cmms>

[Consulté le : 12-04- 2023].

[33]Pascal Roques , livre « UML 2 par la pratique »

