الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي – تبسة
Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi – Tébessa
معـــــــهد المـــــناجم
Institut des Mines
قسم المناجم و الجيوتكنولوجيا
Département Mines Et Géotechnologie

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Électromécanique

Option : Maintenance Industrielle

Etude de l'influence d'application d'une stratégie de maintenance (AFB-AFP) sur la productivité d'une mine a ciel ouvert (cas demine d'ELOUNZA)

Par

GUENNEZ Isra **et** BOUCETTA Riham

Devant le jury :

Taleb Monia	**Président**	MCA	Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi – Tébessa
Houam Ala	**Encadreur**	MCA	Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi – Tébessa
ZaamouchFares	**Examinateur**	MCA	Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi – Tébessa

Année universitaire 2024/2025


بسم الله الرحمن الرحيم

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

مؤسسة التعليم العالي : جامعة العربي التبسي – تبسة

تصريح شرفي
خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لانجاز بحث

أنا الممضي أدناه،

السيد (ة)..... الصفة : طالب، أستاذ باحث، باحث دائم : .....

الحامل لبطاقة التعريف الوطنية رقم : ..... و الصادرة بتاريخ .....

المسجل بمعهد ..... قسم.....

و المكلف بانجاز أعمال بحث (مذكرة التخرج، مذكرة ماستر، مذكرة ماجستير، أطروحة دكتوراه)، عنوانها :

.....

.....

.....

أصرح بشرفي أني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية و المنهجية و معايير الأخلاقيات المهنية و النزاهة الأكاديمية المطلوبة في انجاز البحث المذكور أعلاه.

التاريخ:.....

إمضاء المعني (ة)

نظرة المصادقة على إمضاء
السيد .....
بوعضرة في : 02 جوان 2025
رئيس المجلس الشعبي البلدي

رئيس المجلس الشعبي البلدي
وبتفويض منه العون
إمضاء

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

مؤسسة التعليم العالي: جامعة العربي التبسي – تبسة

تصريح شرفي
خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لانجاز بحث

أنا الممضي أدناه،

السيد (ة): بوستة ريهام الصفة: طالبة
الحامل(ة): لبطاقة التعريف الوطنية رقم: 413945362 الصادرة بتاريخ: 2025.01.06
المسجل(ة): بمعهد المناجم قسم: الالكتروميكانيك

والمكلف بإنجاز أعمال بحث (مذكرة التخرج، مذكرة ماستر، مذكرة ماجستير، أطروحة دكتوراه)، عنوانها:

Etude de l'influence d'application d'une stratégie de maintenance (AFP-AFB) sur la productivité d'une mine à ciel ouvert (cas de la mine d'ELOUENZA).

أصرح بشرفي أني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية والمنهجية ومعايير الأخلاقيات المهنية والنزاهة الأكاديمية المطلوبة في انجاز البحث المذكور أعلاه.

التاريخ: 02 جوان 2025

إمضاء المعني (ة)

Remercîment

Avant d'entamer notre présentation, nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude à Allah, le Tout-Puissant, qui nous a guidées et soutenus jusqu'à ce stade avancé de notre parcours académique, et qui a facilité notre chemin pour être parmi vous aujourd'hui afin de défendre notre mémoire.

- Nous souhaitons la bienvenue aux membres du jury et les remercions sincèrement pour leur présence et pour l'intérêt qu'ils accordent à notre travail.

- Nos remerciements les plus chaleureux vont à l'ensemble des travailleurs de la mine de Ouenza, sans exception, pour leur accueil, leur collaboration, leurs efforts et les précieux conseils qu'ils nous ont prodigués tout au long de notre stage pratique.
- Nous exprimons également notre profonde reconnaissance à notre encadreur, **Alaa Houam**, pour son accompagnement, ses orientations pertinentes et son engagement constant qui ont largement contribué à la réalisation de ce travail.

- Nous ne saurions oublier nos éminents enseignants : **Taleb Monia, Zaamouche Fares, Aoulmi Zoubir, Massaoud El Wafi, Moghrani Redhouane**, ainsi que l'ensemble des enseignants de l'institut, à qui nous devons notre réussite. Que Dieu vous récompense pour vos efforts inlassables et fasse de vous une source d'inspiration pour les générations futures.

Dédicace

Louange à Allah pour la douceur de l'accomplissement, louange à Lui au début comme à la fin…
Je remercie Allah, le Tout-Puissant, qui m'a donné la force et m'a aidée à achever mon parcours universitaire.

Je dédie ce travail **:**

À la forme la plus noble de don humain : mes chers parents, à qui j'offre le fruit de mes efforts représenté par cette humble recherche.

- À ma mère aimante, ce refuge chaleureux qui ne m'a jamais abandonnée, ma chère maman, tu es pour moi un symbole de la femme forte et persévérante. Qu'Allah te protège, te comble de santé, de longue vie et de bonheur.
- À mon père, dont je porte fièrement le nom, je suis si fière d'être ta fille et d'avoir pu, au final, réaliser ce que tu espérais de moi. Mon cher papa, j'espère que tu trouveras dans ce travail modeste le fruit de tes sacrifices, ainsi qu'une profonde expression de mon amour et de ma gratitude envers toi. Qu'Allah te protège et t'accorde santé, longue vie et bonheur.

- À ma chère petite sœur **Maysoon**, et à mes frères **Tamer** et **Djihad**, Ô Allah, mes frères et sœurs sont tout ce que je possède dans cette vie, protège-les pour moi et accorde-leur le bonheur.

- À ma chère tante Saliha, رحمها الله.

- À **Israa**, mon amie et sœur qui a partagé avec moi cet accomplissement du début à la fin. Tu as été un exemple de loyauté et de véritable amitié dans ce modeste travail. Je te remercie pour tout ce que tu m'as offert, tu n'as jamais hésité à me consacrer ton temps ni ton énergie.

- À mes plus chers amis : **Israa (g), Israa(b), Alia, Hadil, Hanine et manel**

À tous les professeurs de l'institut, en particulier mon encadrant Monsieur **Alaa Houam**, qui m'a accompagnée tout au long de l'année. Je vous dédie une part de cette réussite en reconnaissance de vos efforts et de vos précieux conseils. Je vous adresse toute ma gratitude pour le temps et les efforts que vous avez consacrés à l'élaboration de ce travail.

RIHAM BOUCETTA

Dédicace

Louange à Dieu, grâce à Son aide, j'ai pu accomplir ce travail.

Je dédie ce travail à ceux qui m'ont appris les premières lettres de la vie, à ceux qui ont veillé des nuits entières pour moi, à ceux qui ont toujours été mon soutien dans toutes les étapes de ma vie : à ma mère et à mon père.

- À mes chers frères et sœurs, vous êtes mon véritable appui et ma compagnie sincère.
- À celles qui m'ont offert leur soutien et ont été une source de réconfort et de douceur : mes chères tantes **Nawel** et **Loubna.**
- A tous ceux qui m'ont soutenu et encourage, je présente ce travail. Merci **Mariam**
- À ma tante **Hniya**, qui était proche de mon cœur par sa tendresse et ses prières.
- À mes précieuses amies **Hadil**, **Alia, Hanine**, **Riham et manel** : vous avez été la lumière qui a rendu ce chemin plus facile et plus beau.

J'ai ri avec vous de tout cœur, et partagé des moments de fatigue et de joie inoubliables. Merci pour chaque instant sincère que nous avons vécu ensemble.

- À **Riham**, mon amie et partenaire de ce parcours, qui m'a soutenue à chaque étape. Nous avons partagé la fatigue, les idées et même les inquiétudes. Ta présence à mes côtés a été d'un immense soutien.

- À mes camarades d'université et à toute ma promotion, avec qui j'ai partagé les rires et les efforts : je vous dédie aussi ce couronnement.

- Je dédie également ce projet à mon professeur encadrant, Monsieur **Alaa Houam**, qui n'a cessé de nous guider, soutenir et encourager. Je vous adresse toute ma gratitude et mon respect pour le temps et les efforts que vous avez consacrés à la réalisation de ce travail.

- À mon amie Dina, merci pour ton soutien.

- Je tiens aussi à exprimer ma profonde reconnaissance à tous mes enseignants, à chaque étape de ma vie. Vous m'avez transmis votre savoir, guidée et soutenue, et cela a grandement contribué à cet accomplissement. Recevez l'expression de ma plus haute considération et de mes remerciements les plus sincères.

GUENNEZ ISRA

Sommaire

	Introduction Générale	1
	Chapitre I: Notions Sur La Maintenance	
I.1	Introduction	4
I.2	Définition de la maintenance	4
I.3	fonctions de la maintenance	4
I.4	Objectifs de la maintenance	4
I.5	Types de la maintenance	5
I.5.1	Maintenance préventive	6
I.5.1.1	Objectifs de la maintenance Préventive	6
I.5.1.1.1	Maintenance préventive conditionnelle	7
I.5.1.1.2	Maintenance préventive systématique	7
I.5.1.1.3	Maintenance prévisionnelle	7
I.5.2	Maintenance corrective	7
I.5.2.1	Objectifs de la maintenance corrective	8
I.5.2.2	Maintenance palliative	8
I.5.2.3	Maintenance curative	9
I.5.3	Maintenance industrielle prédictive	9
I.6	Opérations de la maintenance	9
I.7	niveaux de la maintenance	10
I.8	Politiques de la maintenance dans l'entreprise	10
I.9	Sureté De Fonctionnement	11
I.9.1	Définition de la fiabilité	11
I.9.2	Définition de La Disponibilité	12
I.9.3	Définition de La Maintenabilité	12
I.9.4	sécurité	12
I.10	Outils de diagnostic pour la maintenance industrielle	13
I.11	Communication dans le service maintenance	14
I.12	L'importance de la maintenance industrielle pour la réduction des coûts de production	15
I.13	Conclusion	15

Chapitre II : Analyse Fonctionnelle Et Ordonnancement		
II.1	Introduction	18
II.2	Analyse fonctionnelle	18
II.2.1.1	Types d'analyse fonctionnelle	19
II.2.1.1.1	Analyse fonctionnelle externe	19
II.2.1.1.1.1	Analyse des besoins	19
II.2.1.1.1.2	Analyse fonctionnelle des besoins	20

II.2.1.1.1.3	Cahier des charges fonctionnel	20
II.2.1.2.	Analyse fonctionnelle interne	20
II.2.1.2.1	Analyse fonctionnelle technique	21
II.3	Planification et Ordonnancement	22
II.3.1	Planification	22
II.3.1.1	Planification Stratégique	22
II.3.1.2	Planification Tactique	22
II.3.1.3	Planification opérationnelle	23
II.3.2	Ordonnancement	23
II.3.2.1	Fonctions de L'ordonnancement	23
II.3.2.2	Etapes de l'ordonnancement	23
II.3.2.3	Niveaux de L'ordonnancement	23
II.3.2.4	Méthodes 'ordonnancement	24
II.3.2.4.1.1	Méthode PERT	25
II.3.2.4.1.2	Etapes de création d'un diagramme PERT	25
II.3.2.4.1.3	Règles d'analyse structurelle de la méthode PERT	28
II.3.2.4.2	Utilité de la méthode PERT	28
II.3.2.4.2.1	Méthode GANTT	29
II.3.2.4.2.2	Etapes de création d'un diagramme GANTT	29
II.3.2.4.2.3	Utilité de la méthode GANTT	30
II.3.2.4.3	Méthode MPM	30
II.4	Conclusion	31
Chapitre III : Application des techniques de Planification Pert et Gantt à la mine de l'Ouenza		
III.1	Introduction	33
III.2	présentation de la mine de l'Ouenza	33
III.3	Présentation de SONAREM SPA	34
III.4	Nature du gisement	35
III.5	Structure de maintenance au sein de la mine de l'Ouenza	36
III.5.1	Le Département Maintenance	36
III.6	Parc des engins miniers	37
III.7	Analyse comparative des machines de chargement utilisées dans le secteur minier	38
III.8	Etude duchargeuse Caterpillar 990k et analyse de pannes	38
III.8.1	Caractéristiques techniques principales	39
III.8.2	Pannes courantes et leur impact sur la production	39
III.8.3	Classification des pannes sur le Caterpillar 990k	41
III.8.4	Analyse et diagnostic des pannes du Caterpillar 990k basés sur les expériences de maintenance sur le terrain	43
III.8.4.1	problèmes identifiés lors du diagnostic	43
III.9	Application de la méthode PERT à la maintenance du Caterpillar 990k	44
III.10	Application de la méthode Gantt la maintenance du Caterpillar 990k	50
III.10.1	Élaboration du réseau GANTT	51

III.11	La différence entre les deux méthodes PERT et GANTT	52
III.12	Conclusion	53
	Conclusion générales	
	Bibliographique	
	Annexes tableaux	

LISTE DES FIGURES

I.1	Objectifs de la maintenance	5
I.2	Formes de la maintenance	5
I.3	Classification de la défaillance en fonction du niveau d'information	6
I.4	Types de la maintenance préventive	6
I.5	Intervention de préventive	7
I.6	Types de la maintenance corrective	8
I.7	Intervention de corrective	8
I.8	Types de politiques dans une entreprise	11
I.9	Courbe de la baignoire	12
I.10	Relation entre la disponibilité, la fiabilité et Maintenabilité	12
I.11	SURETE DE FONCTIONNEMENT	13
I.12	Les outils de diagnostic de maintenance	14
I.13	Communication au sein du service de maintenance (intervention corrective)	15
II.1	Schéma descriptif de l'analyse fonctionnelle	18
II.2	Etapes de l'analyse fonctionnelle externe	19
II.3	diagramme de Bête à cornes.	19
II.4	Diagramme de Pieuvre	20
II.5	Diagramme SADT	21
II.6	Diagramme FAST	21
II.7	Types de planification	22
II.8	Etapes de l'ordonnancement	24
II.9	Courbe des temps correspondant à une tâche	25
II.10	Réseau des tâches	26
II.11	Dates au plus tôt des tâches	26
II.12	Dates au plus tard des tâches	27
II.13	Chemin critique	27
II.14	Règle d'enclenchement	28
II.15	Règle de convergence	28
II.16	Règle de divergence	28
II.17	Diagramme de GANTT	30
II.18	diagramme MPM	31
III.1	Procédure d'exploitation	36
III.2	Organisation de la Division maintenance	37
III.3	Chargeuse Caterpillar 990K	39
III.4	Diagramme de Pareto des Chargeuse CAT990 K	43
III.5	Diagramme de PERT des Chargeuse CAT990K	47
III.6	Diagramme de PERT des Chargeuse CAT990K (draw.io)	48
III.7	Diagramme de PERT des Chargeuse CAT990K chemin critique (draw.io)	49
III.8	Diagramme de GANTT des Chargeuse CAT990 K	50
III.9	Diagramme de GANTT des Chargeuse CAT990 K (instagantt)	51
III.10	Diagramme de GANTT des Chargeuse CAT990 K chemin critique	51

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I: Notions Sur La Maintenance		
I.1	Opérations de la maintenance	9
I.2	Niveaux de la maintenance	10
Chapitre II : Analyse Fonctionnelle Et Ordonnancement		
II.1	Les cinq niveaux d'ordonnancement en maintenance	24
II.2	Tâche estimés	26
II.3	Marges libres et les marges totales des tâches	27
Chapitre III : Application des techniques de Planification Pert et Gantt à la mine de l'Ouenza		
III.1	Présentation de la mine	34
III.2	Les engins disponibles au niveau la mine d'Ouenza	37
III.3	Moyens de chargement à la mine d'El Ouenza	38
III.4	Caractéristiques La chargeuse 990K	39
III.5	Performance de Caterpillar 990K Dans Un année	41
III.6	Classification des pannes sur le Caterpillar 990k	42
III.7	Résultats de la classification des pannes selon la méthode de PARETO	42
III.8	Des Tâches et Structuration du projet	44
III.9	Tableau des données d'entrée	45
III.10	Élaboration du réseau PERT	46
III.11	Le planning basé sur la méthode PERT	47
III.12	Élaboration du réseau GNATT	50

Liste des abréviations

AFP : Analyse Fonctionnelle du Produit

AFB : Analyse Fonctionnelle du Besoin

AFNOR : Association Française de normalisation

TBF : Temps Moyen de Bon Fonctionnement

TA : Temps d'arrêts

D : Disponibilité

MTTR : Temps Moyen de Réparation

MTBF : Moyennes de temps Bon Fonctionnement(Mean time betweenfailure**)**

AF : Analyse Fonctionnel

CDCF : Chaierdes charge fonctionnelle(Functional Specification Document)

AFT : Analyse Fonctionnelle Technique **(**Technical Functional Analysis)

FT : Fonction Technique

FS : Fonction Service

ST : Solution Technique

SADT : Technique d'Analyse et de Conception Structurée (Structured Analysis and Design Technique)

FAST : Technique d'Analyse Systématique des Fonctions (Functional Analysis System Technique)

W : Contraintes d'energies

C : Contraintes de configuration

R : Contraintes de réglages

E : Contraintes d'exploitation

PERT : Program Evaluation and Review Technic

MPM : Méthode des Potentiels Métra

SPA : Société par action

MFE : Mines de Fer de l'Ouenza

ISPAT : International Steel Products and Technologies

MRO/C : Matériel roulent cariérr

ATC : Atelir centre

Tdis : taux de disponibilitée

H dis : Heure disponibilitée

H M : Heure de maintenance

HP : Heure de panne

Cat : Caterpiller

Introduction Générale

Introduction Générale

La problématique de la maintenance est l'un des enjeux majeurs de la gestion des systèmes de production industriels. Les plannings de maintenance des équipements en service dans les différents secteurs minier jouent un rôle central et se retrouve ainsi au cœur des schémas économiques visant à allonger la durée de vie et la réemployabilité tels que l'économie circulaire. Ces plannings regroupent les opérations de maintenance a effectuer à intervalles réguliers et indiquent les âges préconisés pour chaque composant des équipements en exploitation.[1]

Vu l'importance du processus maintenance [2] et de son impact sur les performances des équipements on fait recours aux méthodes d'organisation et de planification qui permettent de construire ou à modifier les stratégies de maintenance. Pour atteindre les objectifs de la maintenance efficace qui sont en premier lieu permet de limiter les pannes et les dysfonctionnements de l'équipement, et ainsi d'en améliorer la disponibilité et le niveau de service.[3] Généralement, ces méthodes commencent par sa division en plusieurs étapes, son estimation de la durée, l'identification de leur séquence (y compris celles pouvant être réalisées en parallèle) et l'allocation des ressources (financières et humaines). Enfin, cette organisation est modélisée à partir d'un document opérationnel partagé par tous les acteurs concernés.

Différentes méthodes sont utilisées pour planifier le processus de développement. Pour analyser les dates de début et de fin de mise en œuvre du projet, les méthodes de planification de réseau sont utilisées. Ces méthodes intègrent toutes les étapes du projet, permettant ainsi d'en déterminer la durée totale [4].

Les méthodes PERT, Gantt et MPM sont les plus utilisée; dont PERT est une méthode de planification axée sur les tâches et leurs dépendances, [5] tandis que Gantt est une méthode de planification graphique qui visualise la durée des tâches et leurs séquences. [6] La MPM est une approche spécifique à la planification des projets, en particulier pour les projets de construction.[7] Donc, l'objectif de la planification est toujours l'optimisation des décisions à prendre. Aucune entreprise qui veut réussir à long terme ne peut se passer d'une planification systématique.

Ce travail vise a réduire le temps de maintenance d'une machine de chargement sur pneu de type CATERPILLAR 990 k travaille dans les conditions de la mine d'el-Ouenza par l'application de deux techniques de planification qui sont PERT et GANTT.

Cette étude sera subdivisée en trois chapitres :

Dans le premier chapitre nous présenterons un aperçue sur la maintenance en se concentrons sur les types, les niveaux et différentes politiques de maintenance.

Dans le deuxième chapitre (**Analyse fonctionnelle et ordonnancement)** nous aborderons deux sujets principaux dans le domaine de la gestion de projets et nous explorerons la relation qui les lie : l'analyse fonctionnelle et l'ordonnancement des tâches.

Le troisième chapitre (Application des techniques de Planification Pert et Gantt sur la chargeuse CAT 990K dans les conditions de la mines d'El-Ouenza) : comprend la partie d'application, résultats et discussion

Nous terminons ce travail par une **conclusion**, nous présentons une synthèse des résultats.

	Chapitre I: Notions Sur La Maintenance	
I.1	Introduction	**4**
I.2	Définition de la maintenance	**4**
I.3	fonctions de la maintenance	**4**
I.4	Objectifs de la maintenance	**4**
I.5	Types de la maintenance	**5**
I.5.1	Maintenance préventive	**6**
I.5.1.1	Objectifs de la maintenance Préventive	**6**
I.5.1.1.1	Maintenance préventive conditionnelle	**7**
I.5.1.1.2	Maintenance préventive systématique	**7**
I.5.1.1.3	Maintenance prévisionnelle	**7**
I.5.2	Maintenance corrective	**7**
I.5.2.1	Objectifs de la maintenance corrective	**8**
I.5.2.2	Maintenance palliative	**8**
I.5.2.3	Maintenance curative	**9**
I.5.3	Maintenance industrielle prédictive	**9**
I.6	Opérations de la maintenance	**9**
I.7	niveaux de la maintenance:	**10**
I.8	Politiques de la maintenance dans l'entreprise	**10**
I.9	Sureté De Fonctionnement	**11**
I.9.1	Définition de la fiabilité	**11**
I.9.2	Définition de La Disponibilité	**12**
I.9.3	Définition de La Maintenabilité	**12**
I.9.4	sécurité	**12**
I.10	Outils de diagnostic pour la maintenance industrielle	**13**
I.11	Communication dans le service maintenance :	**14**
I.12	L'importance de la maintenance industrielle pour la réduction des coûts de production	**15**
I.13	Conclusion	**15**

I.1.Introduction:

La maintenance est l'un des domaines complexes qui empêchent les activités des processus d'être à jour et de suivre dans les usines. Elle a pour but de garantir le bon fonctionnement des équipements et des machines à la limite de leur efficacité et de leur état, et ainsi pour améliorer la productivité et minimiser les incidents qui peuvent arrêter le travail sur les lieux et par conséquent, il devient possible pour l'entreprise d'établir une concurrence et d'assurer l'efficience et l'efficacité de ses processus de production. **[8]**

I.2. Définition de la maintenance :

La maintenance consiste à entretenir les machines, les moteurs, les outils et les équipements, et à les maintenir en bon état tout au long de leur durée de vie. Elle englobe tous les travaux effectués pour réparer ou entretenir les actifs fixes et les rendre aptes à fonctionner avec une haute efficacité. **[9]**

Selon la norme AFNOR : La maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de Management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise**. [10]**

I.3.Fonctions de la maintenance :

La fonction maintenance à pour but d'assurer la disponibilité optimale des installations de production et de leurs annexes, impliquant un minimum économique de temps d'arrêt. Jugée pendant longtemps comme une fonction secondaire entraînant une perte d'argent inévitable, la fonction maintenance est en général, assimilée à la fonction dépannage et réparation d'équipements soumis à usage et vieillissement**. [11]**

I.4.Objectifs de la maintenance :

La maintenance a pour objectif principal le zéro panne, c'est –à-dire garantir la continuité des équipements et des outils de production.

Objectifs de la maintenance						
Réduction des couts et fiabilité maximale	Responsabilisation de l'opérateur	Amélioration des performances et qualité de fabrication	proposition de solutions contre les défaillances répétitives	Accroissement des compétences , savoir -faire et sécurité des opérateurs	Alléger le service maintenance des taches simples	matrise des ressources : humaines , matérielles ,financiéres

Figure I.1. Objectifs de la maintenance

I.5. Formes de la maintenance:

Le terme « activités de maintenance industrielle » fait référence aux processus visant à prendre soin des machines dans l'industrie. Trois types principaux sont classifiés : la maintenance corrective, la maintenance préventive, la maintenance prédictive. [9]

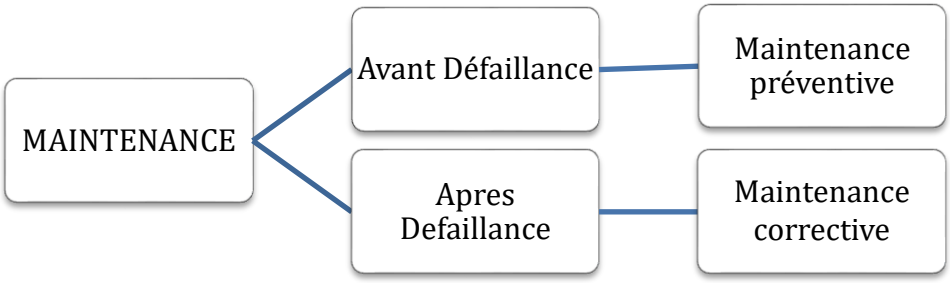


Figure I.2. Formes de la maintenance

Une défaillance est la cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise. Après une défaillance, le bien est en panne, totale ou partielle. (NF EN 13306). Il ne suffit pas de s'intéresser aux conséquences d'un défaut de fonctionnement mais aussi à sa cause. Les différents défauts se manifestant de manières variées. [12] Le Schéma suivant illustre les différentes classes des défaillances:

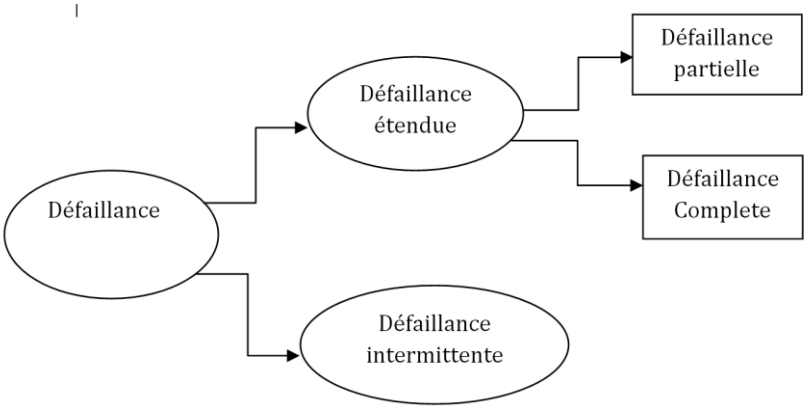


Figure I.3. Classification de la défaillance en fonction du niveau d'information

I.5.1.Maintenance préventive:

La maintenance préventive est définie comme un ensemble d'activités et de procédures effectuées par le service de maintenance, dans le but de maintenir les machines et équipements en bon état de fonctionnement de manière stable, tout en les remettant en état normal en cas de panne.

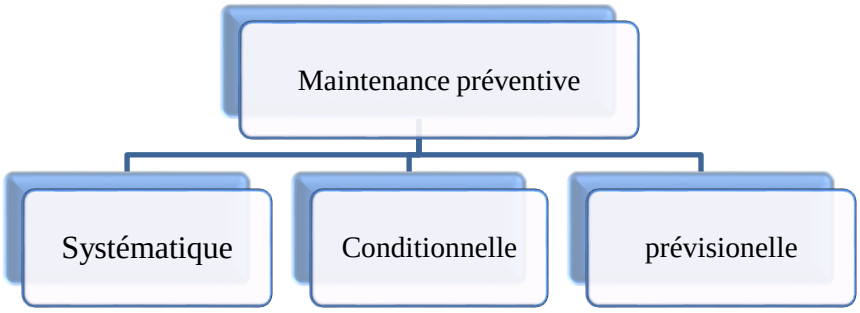


Figure I.4. Types de la maintenance préventive

I .5.1.1. Objectifs de la maintenance Préventive :

L'objectif principal de la maintenance préventive est de prévenir les pannes d'équipement et de prolonger la durée de vie des machines et systèmes avant qu'elles ne se dégradent, ainsi que:

a. réduisant ainsi les temps d'arrêt, les coûts de réparation et les risques d'accident.
b. Atteindre un fonctionnement maximal des machines avec un coût minimal d'utilisation des installations.
c. Créer des conditions de travail appropriées pour tous les services de production et le personnel de maintenance, en respectant les normes de maintenance.
d. Développer les compétences en maintenance grâce à la formation.
e. Former les opérateurs des machines à effectuer les travaux de maintenance quotidienne.

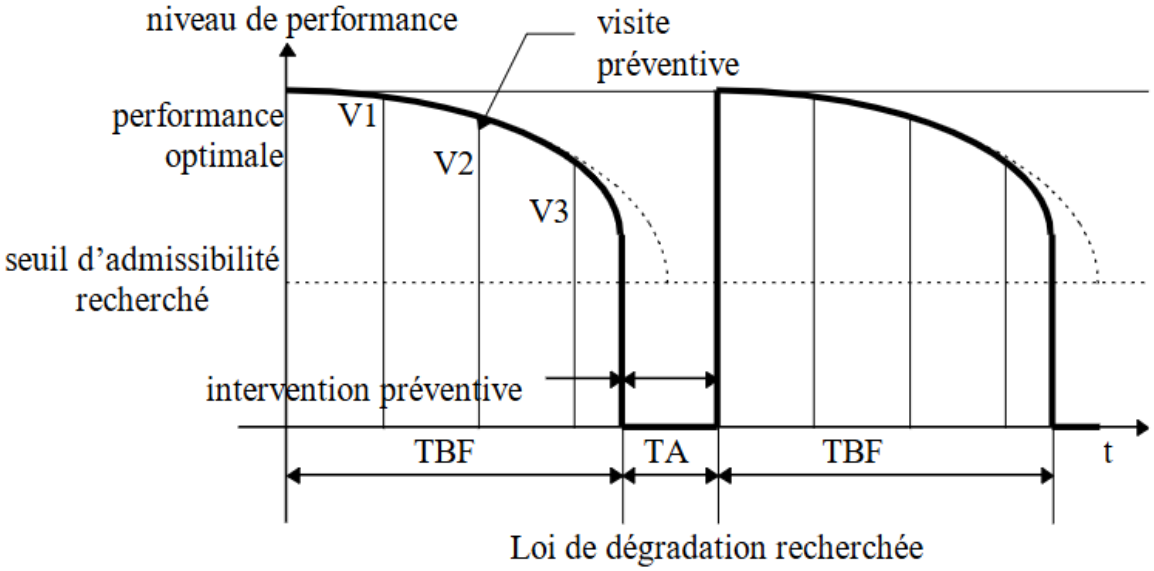


Figure I- 5: Intervention de préventive [12]

I.5.1.1.1.Maintenance préventive systématique:

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

I.5.1.1 .2.Maintenance préventive conditionnelle :

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

I.5.1.1.3. Maintenance prévisionnelle:

Maintenance préventive subordonnée à l'analyse de l'évolution surveillée de paramètres significatifs de la dégradation du bien, permettant de retarder et de planifier les interventions. [4]

I.5.2.Maintenance corrective:

La maintenance corrective désigne les efforts visant à remettre l'équipement dans un état acceptable après l'apparition d'un dysfonctionnement. Les activités de maintenance corrective comprennent la détection, l'inspection et le remplacement des pièces sur les machines suite à un arrêt ou une panne. **[9]**

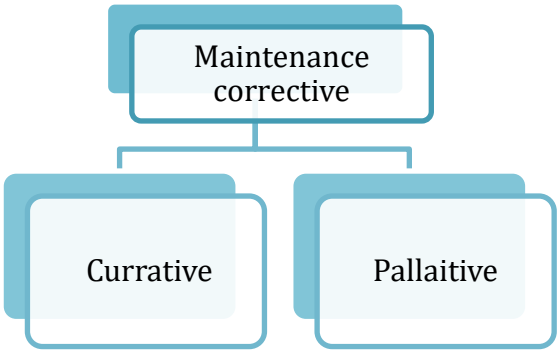


Figure I.6. Types de la maintenance corrective

I.5.2.1.Objectifs de la maintenance corrective :

L'objectif principal de la maintenance corrective est de rétablir le bon fonctionnement d'un système ou d'une machine après l'apparition d'une défaillance ou d'une panne, Autrement dit, il s'agit de corriger un dysfonctionnement et de remettre en service le système le plus rapidement possible.

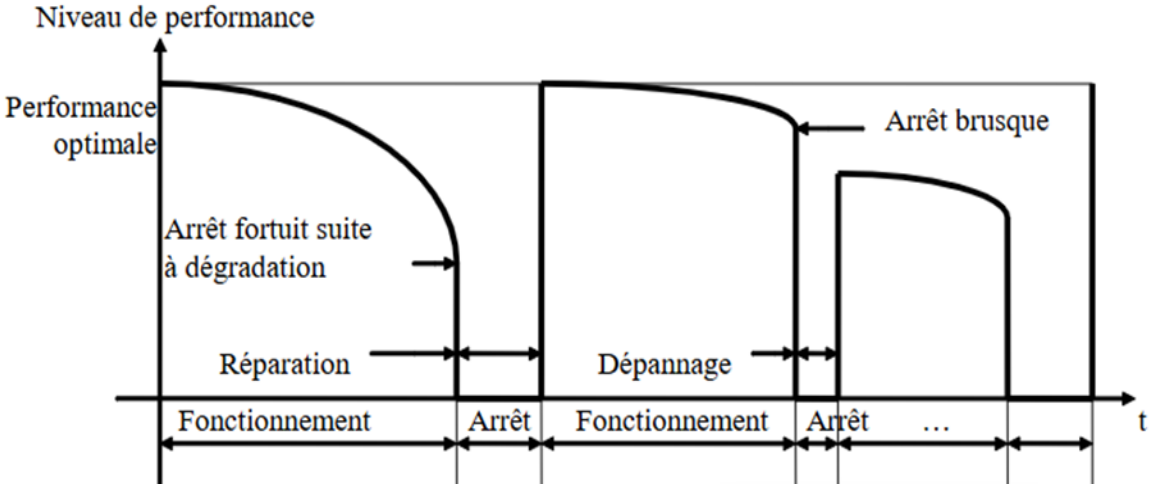


Figure I.7. Intervention corrective. [12]

I.5.2.2.Maintenance palliative:

Activités de la maintenance corrective destinées à permettre a un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise Appelée couramment dépannage, cette maintenance palliative est principalement constituée d'actions a caractère provisoire qui devront être suivies d'actions curatives. [13]

I.5.2.3. Maintenance curative:

Activités de maintenance corrective ayant pour objectif de rétablir un bien dans un état spécifie ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise Le résultat des activités réalisées doit présenter un caractère permanent Ces activités peuvent être des réparations, des modifications ou aménagement ayant pour objet de supprimer la ou les défaillances(s), De la même façon**.** [13]

I.5.3.Maintenance prédictive :

L'émergence des solutions de traitement et d'analyse des données, ainsi que de l'intelligence artificielle, a permis aux industriels de planifier la gestion de la maintenance prédictive ou prévisionnelle, qui repose sur la prédiction des pannes et des dysfonctionnements.

Cette politique de maintenance permet ainsi de réduire les dépenses liées aux pannes imprévues, aux arrêts, aux opérations de dépannage et à la perturbation des outils de production, ce qui garantit le bon fonctionnement des machines. [14]

I.6. Opérations de la maintenance :

Les opérations de maintenance sont l'ensemble de ces activités variées dont le but est de maintenir ou rétablir une machine, un logiciel, un véhicule ou encore un service déterminé, Les opérations de maintenance regroupent l'ensemble des actions visant à conserver ou à remplacer un équipement avec un fonctionnement optimal. Le tableau ci après donne les différentes opérations de maintenance :

Tableau I.1. Opérations de la maintenance

N°	Opération	Définition
01	Dépannage	C'est une action ou opération de maintenance corrective sur un équipement en panne en vue de la remettre en état de fonctionnement**.**
02	Réparation:	C'est une intervention définitive et limitée de maintenance corrective après panne ou défaillance**.**
03	Visite	Ce sont des opérations de surveillance qui, dans le cadre de la maintenance préventive systématique, sont effectuées selon une périodicité prédéterminée**.**

04	Révision	Ensemble des actions d'examens, de contrôles et des interventions effectuées en vue d'assurer le bon fonctionnement d'un bien et de le protéger contre toute défaillance majeure ou Critique, pendant une durée ou pour un nombre d'unités d'usage donné**.**
05	Inspections	Ce sont des activités de surveillance consistant à relever périodiquement des anomalies et exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique ni d'arrêt de l'outil de production ou des équipements.
06	Contrôle	Ils correspondent à des vérifications de conformité par rapport à des données préétablies suivies d'un jugement. Le contrôle peut, comporter une activité d'information, inclure une décision, acceptation, rejet, ajournement, déboucher comme les visites sur des opérations de maintenance corrective. Les opérations de surveillance (inspection, visite, contrôle) sont nécessaires pour maîtriser l'évolution de l'état réel du bien, effectuées de manière continue ou a des intervalles prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou le nombre d'unités d'usage.

I.7. Niveaux de la maintenance:

La maintenance et l'exploitation d'un bien s'exercent à travers de nombreuses opérations, parfois répétitives, par fois occasionnelles, communément définies jusqu'alors en 5 niveaux de maintenance.

Tableau I.2. Niveaux de la maintenance [10]

Niveaux	Définitions
Niveau 1	Réglage simple d'organes accessibles sans aucun démontage, ou échanges d'éléments accessibles en dans les consignes de toute sécurité conduite.
Niveau 2	Dépannage par échange standard d'éléments prévus a cet effet, ou opérations mineures de maintenance préventive.
Niveau 3	Identification et diagnostics de pannes, réparations par échange de composants fonctionnels, réparations mécaniques mineures**.**
Niveau 4	Travaux importants de maintenance corrective ou préventive Révisions.
Niveau 5	Travaux de rénovation, de reconstruction, réparations importantes confiées a un atelier central Souvent externalisez.

I.8.Politiques de la maintenance dans l'entreprise :

Dans nos entreprises, le service entretien est peu important, il est souvent négligé et limitée à un entretien fortuit par des dépannages et des réparations accidentelles. Il demeure toujours un service secondaire, limité par un très faible personnel d'exécution encadré par une maîtrise travaillant au jour le jour sans prévision, sans budget propre et plus encore sans connaître ses dépenses propres qui sont rattachées aux frais généraux de l'entreprise. Actuellement, toute intervention de maintenance à besoin, comme tout processus de fabrication d'être pensée avant d'être réalisée. Pour cela, le service maintenance doit impérativement solliciter une organisation des moyens à mettre en œuvre pour la réussite de ses tâches afin de pratiquer harmonieusement les différents types d'entretien. Dans une entreprise, il existe plusieurs politiques:[15]

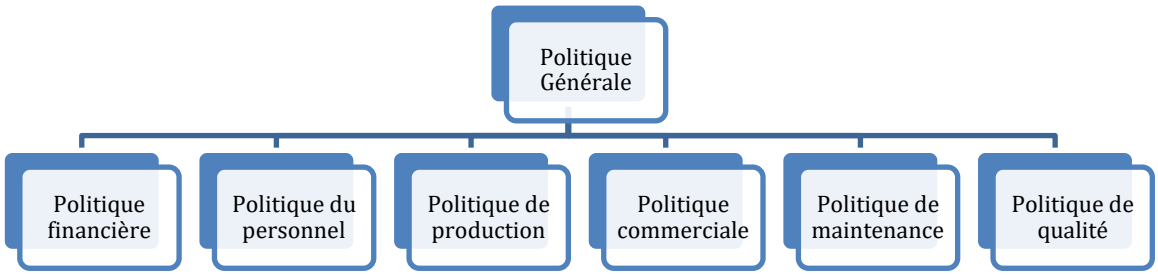


Figure I.8. Types de politiques dans une entreprise **[6]**

I.9. Sureté De Fonctionnement:

La sûreté de fonctionnement a été définie comme la science des défaillances. Cependant, afin de réduire les risques au niveau le plus bas possible et acceptable par l'opinion publique, de nouvelles méthodes, techniques et outils scientifiques ont été développés pour évaluer les risques potentiels, prévoir l'occurrence des défaillances et tenter de minimiser les conséquences des situations catastrophiques lorsqu'elles se produisent. La sûreté de fonctionnement est connue sous le sigle FMDS (Fiabilité, disponibilité, maintenabilité, sécurité). [16]

I.9.1.Définition de la fiabilité :

La fiabilité est la probabilité qu'un certain produit accomplisse avec succès une fonction requise sans défaillance, pendant une période de temps donnée, dans un environnement défini et pour une utilisation dont les conditions de fonctionnement sont spécifiées**.** [17]Tout équipement est composé de plusieurs systèmes et pour tout système, la courbe de survie ou de fiabilité doit présenter les trois étapes suivantes (figure I.9):

- période de mortalité infantile ou période dite de rodage
- période d'usure quasi constante ou de bon fonctionnement
- période d'usure accentuée par tendance exponentielle ou période d'intervention de la maintenance.

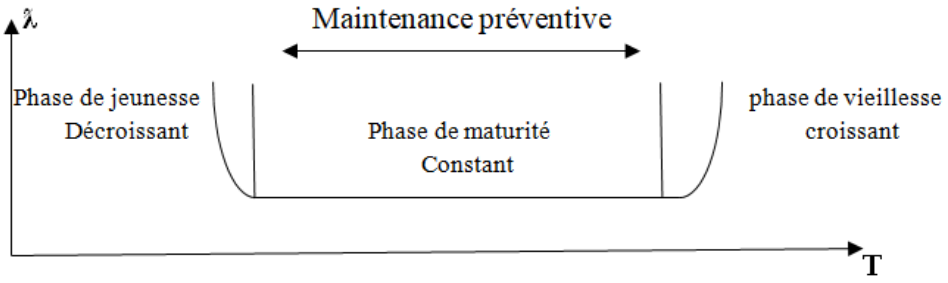


Figure I.9. Courbe de la baignoire [9]

I.9.2.Définition de La Disponibilité :

Selon la norme AFNOR « l'aptitude d'un bien à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou pendant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs soit assurée ». [18]

I.9.3.Définition de La Maintenabilité :

Selon la norme AFNOR « dans des conditions données d'utilisation, aptitude d'un dispositif à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir sa fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions, avec des procédures et des moyens prescrits ». [18]

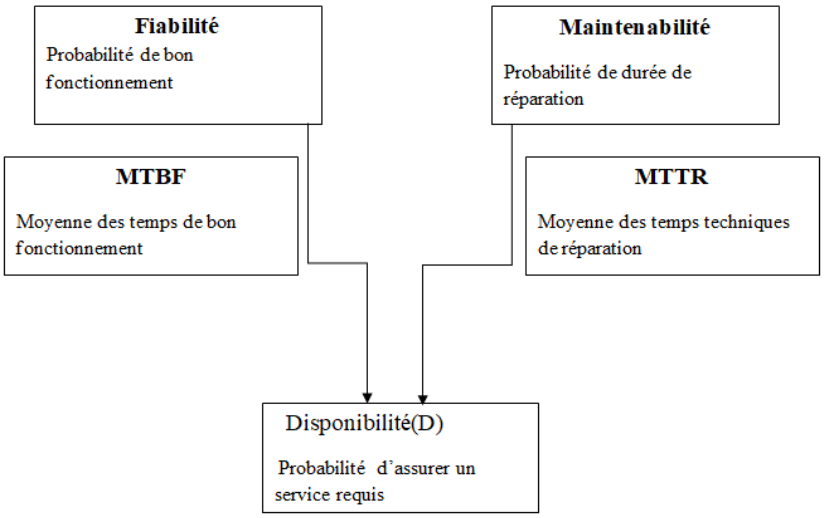


Figure I.10. Relation entre la disponibilité, la fiabilité et Maintenabilité

I.9.4. sécurité :

La sécurité est l'ensemble des méthodes ayant pour objet, sinon de supprimer, du moins de minimiser les conséquences des défaillances ou des incidents dont un dispositif ou une

installation peuvent être l'objet, conséquences qui ont un effet destructif sur le personnel, le matériel ou l'environnement de l'un et de l'autre. [15]

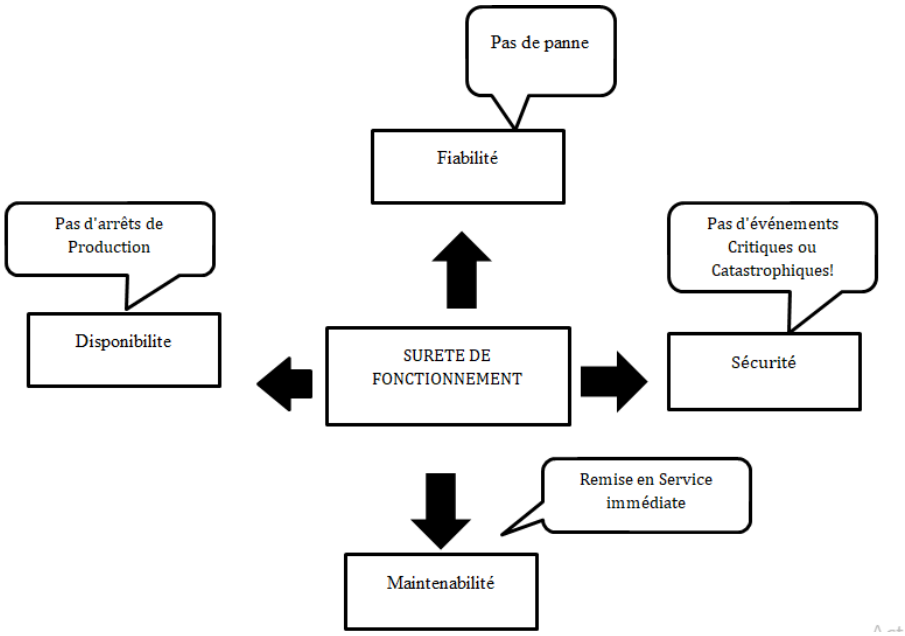


Figure I.11. Sureté de fonctionnement

I.10.Outils de diagnostic pour la maintenance industrielle :

Les outils de diagnostic de la maintenance industrielle sont essentiels pour détecter les défauts majeurs et anticiper les erreurs avant qu'elles ne provoquent des arrêts de production. Parmi les outils de diagnostic les plus couramment utilisés, on peut citer :

- L'analyse vibratoire des machines, pour commencer, permet de mettre en évidence des désalignements, des défauts de roulement, des tourbillons de fluide, des déséquilibres électriques ou encore des résonances.
- La thermographie sert à vérifier les connexions électriques, les déphasages, les roulements, les surchauffes mécaniques, les calorifuges, les défauts internes de certains composants.
- L'analyse des huiles est un outil de détection des pollutions qu'elles soient externes ou internes, les usures normales ou anormales de l'équipement, mais aussi la capacité du lubrifiant par exemple à assurer ses fonctions
- La gammagraphie, de son côté, sert à mettre en évidence des défauts inclus.
- Grâce à la magnétoscopie, l'on peut détecter des défauts affleurant la surface, mais uniquement sur des matériaux ferromagnétiques.
- Le ressuage permet quant à lui de rechercher de micro-défauts en surface, et la détection de fuites sert à identifier des défauts microscopiques

- Les ultrasons permettent d'identifier les défauts volumiques, comme des soufflures ou des inclusions de laitier, et les défauts plans lorsqu'ils sont perpendiculaires au faisceau (fissures, manques de fusion …). [20]

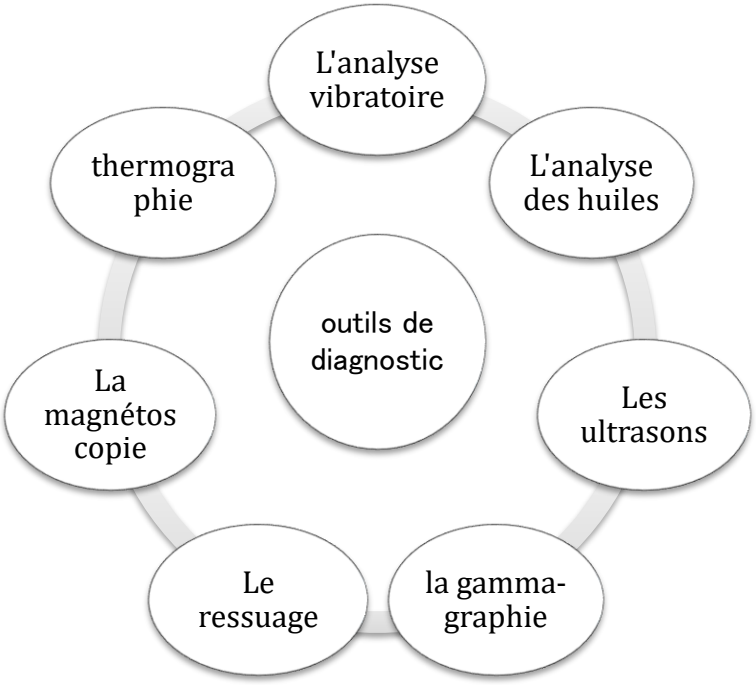


Figure I.12. Les outils de diagnostic de maintenance

I.11.Communication dans le service maintenance :

Lorsqu'une machine tombe en panne, le service production émet une demande de travail au service maintenance, après avoir localisé l'organe(s) défaillant(s), le bureau des méthodes Lance un bon de travail pour l'ordonnancement et transmit le dossier de préparation au technicien de maintenance qui va exécuter la réparation.

Le système de communication lié à l'intervention corrective, entre le moment de la panne et la mise à niveau de l'équipement défaillant passe a l'aide des document données par les Acronymes utilisés :

- **DT :** demande de travail
- **OT :** ordre de travaile
- **BT :**bon de travail
- **DA :**demanded'approvisionnement
- **BSM :** bon de sortie de magasin [10]

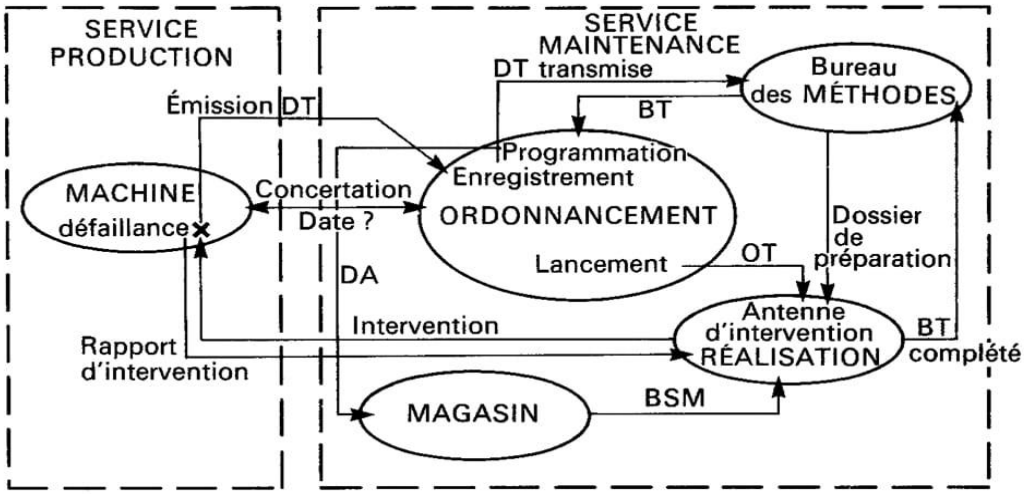


Figure I.13. Communication au sein du service de maintenance (intervention corrective) [10].

Avant de partir sur site, l'ordonnancement doit préparer une demande d'approvisionnement Pour le technicien. Cette demande lui permettra de recevoir les pièces de rechange du Magasin. Et lors de la réception, le technicien recevra un bon de sortie de magasin. Après la réception des pièces de rechange, le technicien entamera la procédure de réparation.

A la fin de l'intervention, le technicien doit mettre en marche la machine pour s'assurer de l'efficacité de réparations exécutées et transmettre le rapport de l'intervention au bureau des méthodes pour le classer dans l'historique.

Finalement la production doit informer l'ordonnancement de la reprise de l'exploitation de La machine.

I.12.L'importance de la maintenance industrielle pour la réduction des coûts de production :

La maintenance industrielle ne se limite pas à réparer ce qui est cassé; permet la réduction des coûts de production et joue un rôle vital dans la prévention des pannes, assurant ainsi la continuité et l'efficacité des opérations. Dans le domaine des pièces tournantes, une maintenance adéquate garantit que les machines fonctionnent à leur niveau optimal. Cela minimise le risque de pannes coûteuses et dangereuses. Ce processus proactif contribue directement à une meilleure performance opérationnelle, réduisant les temps d'arrêt et augmentant la production**.** [21]

Conclusion :

La maintenance industrielle est importante pour assurer la continuité et l'activité des systèmes de production à long terme. Les entreprises qui investissent dans une stratégie de maintenance sont mieux préparées à faire face aux défis opérationnels tout en minimisant les

coûts des frais de maintenance. La mise en œuvre d'une politique de maintenance appropriée permet –contrôles- surveillance-action Sun environnement de travail sûr et efficace ainsi que d'améliorer les performances économiques.

Chapitre II : Analyse Fonctionnelle Et Ordonnancement		
II.1	Introduction	**18**
II.2	Analyse fonctionnelle	**18**
II.2.1.1	Types d'analyse fonctionnelle	**19**
II.2.1.1.1	Analyse fonctionnelle externe	**19**
II.2.1.1.1.1	Analyse des besoins	**19**
II.2.1.1.1.2	Analyse fonctionnelle des besoins	**20**
II.2.1.1.1.3	Cahier des charges fonctionnel	**20**
II.2.1.2.	Analyse fonctionnelle interne	**20**
II.2.1.2.1	Analyse fonctionnelle technique	**21**
II.3	Planification et Ordonnancement	**22**
II.3.1	Planification	**22**
II.3.1.1	Planification Stratégique	**22**
II.3.1.2	Planification Tactique	**22**
II.3.1.3	Planification opérationnelle	**23**
II.3.2	Ordonnancement	**23**
II.3.2.1	Fonctions de L'ordonnancement	**23**
II.3.2.2	Etapes de L'ordonnancement	**23**
II.3.2.3	Niveaux de L'ordonnancement	**23**
II.3.2.4	Méthodes d 'ordonnancement	**24**
II.3.2.4.1.1	Méthode PERT	**25**
II.3.2.4.1.2	Etapes de création d'un diagramme PERT	**25**
II.3.2.4.1.3	Règles d'analyse structurelle de la méthode PERT	**28**
II.3.2.4.2	Utilité de la méthode PERT	**28**
II.3.2.4.2.1	Méthode GANTT	**29**
II.3.2.4.2.2	Etapes de création d'un diagramme GANTT	**29**
II.3.2.4.2.3	Utilité de la méthode GANTT	**30**
II.3.2.4.3	Méthode MPM	**30**
II.4	Conclusion	**31**

II.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous aborderons deux sujets principaux dans le domaine de la gestion de projets et nous explorerons la relation qui les lie : l'analyse fonctionnelle et l'ordonnancement des tâches. L'analyse fonctionnelle est une méthodologie fondamentale utilisée pour comprendre les besoins et les exigences d'un projet spécifique, tandis que l'ordonnancement, qui est une branche de la recherche opérationnelle et de la gestion, est souvent décrit comme une fonction particulière de prise de décision au sein d'un système de gestion et d'organisation relatif à la production d'un bien ou de travaux.

II.2. Analyse fonctionnelle :

Selon la norme AFNOR ; l'analyse fonctionnelle (AF) est une démarche qui consiste à rechercher, ordonner, caractériser, hiérarchiser et/ou valoriser les fonctions du produit attendu par l'utilisateur [22]. Parmi les objectifs de l'analyse fonctionnelle, on peut citer les suivants:

- Exprimer le besoin en termes de fonctions de service attendues et, en fin de compte, en termes de solution.
- Identifier et documenter les besoins des utilisateurs.
- Faciliter la communication entre parties prenantes.
- Aider à la priorisation des fonctionnalités en fonction de leur valeur ajouté. [23]

II.2.1. Types d'analyse fonctionnelle :

Il existe deux sections principales de l'analyse fonctionnelle: l'analyse des besoins des utilisateurs, qui examine les besoins des utilisateurs, et l'analyse fonctionnelle interne, qui se concentre sur le fonctionnement du système ou du produit. La figure (II.1) donne un aperçue sur les types d'AF

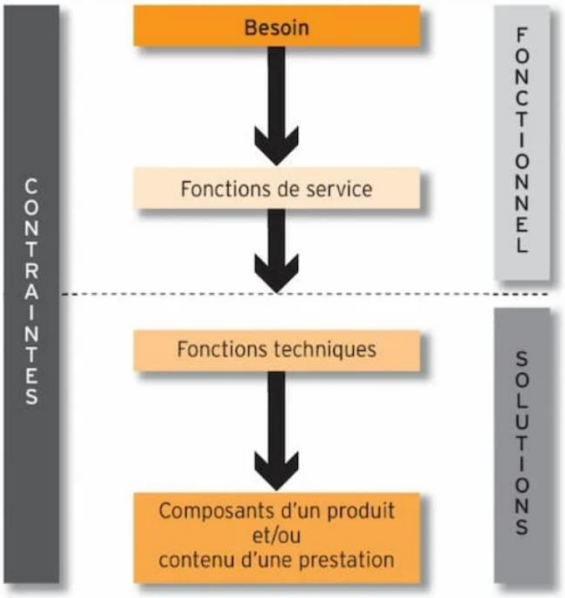


Figure II.1. Schéma descriptif de l'analyse fonctionnelle

II.2.1.1. Analyse fonctionnelle externe:

L'analyse fonctionnelle externe ou analyse fonctionnelle du besoin permet de déterminer les éléments du cahier des charges fonctionnelles (CdCF). Il inclut toutes les fonctions de service nécessaires et attendues d'un produit par les utilisateurs, définies à partir de leurs besoins et destinées à satisfaire leurs attentes qui assure la liaison entre l'environnement externe et le produit .L'analyse fonctionnelle externe repose sur trois principes :

- La connaissance du besoin.
- La compréhension et l'expression en termes de fonctions.
- L'utilité et le but du produit. [24]

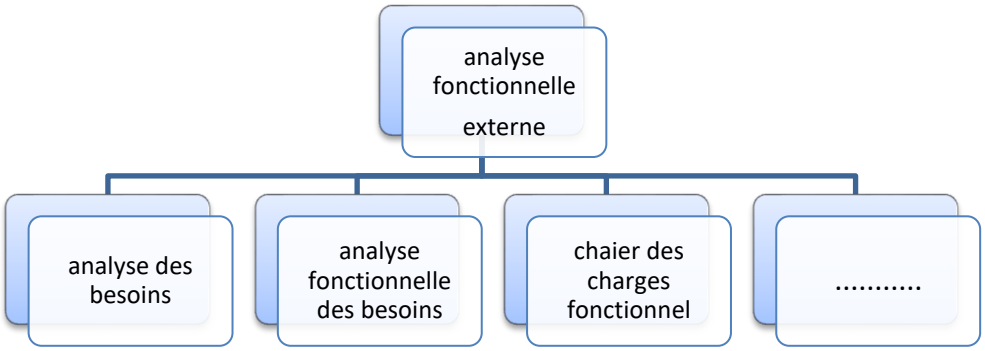


Figure II.2. Etapes de l'analyse fonctionnelle externe

II.2.1.1.1. Analyse des besoins:

Un besoin est un désir éprouvé par l'utilisateur d'un système, les besoins varient d'un type à un autre. C'est ainsi que l'importance de l'analyse des besoins s'est révélé, laquelle se définit comme une rechercher, à comprendre et à exprimer le besoin de l'utilisateur. L'équipe ne s'intéresse pas à la solution technique, mais à la satisfaction client. À ce stade, le diagramme bête à cornes est utile, Le schéma pose les questions suivantes :**[24]**

- « A qui le produit rend-il service ?
- « Sur quoi le produit agit-il ? »
- « Dans quel but ? » (pourquoi faire ?)

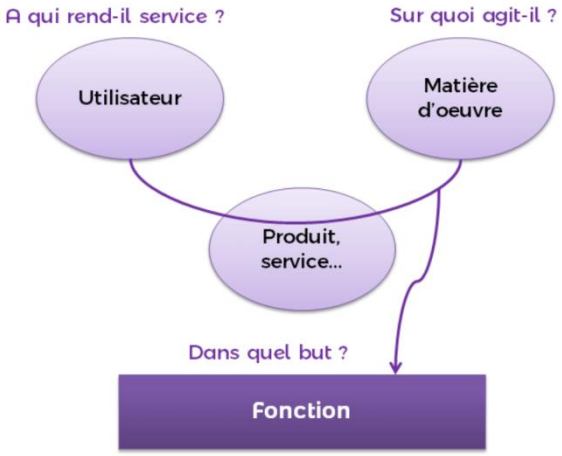


Figure II.3. diagramme de Bête à cornes.

II.2.1.1.2.Analyse fonctionnelle des besoins :

Cette deuxième étape vise à identifier et à recenser les fonctions de services du produit ou de l'un de ses constituants exprimée exclusivement en termes de finalité, il existe différents types de fonction :

- La fonction principale satisfait le besoin.
- Les fonctions contraintes sont imposées par les usages et les réglementations.
- Les fonctions complémentaires constituent la marge de manœuvre de l'équipe projet.

À ce stade, l'analyse est fréquemment formalisée par le diagramme pieuvre, le schéma représente les fonctions de services, et définit les liens entre le produit et son environnement ainsi que les éventuelles interactions entre les fonctions. **[24]**

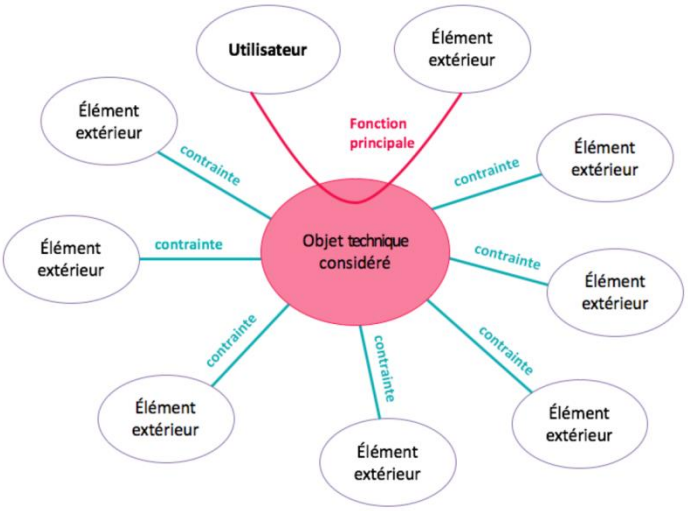


Figure II.4. Diagramme de Pieuvre

II.2.1.1.3. Cahier des charges fonctionnel :

Le Cahier des Charges Fonctionnel (CDCF) est le document qui récapitule la démarche et les résultats de l'Analyse Fonctionnelle du Besoin. Il porte donc essentiellement sur les Fonctions de Service. [22]

II.2.1.2. Analyse fonctionnelle interne:

L'analyse fonctionnelle interne se réalise à la suite de l'analyse fonctionnelle externe et sert à caractériser le fonctionnement interne du produit, Elle permet une remise en question de l'ensemble du produit, une présentation des différents éléments sous forme graphique et la mise en avant de possibles améliorations.

- Cette analyse de la solution existante ou imaginée poursuit le triple objectif ;
- Examiner les fonctions de base ;
- Considérer les réponses faites au CDCF ;
- Définir les éléments participant à la concrétisation des services, à la satisfaction des besoins**.** [24]

II.1.3.4 Analyse fonctionnelle technique:

L'Analyse Fonctionnelle Technique (A.F.T.) permet de faire la transition entre l'Analyse Fonctionnelle du Besoin et la conception détaillée, le système permet également une approche systémique de la recherche de solutions technologiques.

Les outils de l'AFT permettent aux concepteurs d'associer immédiatement toute Fonction Technique (F.T.) qui est considérée est une fonction contribuant à réaliser une fonction de service par un moyen technique et toute Solution Technologique (S.T.) à la Fonction de Service (F.S.) qui la justifie.[24] On distingue plusieurs outils utilisés pour représenter les fonctions et analyse le produit. Parmi les plus utilisés, on peut citer : Le diagramme SADT et FAST. Le principe du premier diagramme est de favoriser l'échange, la créativité et l'exploitation des idées. Une fois que l'inventeur a saisi la grammaire et la fonction globale [25].

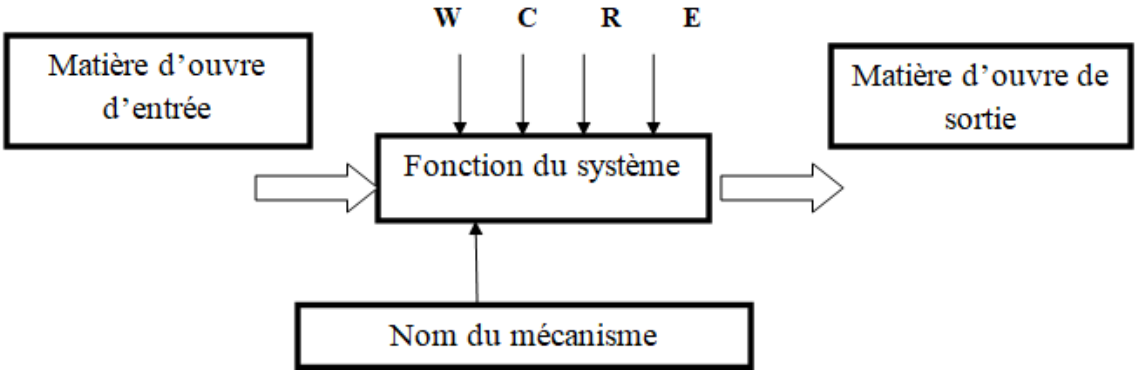


Figure II.5. Diagramme SADT

Tandis que le deuxième diagramme (FAST) est d'aider à vérifier et à identifier la valeur d'une fonction manquante en ingénierie. De plus, il simplifie la liste des fonctions générées par un objet et permet à un grand nombre de professionnels ayant des formations techniques différentes de communiquer efficacement et de résoudre des problèmes.[26][27]

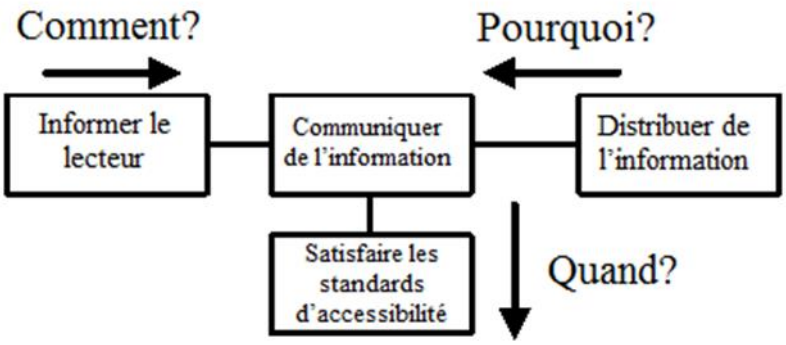


Figure II.6. Diagramme FAST

II.3. Planification et Ordonnancement :

Les méthodes de planification et d'ordonnancement permettent de faire apparaître clairement et rapidement les données liées à la réalisation d'un projet Pour atteindre une production optimale et garantir les délais de livraison, les moyens, les ressources et les coûts.– De plus, ces méthodes peuvent permettre de prévoir au moment opportun, les contrôles qui s'imposent en cours de réalisation (le suivi). Ce sont deux étapes importantes et distinctes, mais complémentaires. Autrement dit ; le rôle de l'ordonnancement est de rendre réelle la planification. [28]

II.3.1.Planification

La planification désigne la répartition des différentes opérations et tâches nécessaires à la production d'une commande client dans un intervalle de temps donné. On touche au domaine organisationnel pour que chaque opération soit programmée de façon à obtenir un décalage idéal entre chacune d'entre elles. Il existe trois types de la Planification: stratégique, Tactique et opérationnelle. [29]

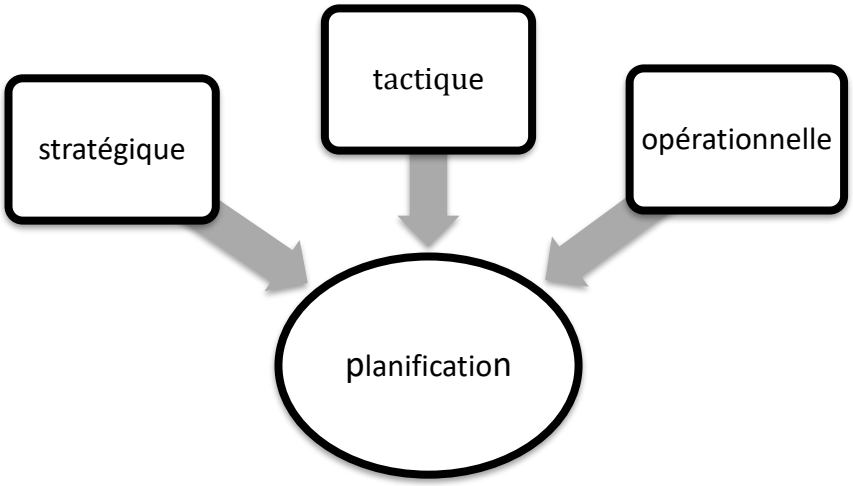


Figure II.7. Types de planification [30]

II.3.1.1Planification Stratégique :

La planification stratégique peut être considérée comme un outil de travail qui s'adresse a tout groupe souhaitant organiser, préparer et maîtriser son avenir. Dans le cas d'un organisme public, la planification stratégique lui permet d'organiser son action de Manière cohérente et rationnelle à travers la formulation d'un plan stratégique.**[31]**

II.3.1.2.Planification Tactique :

La planification tactique consiste à définir des objectifs opérationnels clés (tels que les stocks de sécurité, les délais de livraison prévus et la taille des lots) dans différentes unités de manière coordonnée. Ces objectifs opérationnels clés fournissent ensuite des orientations sur les opérations quotidiennes (que ce soit dans le domaine de la fabrication, de la logistiqueou de l'approvisionnement) qui peuvent être mises en œuvre. Bien que de nombreux outils logiciels soient disponibles dans le domaine de la mise en œuvre (en utilisant le domaine plus mature de la programmation mathématique déterministe), les outils de planification tactique efficaces n'ont pas encore été entièrement développés**.[32]**

II.3.1.3.Planification opérationnelle

La planification opérationnelle est un processus visant à identifier et à résoudre les problèmes inhérents au programme tel que les programmes de santé, de planification familiale et autres programmes de développement. Ce processus peut être défini comme un processus continu comprenant essentiellement cinq phases:

a. identification du problème et diagnostic ;
b. choix de la stratégie a adopter ;
c. expérimentation de la stratégie choisie et évaluation ;
d. diffusion de l'information ;
e. utilisation de l'information**.[33].**

II.3.2. Ordonnancement

L'ordonnancement est un processus essentiel dans le domaine de la gestion de la production et de la chaîne d'approvisionnement. Il s'agit à déterminer l'ordre dans lequel les tâches et les opérations de production seront réalisées pour optimiser l'utilisation des ressources et atteindre les objectifs fixés. Il existe différents critères de performance que l'ordonnancement doit prendre en compte tels que le Temps d'achèvement, les délais, et les coûts**.[34]**

II.3.2.1. Fonctions de l'ordonnancement

L'ordonnancement est avant tout une méthode d'organisation qui se situe entre une action demandée sur un bien et la remise de celui-ci à la disposition de l'utilisateur. Son rôle Consiste à:

- Planifier les interventions qui font suite à des ordres de travaux.
- Déclencher la maintenance préventive à partir des échéanciers en tenant compte des contraintes de production.
- Assurer un suivi des interventions en remettant à jour la planification et en coordonnant les travaux, de manière à assurer une chronologie optimale conforme aux exigences liées à la disponibilité de la production et à la sécurité.
- Prévoir et à gérer le plan de charge en tenant compte des ressources internes et externes;
- Prévoir la disponibilité des moyens matériels et logistiques requis (pièces de rechange, outillages...).**[35]**

II.3.2.2.Etapes de l'ordonnancement :

L'ordonnancement passe par plusieurs étapes pour assurer la mise en œuvre efficace et équitable des travaux, à savoir**:**

- Planification : des différentes opérations à réaliser sur la période déterminée ; des moyens matériels et humains à mettre en œuvre pour réaliser la production.
- Exécution : Mise en œuvre des différentes opérations prédéfinies et suivies des opérations.

- Contrôle **:** Comparaison entre planification et exécution ; calculs d'écarts et analyse des écarts qui peut entraîner des modifications éventuelles au niveau de certaines opérations prédéfinies

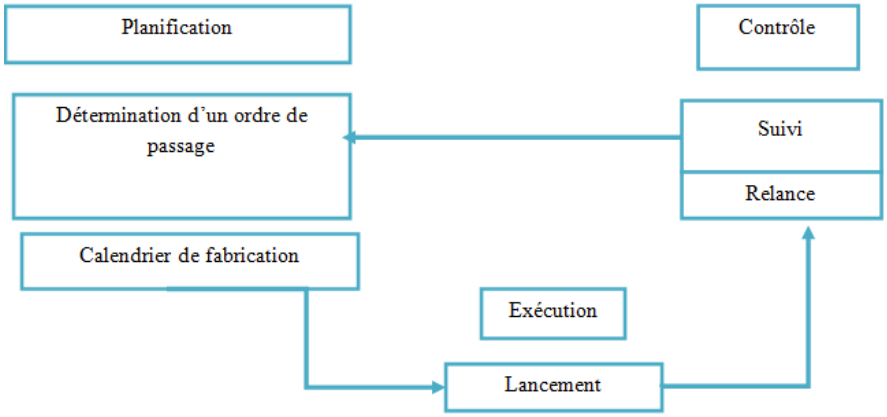


Figure II.8. Etapes de l'ordonnancement

II.3.2.3. Niveaux de l'ordonnancement:

La planification est effectuée dans le système d'exploitation à plusieurs niveaux afin de gérer efficacement l'exécution des processus. On cite :

Niveau 1 : le plan de charge annuelle; il s'agit de recenser les activités sur l'année qui vient, à partir de deux bases**.**

Niveau 2 : le plan de charge prévisionnelle ; cet outil de gestion est tenu par l'agent d'ordonnancement et sert de tableau de bord au chef de service, lui donnant une bonne lisibilité des activités à moyen terme, de 3 à 6 mois.

Niveau 3 : le planning de lancement géré par l'agent d'ordonnancement, ce planning a pour objet de distribuer une charge de travail hebdomadaire aux différentes équipes, antennes décentralisées ou ateliers de maintenance**.**

Niveau 4 : le planning d'atelier tenu par le chef d'équipe ou d'atelier, le planning d'atelier visualise l'affectation et la répartition du travail entre les techniciens.

Niveau 5 : le suivi de l'avancement du planning qui est une fonction « vivante » qui ne doit jamais être déconnectée des réalités du terrain. Le tableau ci-dessous donne les horizon et le responsables de chaque niveau.

Tableau II.1: Les cinq niveaux d'ordonnancement en maintenance.

Niveau	Nom	Horizon	Responsable
1	Plan de charge annuel	**1** an	Chef de service
2	Plan de charge prévisionnelle	**3** mois	Agent d'ordonnancement
3	Planning de lancement	**1**semaine	Agent d'ordonnancement
4	Planning d'atelier	**1/2** semaine	Chef d'équipe
5	Suive de l'avancement	Passe immédiat	Agent d'ordonnancement

II.3.2.4.Méthodes d'ordonnancement:

L'ordonnancement est un élément clé dans la gestion des projets et la planification des ressources. Il existe plusieurs méthodes d'ordonnancement qui permettent d'optimiser l'utilisation des ressources et d'améliorer l'efficacité globale d'un projet**.**

II.3.2.4.1. Méthode PERT:

Le nom représente l'acronyme "Program Evaluation and Review Technic". Il s'agit d'un outil visuel d'ordonnancement et de planification de projet qui représente l'accomplissement des événements, Cette représentation graphique permet d'identifier les connexions entre les différentes tâches, les temps d'exécution, les interdépendances. .

La méthode PERT utilise la distribution bêta comme approche temporelle pour obtenir un temps de réalisation du projet de manière réaliste. Elle a permis de ramener la durée globale de réalisation du projet de 7 à 4 ans ; c'est la raison pour laquelle un certain nombre d'actions préalables sont nécessaires pour réussir sa mise en œuvre

- Tout d'abord définir de manière très précise le projet d'ordonnancement ;
- Définir un responsable du projet auquel on rendra compte de l'avancement du projet et qui prendra les décisions importantes ;
- Analyser le projet par grands groupes de tâches, puis détailler certaines tâches ;
- Définir très précisément les tâches et rechercher leur durées ;
- Rechercher les coûts correspondants ce qui peut éventuellement remettre en cause certaines tâches ayant un coût trop élevé ;
- Effectuer des contrôles périodiques pour vérifier que le système ne dérive pas.

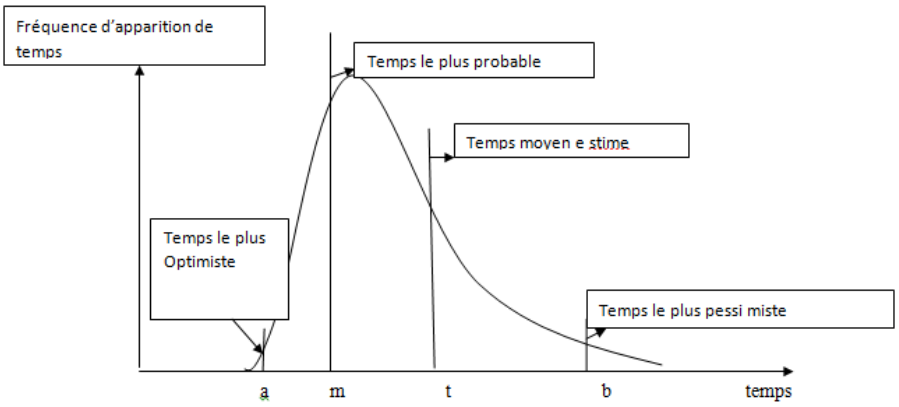


Figure II.9. Courbe des temps correspondant à une tâche.[36]

II.3.2.4.1.1. Etapes de création d'un diagramme PERT

Le diagramme s'organise sous forme de réseau. Il possède un début et une fin, des étapes et des tâches. Les tâches sont représentées par des flèches encadrées par 2 étapes (ou nœuds). Chaque étape possède une date au plus tôt et une date au plus tard.

Etape 01 : Lister les tâches et estimez leur durée et leur(s) antécédent(s) : pour chaque tâche, évaluer le temps nécessaire pour leur traitement.

Pour la durée de chaque tâche, on peut ainsi définir:

- le temps le plus optimiste: a
- le temps le plus probable: m
- le temps le plus pessimiste: b

Ce qui nous permet de calculer le tempsmoyen estimé de chaque tâche:

$$T_e = a + 4m + \frac{b}{6} \qquad \text{II.1}$$

Tableau II.2. Taches estimés

Tâche	Durée	Antécédent(s)
A	2	-
B	8	-
C	5	A
D	2	B
E	6	B
F	5	E
G	3	A,D

Etape 02 : Construisez le réseau en reliant les tâches entre elles via des étapes en indiquant sur le graphique la désignation des tâches et leur durée comme défini précédemment.

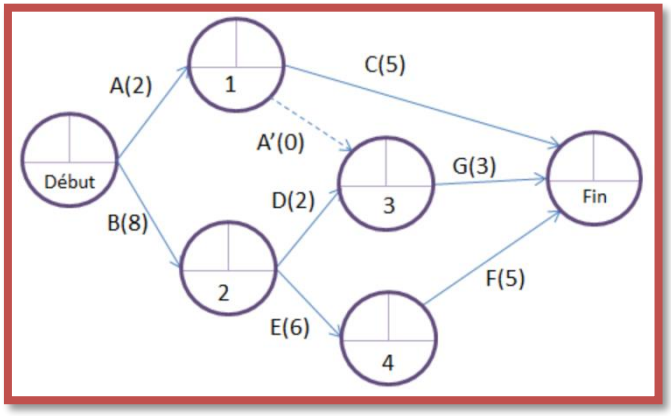


Figure II.10. Réseau des taches

Etape 03: Indiquez les dates au plus tôt par l'ajout de la date au plus tôt de l'étape précédente à la durée de la tâche qui la concerne

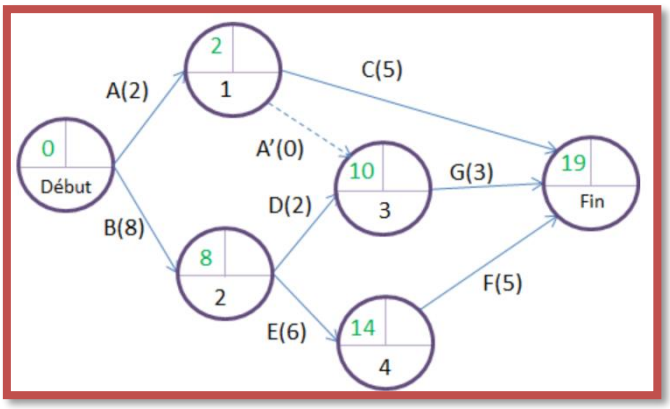


Figure II.11. Dates au plus tôt des taches

Etape 04: Renseignez les dates au plus tard en Partant de la dernière étape et indiquez la date au plus tard égale à la date au plus tôt ; c'est-à-dire Parcourez le chemin inverse pour calculer les dates au plus tard.

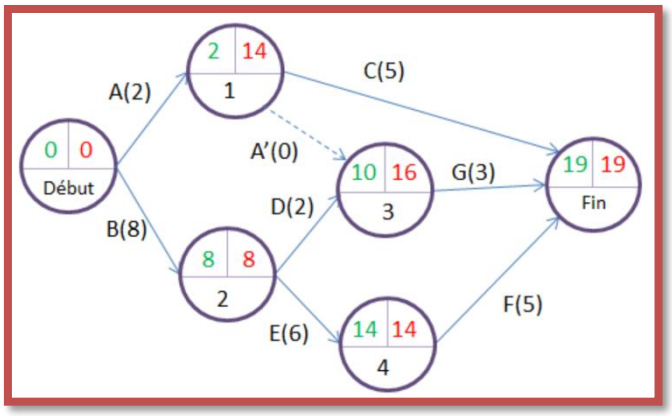


Figure II.12. Dates au plus tard des taches

Etape 05: Calculez les marges libres et les marges totales des tâches qui sont des degrés de liberté qui permettent d'absorber des retards. Elles assurent la flexibilité du projet.

Tableau II.3. Marges libres et les marges totales des tâches

Tâche	Marge libre	Marge totale
A	0	12
C	12	12
B	0	0
D	0	6
G	6	6
E	0	0
F	0	0

Etape 06: calcul du chemin critique qui est le chemin passant par les tâches dont la marge totale est nulle. Ce tracé indique le délai incompressible pour réaliser le projet.

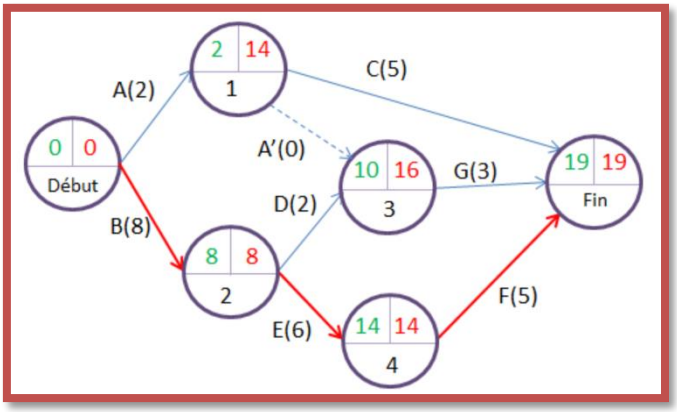


Figure II.13. Chemin critique

II.3.2.4.1.2. Règles d'analyse structurelle de la methode PERT

L'analyse structurelle des tâches dans la méthode PERT est repose sur trois regles :

a. Règle d'enclenchement:

la tâche D ne peut commencer que si la tâche C est terminée.[37]

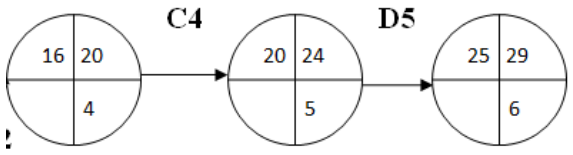


Figure II.14. Règle d'enclenchement

b. Règle de convergence:

la tâche C ne peut commencer que si les tâches A et B sont terminées[37]

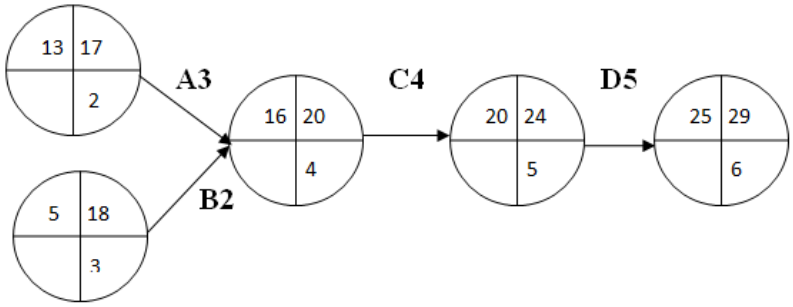


Figure II.15. Regle de convergence

c. Règle de divergence

Les tâches B et C ne peuvent commencer que si la tâche A est terminée, ce qui n'implique pas qu'elles doivent commencer simultanément

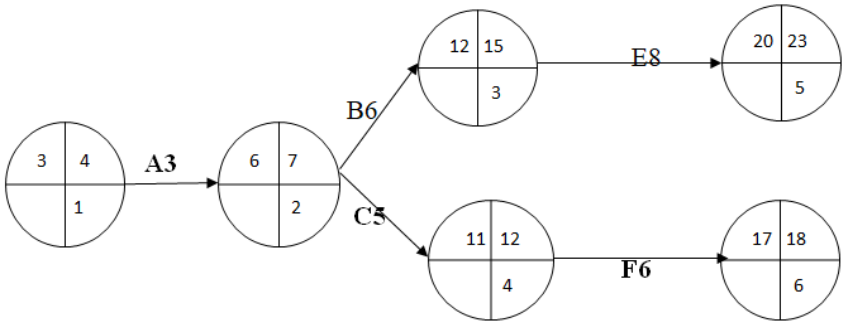


Figure II.16. Regle de divergence

II.3.2.4.1.3. Utilité de la méthode PERT

Elle permet de :

- Faciliter l'étude de l'ordonnancement des projets.

- Calculer la durée minimum du projet.
- Identifier les tâches dites "critiques" qui doivent se dérouler sans aucunretard ni délai pour respecter la durée minimum.
- Mettre en évidence les "marges" de manœuvre qui existent pour choisirles dates de déroulement des tâches non critiques.
- Simplifier le contrôle de l'enchaînement des tâches lors de l'exécutiondu projet.
- Rechercher d'éventuelles améliorations permettant de réduire la duréetotale du projet..2.

II.3.2.4.2. Méthode GANTT :

Le diagramme de GANTT est l'un des outils de communication graphique les plus courants en gestion de projet. Nommés d'après l'ingénieur américain Henry L. GANTT (1861-1919), c'est un diagramme à barres représentant les activités (tâches) d'un processus

Le diagramme de GANTT qui se conçoit sous forme d'un tableau où chaque colonne correspond à une unité de temps (exprimé soit en mois, semaines, jours, heures…) et où chaque ligne correspond à une tâche à réaliser. La longueur d'un trait horizontal pour chaque tâche correspond à la durée d'exécution. La situation de chaque trait sur le graphique est corrélée en fonction des liens entre les différentes tâches. Ce diagramme permet de visualiser rapidement : [38]

- La date de début et de fin de la réalisation du projet.
- La date de début et de fin de chaque tâche.
- Les différentes tâches à effectuer.
- La durée et la marge existante sur chaque tâche.
- Le chevauchement éventuel des tâches.[21]

II.3.2.4.1.1. Etapes de création d'un diagramme GANTT

Les diagrammes de Gantt sont visuellement similaires à un graphique à barres. Les tâches sont affichées verticalement et la chronologie s'étend horizontalement en haut du diagramme. Chaque tâche est représentée par un bloc horizontal dont la longueur indique la durée. Pour créer un diagramme GANTT il faut Suivre les étapes suivantes:

a. Déterminez les tâches et les sous-tâches.
b. Identifiez les liens entre les tâches.
c. Créez une chronologie.
d. Ordonnez les tâches.
e. Utilisez un modèle.
f. Attribuez les tâches.
g. Schéma de progression.

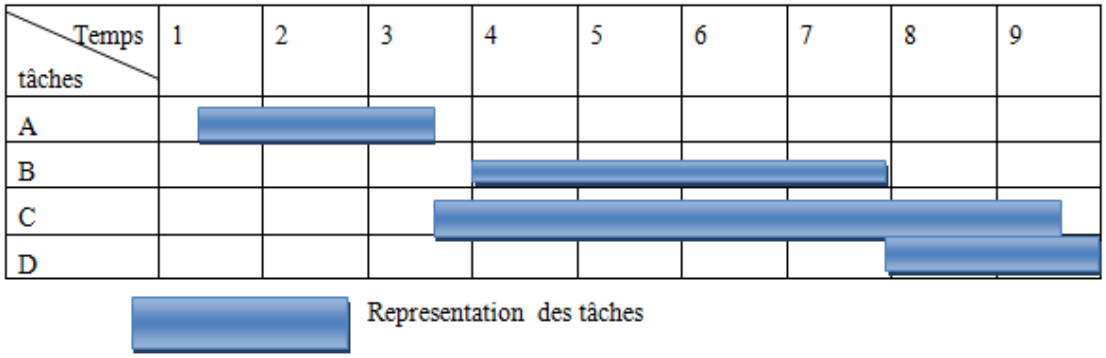


Figure II.17: Diagramme de GANTT

II.3.2.4.1.2. Utilité de la méthode GANTT :

Elle permet de :

- Modéliser la planification de tâches nécessaires à la
- réalisation d'un projet.
- Visualiser l'évolution du projet, de déterminer sa durée de réalisation.
- Mettre en évidence les flottements existant sur certaines tâches.
- Le flottement correspond au temps de retard qu'on peut avoir sur une tâche particulière sans autant augmenter la durée globale de réalisation de projet.
- Représenter la progression du travail et de connaître à tout moment l'état d'avancement du projet, mais également un bon moyen de communication entre les différents acteurs d'un projet.[21]

II.3.2.4.3. Méthode MPM:

La Méthode des Potentiels Métra (MPM) est, comme la méthode PERT, une technique d'ordonnancement basée sur la théorie des graphes, visant `a optimiser la planification des taches d'un projet. Implicitement, sur le graphe la m´méthode PERT appelé aussi graphe taches, le sommet représente un état auquel nous mentionnons des dates au plus tôt et au plus tard et le nom des tâches et leurs durées sur les arcs des graphes. Dans le graphe de la m´méthode MPM Le sommet porte le nom de la tâche ainsi ses dates début au plus tôt et au plus tard, les arcs indique les contraintes d'antériorité et de postériorité entre les tâches et leurs durées [23]

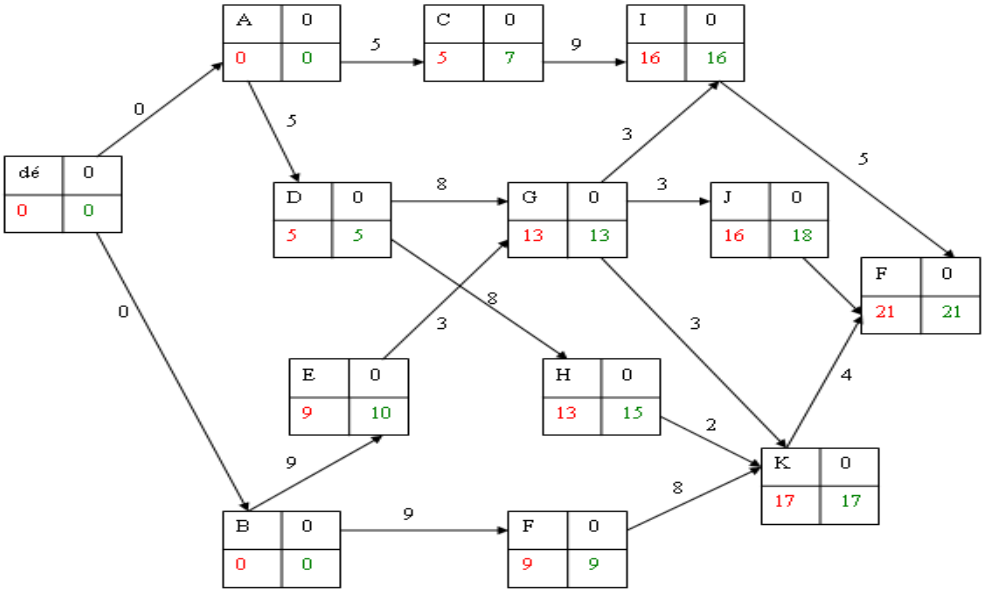


Figure II. 18 : diagramme MPM [40]

Conclusion :

L'analyse fonctionnelle est une étape cruciale pour l'équipe de recherche dans le développement de produits. Son objectif est de bien comprendre les besoins et les souhaits du client afin de déterminer la fonctionnalité du produit. Par la suite, nous pouvons entamer la phase de faisabilité et rechercher des solutions techniques La planification est également un élément essentiel dans la gestion de projets et des systèmes informatiques. Elle contribue à améliorer l'efficacité et la performance en organisant de manière optimale les tâches et les ressources**.**

Chapitre III : Application des techniques de Planification Pert et Gantt à la mine de l'Ouenza		
III.1	Introduction	**33**
III.2	présentation de la mine de l'Ouenza	**33**
III.3	Présentation de SONAREM SPA	**34**
III.4	Nature du gisement	**35**
III.5	Structure de maintenance au sein de la mine de l'Ouenza	**36**
III.5.1	Le Département Maintenance	**36**
III.6	Parc des engins miniers	**37**
III.7	Analyse comparative des machines de chargement utilisées dans le secteur minier	**38**
III.8	Etude De La chargeuse Caterpillar 990k et analyse de pannes	**38**
III.8.1	Caractéristiques techniques principales	**39**
III.8.2	Pannes courantes et leur impact sur la production	**39**
III.8.3	Classification des pannes sur le Caterpillar 990k	**41**
III.8.4	Analyse et diagnostic des pannes du Caterpillar 990k basés sur les expériences de maintenance sur le terrain	**43**
III.8.4.1	problèmes identifiés lors du diagnostic	**43**
III.9	Application de la méthode PERT à la maintenance du Caterpillar 990k	**44**
III.10	Application de la méthode Gantt la maintenance du Caterpillar 990k	**50**
III.10.1	Élaboration du réseau GANTT	**51**
III.11	La différence entre les deux méthodes PERT et GANTT	**52**
III.12	Conclusion	**53**

III.1.Introduction :

Dans ce chapitre, qui sera introduit par la mine d'El Ouenza, nous avons été amenés à étudier l'application des méthodes de planification de projet, notamment la méthode PERT et la méthode GANTT, qui ont été choisies comme deux outils fondamentaux dans cette étude en raison de leurs avantages dans l'amélioration et l'organisation des tâches de maintenance afin d'assurer la production tout en réduisant les périodes d'arrêt. IL sera également question d'étudier la chargeuse sur pneus de type Caterpillar 990K, ainsi que de clarifier la différence entre les deux méthodes.

III.2.présentation de la mine de l'ouenza :

Les mines de l'Ouenza et de BOUKHADRA ont commencé leur activité respectivement en1921 et 1925. durant l'époque coloniale, la production de ces mines était destinée exclusivement à l'exportation jusqu'à l'indépendance de l'Algérie, voire jusqu'a 1967 avec Une moyenne de 03 millions de tonnes de minerai de fer exporté à destination de l'Europe, de l'Asie et l'Amérique. depuis 1967, date de la nationalisation des mines, ces dernièresOnt été confiées à la SONAREM (Société nationale de recherche et d'exploitation minières).Jusqu'en 1983, date de la restructuration de la SONAREM, il y a eu création de plusieursFiliales par spécialité, dont FERPHOS, chargée de l'exploitation des mines de fer et dePhosphate. En 2001, dans le cadre d'un partenariat, ces deux mines ont été cédées auPartenaire ISPAT du groupe L.N.M (LAKSHMI NIWASMITTAL), qui les a exploitées pendantUne quinzaine d'années.

Le départ de ce partenaire en 2016 a donné lieu à la création deMFE SPA (GroupesSONAREM SPA) .[39]

Tableau III.1. présentation de la mine [39]

1878	Premier permis de recherche du fer accorder à monsieur pascal.
1913	Constitution de la société de l'Ouenza.
1921	Mise en exploitation du gisement de l'Ouenza.
1939	Electrification de la voie ferrée.
1949	Intensification de la grosse mécanisation.
1967	Nationalisation des mines.
1983	Restructuration de la SONAREM et création de l'EN FERPHOS.
1985	Démarrage du 2eme haut fourneau et l'arrêt des exportations.
1990	Passage de l'entreprise a l'autonomie.
2001	Partenariat avec ISPAT « groupe LNM ».
2004	Changement de dénomination de la société a« mittalsteel Tébessa ».
2007	Changement de dénomination de la société a « ArcelorMittal Tébessa ».
2016	Changement de dénomination de la société a« MFE».

III.3.Présentation de SONAREM SPA :

Le GroupeSONAREM SPA est une spa créée en février 2011 et dotée d'un capital social de 5 milliards de dinars. Spécialisé dans le domaine de la recherche , Exploration, Développement , Exploitation du domaine minier et la commercialisation de produits miniers, le groupe seCompose de (09) entités :

- Société des mines de phosphate (SOMIPHOS) .
- Société des mines de Fer (SOMIFER) .
- Société des mines de Fer de l'est (MFE) .
- Entreprise nationale de sel (ENASEL) .
- Entreprise nationale de l'OR (ENOR) .
- Entreprise nationale des granulats (ENG) .
- Entreprise nationale de marbre (ENAMARBRE) .
- Office nationale de recherches géologiques et minières (ORGM) .
- Entreprise nationale des produits miniers non-ferreux (ENOF) .[43]

III.4. Nature du gisement :

cette mine comprend plusieurs étapes à savoir :

- Extraction de niveau de fer à ciel ouvert par la FORATION et l'abattage à l'explosif .

- Chargement par pelles et chargeuses sur camions .

- Alimentation des stations de concassage par camions . Il est à la fois le plus riche et le plus important gisement de fer en exploitation en Algérie,il fut découvert en 1878, son exploitation remonte à 1921.Le réseau hydrographique est peu abondant en ressources aquifères, les principaux cours d'eauSont : OUED-MELLAGUE et Oued El- KSAB dont les débits sont irréguliers et varient selon la saison et la quantité de précipitation (pluviométrie).La couverture végétale est pauvre et représentée essentiellement par des petites forêts de pins d'Alep. A ce titre, la population de la région vit généralement de l'activité minière et deL'élevage d'ovins et de caprins.

Le gisement de l'Ouenza est encaissé dans le calcaire aptiens. L'allure principale du gîte correspond à un alignement minéralisé qui débute un peu plus au nord est du pic (cote 1235),S'étend sur une longueur de 5 Km dont l'exploitation a engendré sa division en plusieursb quartiers du nord est vers le sud-ouest : DOUAMIS, HALLATIF, conglomérats, st barbe, et les deux CHAGOURA Nord et sud de la grande structure anticlinale avec le quartier ZERGA.Au-dessus du niveau hydrostatique, l'oxydation des carbonates au contact de l'air a donnéNaissance à l'hématite au-dessous, le minerai sous formede sidérite (carbonate de fer) procédure de travail d'après les tournées et visites effectuées au niveau de la mine de l'Ouenza, la procédure d'exploitation appliquée dans

- Criblage et concassage .

- Reprise sous concasseurs et acheminés vers le dépôt de stockage par convoyeur à Bande

- Expédition du niveau de fer par voies ferrées (train) vers le complexe d'El-Hadjar. [39]

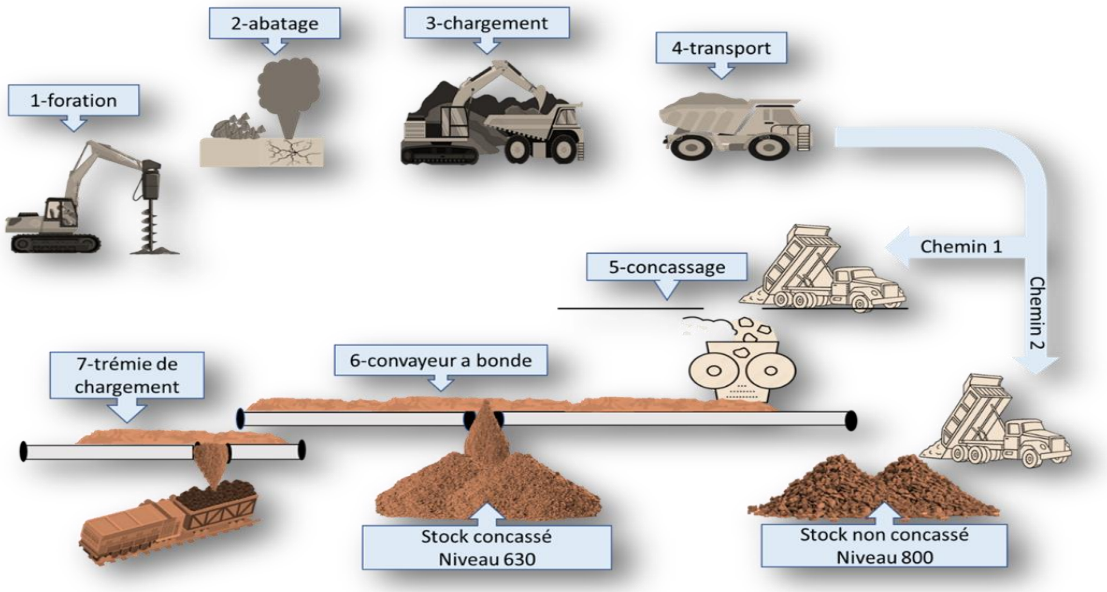


Figure III.1. Procédure d'exploitation [39]

III.5.Structure de maintenance au sein de la mine de l'Ouenza :

La Division Maintenance est organisée de la manière suivante :A sa tête hiérarchique un Chef de Division Maintenance qui est sous l'autorité directe du directeur de la mine, qui dirige et coordonne avec trois chefs des départements qui sont :

- Département MRO / C .
- Département Chantiers EXTERIEURS .
- Service électrique .
- Service ATC .

III.5.1. Le Département Maintenance :

Est organisé de la manière suivante :

A sa tête hiérarchique un chef de département qui est sous l'autorité directe du chef de divisionmaintenance, qui dirige et coordonne avec des responsables de services qui sont :

- Le chef de service ATC.
- Le chef de service entretien engins de chantiers extérieurs.
- Le chef de service MRO/routier.
- Le chef de service électrique.

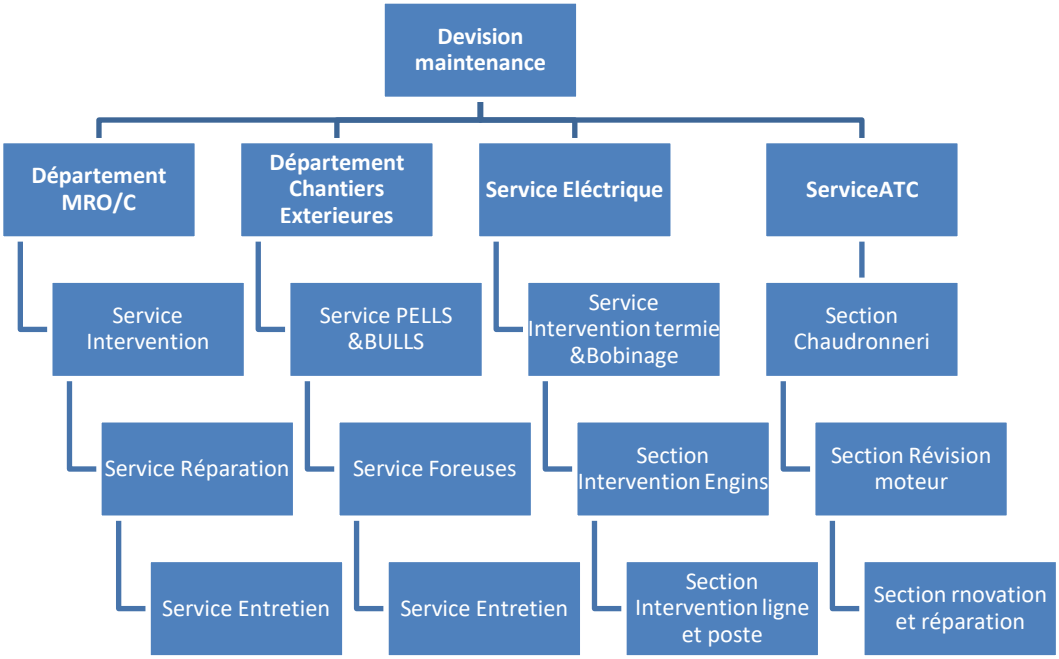


Figure III.2. Organisation de la Division maintenance

III.6.Parc des engins miniers :

Il existe plusieurs équipements dans la mine de l'Ouenza à savoir :

Tableau III.2. Les engins disponibles au niveau la mine d'Ouenza [16]

Engin	Nombre
Camions de carrière	16
Chrgeuse	5
Bull	6
Niveleuse	2
Pelles de rechargement	5
Sondeuses d'abattage	3

III.7.Analyse comparative des machines de chargement utilisées dans le secteur minier :

Après avoir étudie les différents types des machines utilisées dans le sectureminier ,nous avons constaté que :

- La chargeuse 990K joue un rôle très important dans le processus des opérations d'exploitation minière, notamment dans la phase de chargement.
- Ce type de chargeuse est considéré comme le pivot de l'outil de production dans la mine de l'Ouenza, grâce à sa grande capacité de godet (8,2 m³) et à son rendement horaire très élevé**.**

Le motif de choix de la chargeuse est la capacite chargement et le taux de particpation de cette derniere dans la productivite de la mine.

Tableau III.3. moyens de chargement à la mine d'El Ouenza

Modèle	Puissance (KW)	Couple (Nm)	Capacité du Godet (m³)	Capacité de charge (t)
Caterpillar 988H	403	2280	6 .4	11 .3
Caterpillar 990K	527	3118	8 .2	20.5
Caterpillar 986	276	1760	5.4	9.5
Liebherr R 9100	565	3300	7.5	15
Komatsu PC1110	578	3450	6.7	12

III.8.Etude du chargeuse Caterpillar 990k et analyse de pannes :

La Chargeuse sur pneus de marc Caterpillar type 990 k Cata fait ses preuves dans les mines, les carrières et les sites industriels du monde entier. La Chargeuse sur pneus 990K redéfinit les niveaux dePerformances, de sécurité, de confort du conducteur et d'efficacité.[40][41]



Figure III.3. Chargeuse Caterpillar 990K[45]

III.8.1.Caractéristiques techniques principales :

La Chargeuse Caterpillar 990k présente plusieurs caractéristiques :

Tableau III.04 : Caractéristiques La chargeuse 990K

Caractéristique	Données technique
Moteur	C 27 Cat ACERT
Puissance nette	521 KW / 699 C h
Poids en ordre de marche	85136 Kg
Capacité du godet	8 ,2 m³
Couple maximal	1200 tr / min à 3557 Nm
Type de transmissions	Automatique 3AV / 3AR

III.8.2.Pannes courantes et leur impact sur la production :

Après la collecte des données durant l'exercice de l'année 2024, il ressort que la chargeuse, objet de notre étude de cas, n'a atteint qu'un taux de disponibilité de 29 %. Sachant qu'au niveau de la mine d'Ouenza, le taux de disponibilité est calculé comme suit :

$$D = \frac{MTBF}{(MTTR + MTBF)} \qquad \text{III.1}$$

On a :

Poste de travail= 8heure

$Temps_{poste}$= 8h ET $Temps_{Jour}$=24h

1-Calculée Le tempsCalendrier :

$T_{cal\ (jour)}$=30(J) x24(h)

TCal (année)=24(h) x 365(J)

Donc :

$T_{Cal\ (j)}$= 720h

TCal(année) = 8760 h

2-Calculer le Taux de DisponibilitéT$_{Dis}$:

$$\boldsymbol{T_{dis} = \frac{H_{dis}}{H_{cal}}} \qquad \text{III.2}$$

Et :

$$\boldsymbol{H_{dis} = H_{cal} - H_M} \quad \text{III.3}$$

H_{Dis}=8-2=6h

Donc : $T_{Dis}=\frac{6}{8}$ = 0.75

T_{Dis}=75%

- **T_{Dis}(Planifie)=75% en 2024**

  Après étude et analyse du Bilan annuel relatif à l'année 2024, on constate que le taux réalisé est : **T_{Dis}(réalise)=29%**

Performance CUMUL AU 31/12 /2024

Tableau III.5. performance de caterpillar 990K Dans un année 2024

EQUIPMENT	Cal.Hrs	Av.Hr	Ut .Hr	B/D Hr	%Av	%Util	Prod	T/M/ Hrs
EXCAVATORS								
K-01	8784,0	23,5	15,0	8760 ,5	0%	64%	2880	192
L01	7344,0	0,0	0,0	7344,0	0%	0%	0	0
L03	8784,0	4614,0	3551,5	4125,0	53%	77%	1064360	300
Total	24912	4638	3567	20230	19%	77%	1067240	299
Excavators + Loaders	50208	12668	9369	36629	25%	74%	3150120	336
LOADERS								
Cat 01	4416,0	1276,0	854,0	3127,0	79%	67%	380570	680
CH N °06	8784,0	1469,0	842,0	6471,0	17%	57%	157920	188
CH N°07	8784,0	2522,5	1897,0	6261,5	29%	75%	632190	333
CH N° 08	1656,0	1424,5	1137,5	231,5	86%	80%	356700	314
CH N° 09	1656,0	1347,5	1071,5	308 ,5	81%	80%	355500	332
Total	25296 ,0	8030,5	5802,0	16399,5	32%	72%	2082880,0	359

III.8.3.Classification des pannes sur le Caterpillar 990k：

Les pannes survenus dans le chargeur en 2024

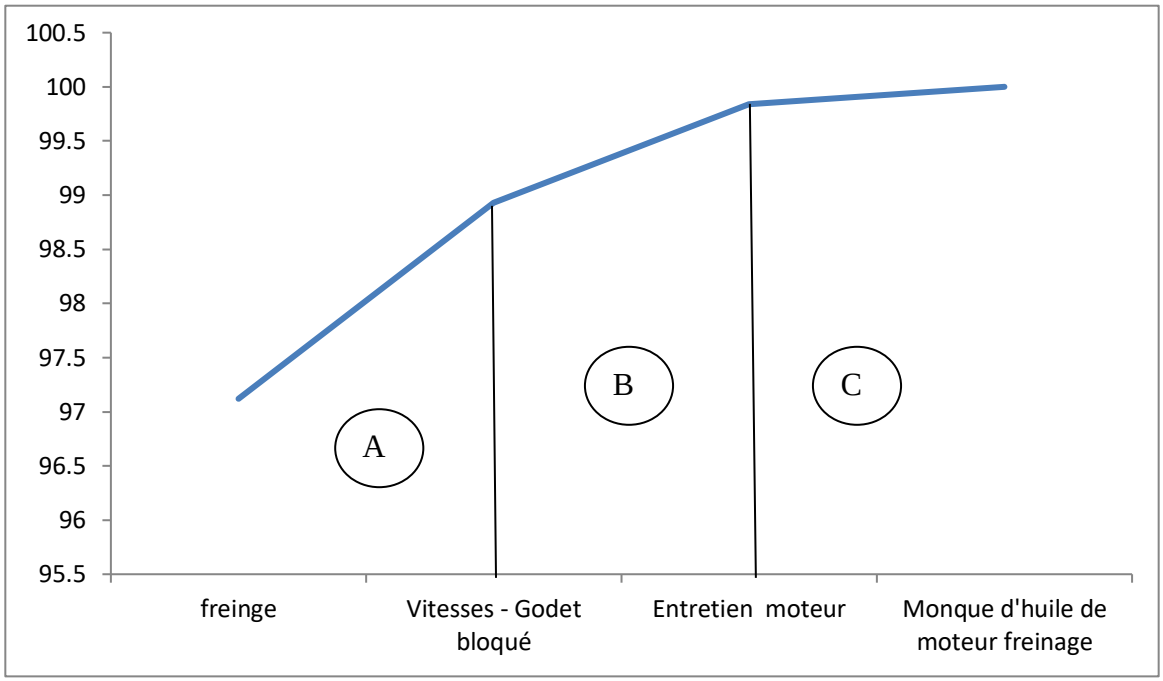
Tableau III.6. Classification des pannes sur le Caterpillar 990k

Les pannes	Nombre de pannes	HP	Classement	Nature de panne
Freinage	4	2563	1	Hydraulique
Vitesses godet bloque	1	48	2	Hydraulique
Entretien moteur	1	4	4	Mécanique
Monque d'huile de moteur freinage	1	24	3	Hydraulique

Tableau III.7. Résultats de la classification des pannes selon la méthode de PARETO

Les pannes	HP	HP cumul	C%
Freinage	2563	2563	97.12%
Vitesses godet bloque	48	2611	98.93%
Entretien moteur	4	2635	99.48%
Monque d'huile de moteur freinage	24	2639	100%

Figure III.4. Diagramme de Pareto des Chargeuse CAT990 K



- **Analyse du diagramme ABC de la chargeuse cat 990k :**

-Ce tableau est basé sur le principe de Pareto, selon lequel 80 % des problèmes sont dus à 20 % des causes .

-La cause hydraulique (HYD) est la plus influente .

III.8.4. Analyse et diagnostic des pannes du Caterpillar 990k basés sur les expériences de maintenance sur le terrain :

Un diagnostic approfondi de 15 jours a été réalisé sur la machine Caterpillar 990K à la mine d'El Ouenza, permettant d'identifier plusieurs pannes ayant affecté ses performances.

III.8.4.1.problèmes identifiés lors du diagnostic:

1. Perte de freinage (Défaillance de la pompe de frein).
2. Perte des commandes des godets.
3. Échauffement excessif de l'huile hydraulique.
4. Perte de pression de pilotage.

III.9. Application de la méthode PERT à la maintenance du caterpillar990k :

La réalisation d'un diagramme PERT s'effectue en plusieurs étapes

Etape 01 : Lister les tâches et estimez leur durée et leur(s) antécédent(s)**:**

Le projet a été mené à bien par l'équipe en accomplissant les tâches suivantes :

Tableau III.8. Des Tâches et Structuration du projet

A	Diagnostic préliminaire suite à une panne hydraulique « perte du frein de service + blocage du frein de parking ».
B	Exploitation des documents (catalogue et manuel de maintenance).
C	Diagnostic.
D	Démontage et dépose de la pompe hydraulique des freins, puis pose d'une pompe neuve.
E	Dépose des vérins hydrauliques (deux vérins de levage + vérin de cavage) . pose des vérins réparés.
F	Dépose de la pompe d'équipements et pose d'une pompe neuve.
G	Dépose de la pompe de pilotage et de refroidissement de l'huile hydraulique. Pose de la pompe de pilotage et de refroidissement de l'huile hydraulique.
H	Essais, tests et réglage des différents paramètres (pression, débits, calibration des électrovalves avec logiciel et puissance hydraulique). Vérification de la température de l'huile hydraulique et de la vitesse de rotation du ventilateur de refroidissement de l'huile.

Etape 02 :Calcul de la durée attendue pour chaque activité

Tableau III.9. tableau des données d'entrée

Tâches	Tâches PRECENDENTS	Durée optimiste (O)	Durée pessimiste (P)	Durée la plus probable (M)
A	-	6	10	7
B	A	4	8	5
C	A	13	17	15
D	B.C	3	7	4
E	B.C	18	23	20
F	E	14	19	16
G	D	5	10	7
H	F.G	5	10	7

Pour calculer la durée prévue de chaque activité, nous utilisons la règle suivante

$$\boldsymbol{T = \frac{(O+P+4\times M)}{6}} \qquad \text{III.4}$$

$$T_a = \frac{(6+10+(4\times 7))}{6} = 7J$$

$$T_b = \frac{(3+8+(4\times 5))}{6} = 5J$$

$$T_c = \frac{(13+17+(15\times 4))}{6} = 15J$$

$$T_d = \frac{(3+7+(4\times 4))}{6} = 4J$$

$$T_e = \frac{(18+23+(20\times 4))}{6} = 20J$$

$$T_f = \frac{(14+19+(16\times 4))}{6} = 16J$$

$$T_g = \frac{(5 + 10 + (7 \times 4))}{6} = 7J$$

$$T_h = \frac{(5 + 10 + (7 \times 4))}{6} = 7J$$

Pour mettre en place un réseau PERT, il faut établir le tableau suivant :

Tableau III.10. Élaboration du réseau PERT

Tâches	Tâches PRECENDENTS	DUREE ATTENDUE
A	-	7j
B	A	5j
C	A	15j
D	B,C	4j
E	B,C	20j
F	E	16j
G	D	7j
H	F,G	7j

Étape 3 : Indiquez les dates au plus tôt et les dates au plus tard

Calcul des dates de réseau PERT :

Tableau III.11.Le planning basé sur la méthode PERT

Dates au plus Tôt	Dates au plus tard
T1 = 0	T9 = 65
T2 = Max (0 + 7) = 7	T8 = Min (65 – 7) = 58
T3 = Max (7 + 5) = 12	T7 = Min (65 – 7) = 58
T4 = Max (7 + 15) = 22	T6 = Min (58 – 7) = 42
T5 = Max (12 + 4) = 16	T5 = Min (58 – 7) = 51
T6 = Max (22 + 20) = 42	T4 = Min (42 – 20) = 22
T7 = Max (16 + 7) = 23	T3 =Min (51 – 4) = 47
T8 = Max (42 + 16) = 58	T2 =Min (47 – 5 ; 22 - 15) = 7
T9 =Max (23 + 7 ; (58 + 7) = 65	T1 = Min (7 – 7) = 0

Étape 04: Nous avons construit le réseau en reliant les tâches les unes aux autres par étapes, en indiquant sur le graphique le nom des tâches et leur durée, tels que définis ci-dessus, ainsi que la date la plus tôt et la date la plus trad.

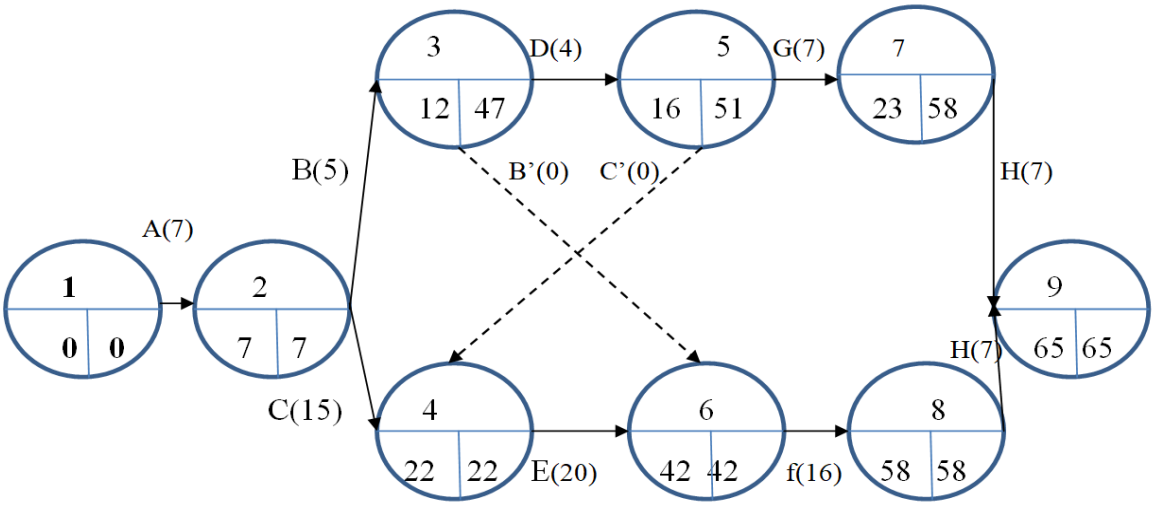


Figure III.5. Diagramme de PERT des Chargeuse CAT990K

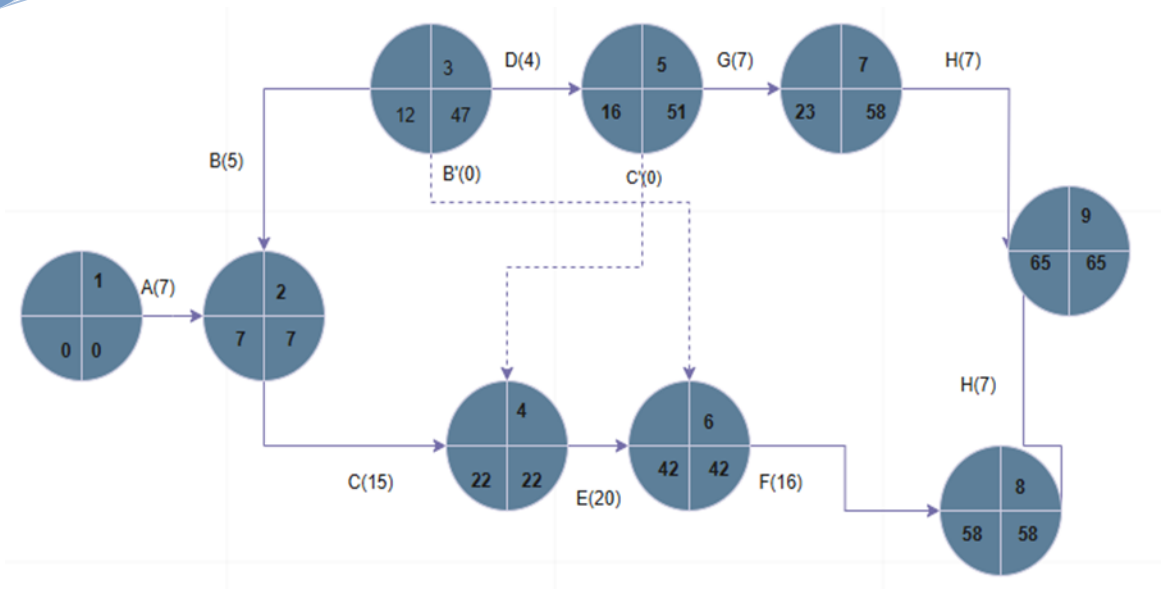


Figure III.6. Diagramme de PERT des Chargeuse CAT990K (draw.io)

Etape 05: Calculez les marges libres et les marges totales des tâches**.**

Pour déterminer l'analyser les marges, nous utilisons les règles suivantes:

- **Marge Totale :**

$$\boldsymbol{Marge\ total = date\ de\ fin + tard - date\ début + tôt - dureedeTâches}\ \textbf{III.4}$$

$M_{T_a} = 7 - 0 - 7 = 0j$

$\boldsymbol{M_{T_b}} = 47 - 7 - 5 = 35j$

$\boldsymbol{M_{T_c}} = 22 - 7 - 15 = 0j$

$\boldsymbol{M_{T_d}} = 51 - 12 - 4 = 35j$

$\boldsymbol{M_{T_e}} = 42 - 22 - 20 = 0j$

$\boldsymbol{M_{T_F}} = 58 - 42 - 16 = 0j$

$\boldsymbol{M_{T_g}} = 58 - 16 - 7 = 35j$

$\boldsymbol{M_{T_{H_{(G)}}}} = 65 - 23 - 7 = 35j$

$\boldsymbol{M_{T_{H_{(F)}}}} = 65 - 58 - 7 = 0J$

- **Marge libre:**

$$\boldsymbol{Marge\ libre} = \boldsymbol{date\ de\ fin} + \boldsymbol{Tôt} - \boldsymbol{date\ début} + \boldsymbol{Tôt\ Durée\ de\ la\ Tâches} \quad \text{III.5}$$

$$\boldsymbol{M_{L_a}} = 7 - 0 - 7 = 0j$$

$$\boldsymbol{M_{L_b}} = 12 - 7 - 5 = 0j$$

$$\boldsymbol{M_{L_c}} = 22 - 7 - 15 = 0j$$

$$\boldsymbol{M_{L_d}} = 16 - 12 - 4 = 0j$$

$$\boldsymbol{M_{L_e}} = 42 - 22 - 20 = 0j$$

$$\boldsymbol{M_{L_f}} = 58 - 42 - 16 = 0j$$

$$\boldsymbol{M_{L_g}} = 23 - 16 - 7 = 0j$$

$$\boldsymbol{M_{L_{H_{(G)}}}} = 65 - 23 - 7 = 35j$$

$$\boldsymbol{M_{L_{H_{(f)}}}} = 65 - 58 - 7 = 0j$$

Etape 06: calcul du chemin critique

Chemin critique : A-C-E-F-H

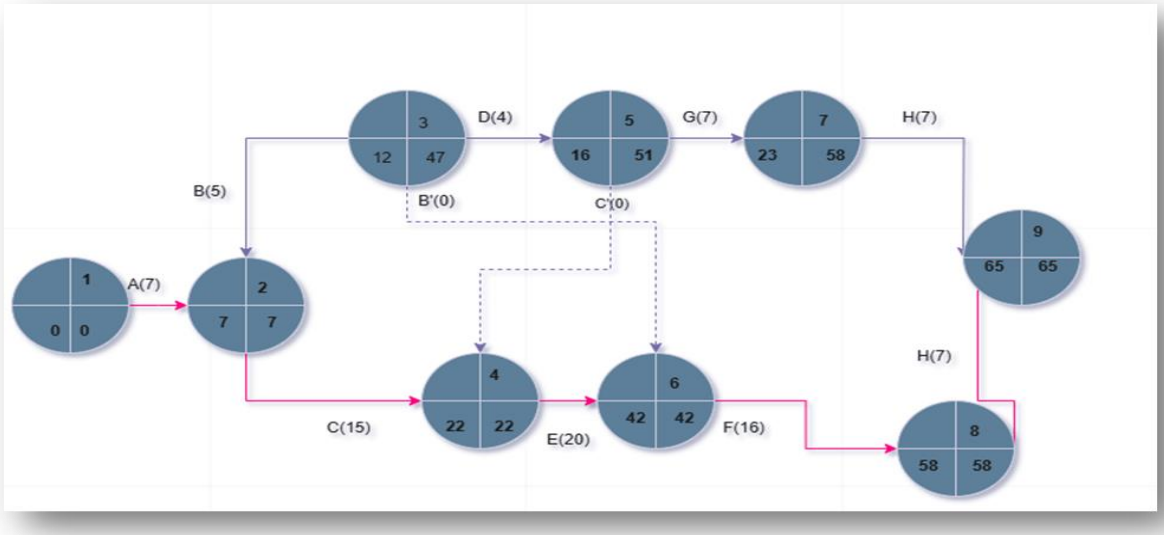


Figure III.7. Diagramme de PERT des Chargeuse CAT990K chemin critique (draw.io)

III.10.Application de la méthode GANTTà la maintenance du caterpillar990k :

III.10.1.Élaboration du réseau GANTT :

Étape 01 : Créez un tableau des tâches et des dates de début et de fin de chaque tâche.

Tableau III.12. Élaboration du réseau GNATT

Tache	Date debut	Durée en jour	Date de fin	taches precendens
A	3/1/2024	7	3/8/2024	
B	3/8/2024	5	3/13/2024	A
C	3/8/2024	15	3/23/2024	A
D	3/23/2024	4	3/27/2024	B.C
E	3/27/2024	20	4/16/2024	B,C
F	4/16/2024	16	5/2/2024	E
G	3/27/2024	7	4/3/2024	D
H	5/2/2024	7	5/9/2024	F,G
TOTAL		81		

Etape 02 : Dessiner le diagramme de GANTT

Après l'étape ci-dessus, nous aurons un diagramme de Gantt d'un plan de projet réussi.

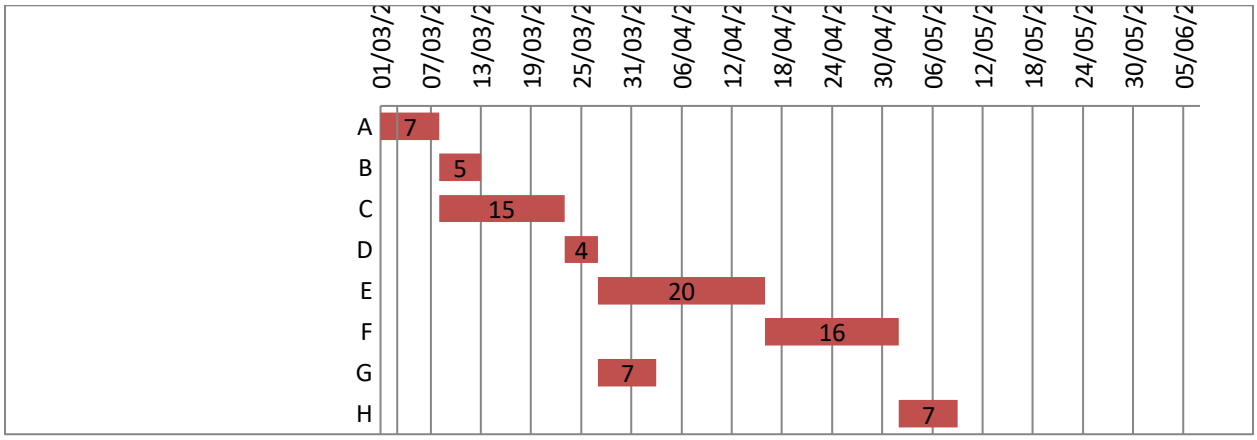


Figure III.8. Diagramme de GANTT des Chargeuse CAT990 K



Figure III.9. Diagramme de GANTT des Chargeuse CAT990 K(instagantt)

Etape 03 : Dessiner le chemin critique.

Le diagramme de Gantt a été réalisé en se basant sur les données obtenues à partir de la méthode PERT, notamment les marges totales et les marges libres.Ce diagramme illustre la séquence des tâches dans le temps.Le chemin critique a également été identifié, comprenant les tâches suivantes : (C-D-E-F), dont la durée totale est de 55 jours.

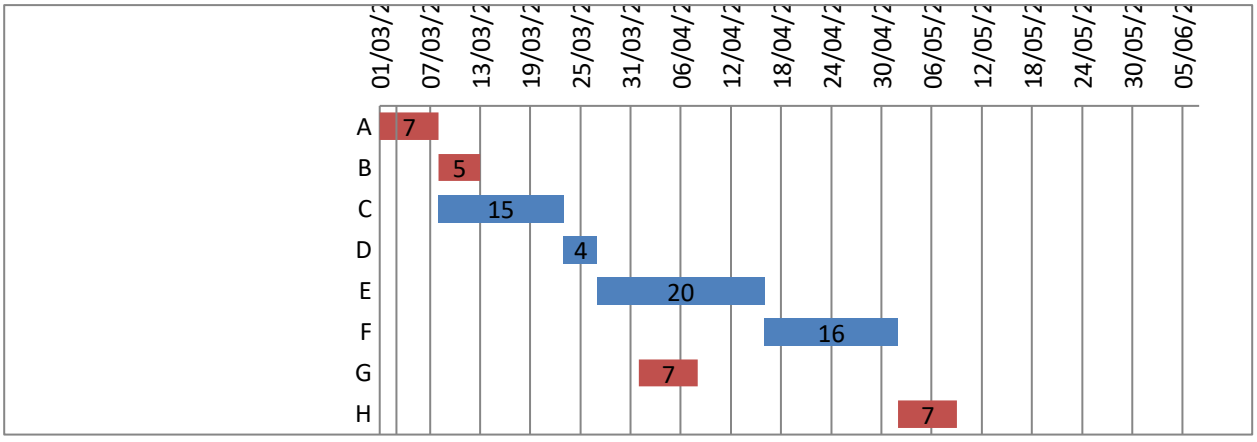


Figure III.10. Diagramme de GANTT des Chargeuse CAT990 K chemin critique

III.11.Différence entre les deux méthodes PERT et GANTT :

Après avoir étudie et appliqué les méthodes PERT et GANTT sur la machine Caterpillar type 990K, nous avons constaté qu'il existe centraines différences entre les deux methodes, lesquelles jouent un but important dans la planification des projets.

Tableau III.13.différence entre les deux méthode PERT et GANTT

Base de comparaison	Diagramme GANTT	Diagramme PERT
Format de présentation	Diagramme à barre dans lequel chaque barre représente une tâches	Diagramme de réseau avec des cases qui représentent les tâches.
Facilité de lecture	Facile à comprendre pour les non spécialistes	Nécessite une formation ou une étude préalable
Chemin critique	Le chemin critique est difficile à trouver lorsque vous utilisez des diagrammes de GANTT	Le chemin critique est facile à trouver lorsque vous utilisez des diagrammes PERT
Relations entre les tâches	Elle se pprésente sous forme d'une barre avec une durée déeterminée	Le réseau des tâches est représenté par des fléches, c'est-à-dire qu'une tâche ne commence que lorsque la précédente est terminée
Interprétation des diagrammes	En général, il faut le lire de gauche à droite pour suivre le statut des tâches et parfois le chemin critique	En général, il faut le lire de manière holistique pour tracer le chemin critique et, dans certains cas, pour suivre le statut des projets
Précision temporelle	Exige une seule durée pour chaque tâches au quotidien au chaque semaine	Nécessite trois estimations de durée
Utilisation pratique	Facilite le suivi des tâches	Bon pour analyser l'ensemple du projet
L'objectif de la méthode	Visualisation pour la planification et le suivi temporel	Affichage automatique du chemin critique

III .12.Conclusion :

Compte tenu de ce qui précède, nous avons conclu que la méthode GANTTest plus adaptée au suivi opérationnel du travail à court terme, tandis que la méthode PERT est davantage orientée vers la planification globale des projets et permet d'identifier plus facilement le chemin critique, contrairement à la méthode GANTT.

Conclusion Générale

Conclusion générale:

Au terme de ce travail, qui aborde l'idée d'améliorer la productivité grâce à l'étude et à l'application d'outils de planification qui servent d'outil d'optimisation et d'organisation des tâches et de réduction des temps d'arrêt.

Cette étude nous a permis d'analyser les causes des temps d'arrêt qui conduisent à l'écart entre les capacités disponibles dans l'étude de panne de la machine Caterpillar Type 990k et la manière dont elles sont appliquées, ce qui confirme l'utilisation d'une planification préalable avant la gestion de l'ordonnancement.

Les résultats de l'application pratique des méthodes Pert et Gantt nous ont montré que la planification améliore non seulement la productivité mais contribue également à prendre des décisions de maintenance stratégiques qui complètent son importance grâce à l'utilisation de l'AFP et de l'AFP. L'AFB nous a permis de déterminer les besoins de la machine Caterpillar type 990k, et l'AFP nous a montré comment comprendre les fonctions de la machine et déterminer l'importance de chacune pour répondre au besoin. Grâce à ces deux analyses, nous pouvons dresser un tableau complet de la maintenance depuis la demande d'un besoin jusqu'à sa réalisation.

Nous concluons de cela que l'étude de l'importance de l'intégration des stratégies de maintenance AFP et AFB et de l'application d'outils de planification a constitué une base fondamentale pour organiser le travail et réduire les pannes.

Avec cela, nous avons terminé cette étude et nous espérons que les résultats de ce travail, qui a été représenté dans la comparaison entre les méthodes Pert et Gantt, ont abouti au fait qu'il est facile d'appliquer Pert à n'importe quel projet, car il fonctionne pour clarifier le chemin critique avec plus de précision, et c'est ce dont nous avons besoin pour terminer le travail.

Référence bibliographique

Référence bibliographique

[1]. Foussard, Ernest, Planification et ordonnancement de la maintenance conditionnée par la santé de l'équipement, Thèse de doctorat, Génie industriel conception et production Université Grenoble Alpes, 2023.

[2]. É Heintz, G Heguenauer, É Marcandella, P Weber, La maintenance : un levier du développement durable, 2020, Techniques de l'Ingénieur; Réf : AG502 v1.

[3]. D HALIMI, Contribution à l'amélioration de la maintenance préventive des machines dynamiques dans l'industrie des hydrocarbures, Thèse de Doctorat, Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie, universite m'hamed bougara-boumerdes, 2014.

[4]. I Evdokimov, Tsarev, Y Roman, A Pupkov. Using PERT and Gantt charts for planning software projects on the basis of distributed digital ecosystems. (2018), Journal of Physics: Conference Series. 1074. 012127. 10.1088/1742-6596/1074/1/012127.

[5]. B Hermans; R Leus; 2018; Scheduling Markovian PERT networks to maximize the net present value: New results Operations Research Letters 46 240–244

[6]. Bianconi, Francesco, Gantt Charts, chapter, book title "Data and Process Visualisation for Graphic Communication: A Hands-on Approach with Python",2024, Springer Nature Switzerland, pp175--181,doi : 10.1007/978-3-031-57051-3_13.

[7]. Stempell, Frotscher, Dipl.-Math & oec, Ing & Hennig, Dipl.-Ing & Schallehn, Dipl.-Ing & Schreiter, Dr & Tauer, Dipl.-Ing. (1971). Die Metra-Potential-Methode (MPM). 10.1007/978-3-322-83805-6_8.

[8]. H. Erbiyik, 'Definition of Maintenance and Maintenance Types with Due Care on Preventive Maintenance', Maintenance Management - Current Challenges, New Developments, and Future Directions. IntechOpen, Apr. 05, 2023. doi: 10.5772/intechopen.106346.

[9]. A Salih, O Mohammed, S K Elmardi, 2024.Optimizing Maintenance Management in Modern Industrial Facilities Distributed under Creative

Commons , Journal of Engineering and Applied Sciences. p133- 152, Doi - 10.5455/jeas.2024021111).

[10]. François Monchy Jean-Pierre Vernier, MAINTENANCE Méthodes et organisations, Dunod, Paris, 2000, 2003, 2010, 3º édition.

[11]. J Bufferne ; la TPM : un système de production , Technologie (SCEREN - CNDP) ; 2008 ; Revue Française de gestion Industrielle, Paris.

[12]. D FRIHI, Maintenance industrielle, Polycopié de cours, Université du 8 mai 1945 – Guelma Faculté des Sciences et de la Technologie Département de Génie Mécanique , Juin 2015.

[13]. G Zwingelstein, Maintenance basée sur la fiabilité. Collection Diagnostic des défaillances ; **1995,** Éditeur : Hermès - Lavoisier

[14]. https://www.causeway.com/fr/insights/outils-diagnostic-maintenance-industrielle ; 03/06/2025 AT 00.20;

[15]. Alain Boulenger, Vers le zéro panne avec la maintenance conditionnelleCollection ''Guides de l'utilisateur'' Edition AFNOR 1989.

[16]. Institut de sûreté de fonctionnement, 1999, Sûreté de fonctionnement et maîtrise des risques, la maintenabilité, CETIM,

[17]. G ZWINGELSTEIN .2019. Surete fonctionnement-Principaux concepts, technique de l'ingenieur, Ref:s8250v3.

[18]. AFNOR 1981, X60-010, Terminologie de la maintenance, Association Française de Normalisation.

[19]. B, Fabien; T Bazzaro, F Paquin, R Sagot, J Claude. (2016). Prise en compte du facteur humain en maintenabilité : cas d'un helicoptériste, Conference: 23ème Colloque International des Sciences de la Conception et de l'Innovation, CONFERE, Prague, République Tchèque.

[20]. https://www.causeway.com/fr/insights/outils-diagnostic-maintenance-industrielle 2/6/2025 at 22 :30

[21]. https://www.ase-serem.fr/reduisez-vos-couts-de-production-grace-a-la maintenance industrielle / 2/6/2025 at 22 :00

[22]. Norme NF X 50-151, Analyse de la valeur - Analyse fonctionnelle - Expression fonctionnelle du besoin, 1991

[23]. Jackson, Scott. (2025). Functional Analysis, chapter 10.1201/9781003616214-3.

[24]. Erell Le Gall. 21 janvier 2025.HubSpot. Analyse fonctionnelle : définition, intérêt et étapes; . https://blog.hubspot.fr/marketing/analyse-fonctionnelle 2/6/2025 at 22 :30

[25]. S, Sulasthia ; T, Nastiti ; U, Artika ; E, Rusdiyana ; N, Farida ; 2025, Pelatihan Pembuatan Preparat Sediaan Apus Darah Tepi (SADT) Pada Siswa SMA di Gresik; v5, pp388-394,doi 10.34697/jai.v5i1.1373

[26]. Pokhriyal, A. (2020). Value analysis using function analysis system technique (FAST). International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology (IJEAST), 5(1), 664–665.(http://www.ijeast.com)

[27]. P. severin bl'analyse fonctionnelle, de la methode aux outils, polycopie de cours, Biotechnologie Lycée des métiers de l'hôtellerie et du tourisme de Toulouse

[28]. Guyon, Olivier. (2010). Couplage Planification et Ordonnancement: Approche hiérarchique et décomposition. Thèse de doctorat, Universities d'Angers.

[29]. https://www.komugi.io/fr/ressources/blog-fr/18-ordonnancement/47-planification-et-ordonnancement.html; 24/05/2025

[30]. Guevremont, m & all. (2008). l'ordonnancement de la production : bien plus qu'une question de calcul. 7e Conférence Internationale de Modélisation et SIMulation - MOSIM'08, Paris, France, vol: 3, p.1704-1712.

[31]. Jotti, H., Arroub, S., Didouche, S., Hrida, L., Egaman, B., & Hajji, I. (2024). Planification stratégique. Sous la direction de M. Yahya El Mountassir, Université Ibn Tofail, Faculté d'Économie et de Gestion de Kénitra.

[32]. Stadtler, H. (2004). Tactical planning models for supply chain management. European Journal of Operational Research, vol. 163, no. 3, pp. 575–588. Disponiblesur :https://doi.org/10.1016/j.ejor.2003.11.012

[33]. Andrew A. Fisher John E. Laing John E. Stoeckel John W. 1998.Townsend.Manuel to rechercheopérationnelle en matière de family planning.New York: Population Council.

[34]. Planisense. (s.d.). Ordonnancement : Méthodes et outils pour mieux gérer vos tâches. https://www.planisense.com/autres-articles/ordonnancement-gestion-optimisee-tache 1/06/2025 at 12.22

[35]. Abdennebi Talbi , Évaluation des stratégies de maintenance, 2012 ; Conference: Congrès International en Génie Industriel et Management des Systèmes (CIGIMS 2012). 1ère Edition. Les 18-19 avril 2012 – Fès – Maroc

[36]. DAO, T., EL MONTASSIR, A., GADEDJI, L., & KEKEH, K. E. (2007). Management de projets : Méthodes GANTT et PERT. Encadré par M. Sassi. MCES

[37]. Cogniel, D., &Keck, D. (2016). Mémotech maintenance industrielle (Éd. 1). Delagrave

[38]. OBASUYI, Folorunso. (2025). Scholarly Writing and Educational Institution Growth Mechanism in Social Sciences: The Role of Gantt Chart in Scholarly Achievement. International Journal of Research and Innovation in Applied Science. X. 481-491. 10.51584/IJRIAS.2025.10020043.

[39]. Baala, D. (2019). Caractérisation et valorisation des stériles francs de la mine de l'Ouenza (Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba, Faculté des Sciences de la Terre, Département des Mines). Université d'Annaba. https://biblio.univ-annaba.dz/wp-content/uploads/2021/06/These-Baala-Dirar.pdf

[40]. Caterpillar Inc. (2025). Site officiel de Caterpillar. Consulté le 22 mai 2025, à partir de https://www.caterpillar.com

[41]. SOMIFER. (s.d.). Présentation. Société des Mines de Fer d'Algérie. Consulté le 30 mai 2025, à l'adresse https://www.somifer.dz/presentation/

Référence Bibliographique

[1] D Bouami, Le grande livre de maintenance, , AFNOR, paris, France, Dominique Cohen, 2019.

2], **[3]**FRANCOISMANCHY et Jean Pierre Vernier. (2010). Maintenance méthodes et ORGANIZATION. (3éme EDITION). DUNODS

[4]De Daniel Richet, Marc Gabriel, Denis Malon MASSON paris 1996.

[5]KOTLER, Dubois Marketing management 1997

[6]S.BENSAADA, D.FELIACHI.(2002).La Maintenance Industrielle

[7](Marc THOMAS.2012.Fiabilite, maintenance prédictive et vibration des machines. École de technologie supérieure)

[8]HIKMET ERBIYIK, 2022<<DEFINITION of Maintenance and Maintenance Types WITH Due Care on PREVENTIVE Maintenance>>.

[9] [10]G ZWINGELSTEIN .2019. Surete fonctionnement-Principaux concepts, technique de l'ingenieur, Ref:s8250v3.

[11]AFNOR. (2001). Maintenance – Terminologie (NF EN 13306). AFNOR.

[12] AFNOR. (2018). Maintenance – Terminologie (NF EN 13306). AFNOR.

[13]AFNOR 1981, X60-010, Terminologie de la maintenance, Association Française de Normalisation,)

[14].

[15]Muhammad RidhoBintange ,Kelly RossaSungkono et RiyanartoSarno.Time and Cost Optimization in Feasibility Test of CCTV Project using CPM and PERT.2019 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)

[16]Cogniel, D., &Keck, D. (2016). Mémotech maintenance industrielle (Éd. 1). Delagrave

[17]Pokhriyal, A. (2020). Value analysis using function analysis system technique (FAST). International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology (IJEAST), 5(1), 664–665.(http://www.ijeast.com)

[18]Jotti, H., Arroub, S., Didouche, S., Hrida, L., Egaman, B., & Hajji, I. (2024). Planification stratégique. Sous la direction de M. Yahya El Mountassir, Université Ibn Tofail, Faculté d'Économie et de Gestion de Kénitra. https://www.scribd.com/document/745386611/planification-strategique

[19]Antoine DESPUJOLS. 10 janv. 2005. Ordonnancement des activités Approche fonctionnelle de la maintenance

Abdennebi Talbi , Évaluation des stratégies de maintenance, 2012 ; Conference: Congrès International en Génie Industriel et Management des Systèmes (CIGIMS 2012). 1ère Edition. Les 18-19 avril 2012 – Fès - Maroc

- 

[20]Acier DELOUX. 2008. Politiques de maintenance conditionnelle pour un système en détérioration continue soumis à un environnement stressant. Thèse de doctorat de l'Université de Nantes

[21]DAO, T., EL MONTASSIR, A., GADEDJI, L., & KEKEH, K. E. (2007). Management de projets : Méthodes GANTT et PERT. Encadré par M. Sassi. MCES

[22]Stadtler, H. (2004). Tactical planning models for supply chain management. European Journal of Operational Research, vol. 163, no. 3, pp. 575–588. Disponiblesur :https://doi.org/10.1016/j.ejor.2003.11.012

[23] RAMDANI Zoubir. Cours sur l'ordonnancement. 2021/2022.Pge 40-41

[24]F. AUDRY professeur agrégé de mécanique, P. TAILLARD IA-IPR STI ."La démarche d'Analyse Fonctionnelle". In: 2010

[25]Maëlys De Santis . Le 27 septembre 2024. Analyse fonctionnelle (Functional analysis) : Définition et Usages. https://www.appvizer.fr/magazine/operations/gestion-de-projet/analyse-fonctionnelle-

[26]Mohammed. (2023, 21 mai). Le chemin critique (Critical Path en anglais). Blog Gestion de Projet. https://blog-gestion-de-projet.com/le-chemin-critique-critical-path-en-anglais/

[27]Erell Le Gall. 21 janvier 2025.HubSpot. Analyse fonctionnelle : définition, intérêt et étapes. https://blog.hubspot.fr/marketing/analyse-fonctionnelle

[28]Faster Capital. (s.d.). Maintenance : l'impact caché de la maintenance sur les coûts à vie. https://fastercapital.com/fr/contenu/Maintenance--l-impact-cache-de-la-maintenance-sur-les-couts-a-vie.html

[29] Ase-Serem. (2024, avril18). Réduisez vos coûts de production avec la maintenance industrielle. https://www.ase-serem.fr/reduisez-vos-couts-de-production-grace-a-la-maintenance-industrielle/

[30]Causeway Technologies. (s.d.). Les outils de diagnostic pour la maintenance industrielle. https://www.causeway.com/fr/insights/outils-diagnostic-maintenance-industrielle

[31] Picomto. (s.d.). 5 types de maintenance à connaître absolument https://www.picomto.com/5-types-de-maintenance-a-connaitre-absolument/

[32]Planisense. (s.d.). Ordonnancement : Méthodes et outils pour mieux gérer vos tâches. https://www.planisense.com/autres-articles/ordonnancement-gestion-optimisee-tache

[33]Astrée Software. (s.d.). Quelle différence entre l'ordonnancement et la planification ?.https://www.astree-software.fr/conseils/planification-et-ordonnancement/difference-planification-ordonnancement/

[34]Smartsheet. (s.d.). Diagrammes PERT vs diagrammes de Gantt. https://fr.smartsheet.com/content/pert-vs-gantt

[35]O2C. (n.d.). Schéma : Planification versus Ordonnancement [Image]. https://www.o2c-sc.com/images/Schma-Planification-versus-Ordonnancement.webp

[36]Causeway Technologies. (2019, 7 avril). Les outils de diagnostic pour la maintenance industrielle. https://www.causeway.com/fr/insights/outils-diagnostic-maintenance-industrielle

[37]Muller, A. (s.d.). La gestion du projet. http://amuller94.free.fr/BTSIG/Mod/GestProj.htm

[38]Vernago, T., Dubois, P., Ossat, A. et Sitbon, E. (2003). L'inventeur-entrepreneur : de l'idée originale au développement industriel d'un produit innovant.Communications présentées à CONFERE 2003.

[39]Andrew A. Fisher John E. Laing John E. Stoeckel John W. 1998.Townsend.Manuel to rechercheopérationnelle en matière de family planning.New York: Population Council.

[40]Muller, A. (n.d.). La gestion du projet. Consulté le 22 mai 2025, à partir de http://amuller94.free.fr/BTSIG/Mod/GestProj.htm

[41]Wikipédia. (2025, janvier). Société de l'Ouenza. Consulté le 22 mai 2025, à partir de https://fr.wikipedia.org/wiki/Soci%C3%A9t%C3%A9_de_l%27Ouenza

[42]Wikiwand. (s.d.). Ouenza. Consulté le 22 mai 2025, à partir de https://www.wikiwand.com/fr/Ouenza

[43]Le directeur de ressource humaine. Mine d'ouenza.2025

[25] Maëlys De Santis . Le 27 septembre 2024. Analyse fonctionnelle (Functional analysis) : Définition et Usages. https://www.appvizer.fr/magazine/operations/gestion-de-projet/analyse-fonctionnelle-

[14]Norme NF X 50-151, Analyse de la valeur - Analyse fonctionnelle - Expression fonctionnelle du besoin, 1991.

[27]Erell Le Gall. 21 janvier 2025.HubSpot. Analyse fonctionnelle : définition, intérêt et étapes. https://blog.hubspot.fr/marketing/analyse-fonctionnelle

[5] KOTLER, Dubois Marketing management 1997

[24] F. AUDRY professeur agrégé de mécanique, P. TAILLARD IA-IPR STI."La démarche d'Analyse Fonctionnelle". In: 2010

[17]Pokhriyal, A. (2020). Value analysis using function analysis system technique (FAST). International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology (IJEAST), 5(1), 664–665.(http://www.ijeast.com)

[33] Astrée Software. (s.d.). Quelle différence entre l'ordonnancement et la planification ?.https://www.astree-software.fr/conseils/planification-et-ordonnancement/difference-planification-ordonnancement/

[32] Planisense. (s.d.). Ordonnancement : Méthodes et outils pour mieux gérer vos tâches. https://www.planisense.com/autres-articles/ordonnancement-gestion-optimisee-tache

[19] Antoine DESPUJOLS. 10 janv. 2005. Ordonnancement des activités Approche fonctionnelle de la maintenance

[3] FRANCOISMANCHY et Jean Pierre Vernier. (2010). Maintenance

[21]DAO, T., EL MONTASSIR, A., GADEDJI, L., & KEKEH, K. E. (2007).Management de projets : Méthodes GANTT et*PERT*. MCES.

[15]Muhammad Ridho Bintange ,Kelly RossaSungkono et RiyanartoSarno.Time and Cost Optimization in Feasibility Test of CCTV Project using CPM and PERT.2019 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)

[16]Cogniel, D., &Keck, D. (2016). Mémotech maintenance industrielle (Éd. 1). Delagrave

[23] RAMDANI Zoubir. Cours sur l'ordonnancement. 2021/2022.Pge 40-41

[34] Smartsheet. (s.d.). Diagrammes PERT vs diagrammes de Gantt. https://fr.smartsheet.com/content/pert-vs-gantt

[35]O2C. (n.d.). Schéma : Planification versus Ordonnancement [Image]. https://www.o2c-sc.com/images/Schma-Planification-versus-Ordonnancement.webp

[26]Mohammed. (2023, 21 mai). Le chemin critique (Critical Path en anglais). Blog Gestion de Projet. https://blog-gestion-de-projet.com/le-chemin-critique-critical-path-en-anglais/

[37]Muller, A. (s.d.). La gestion du projet. http://amuller94.free.fr/BTSIG/Mod/GestProj.htm

[18] Jotti, H., Arroub, S., Didouche, S., Hrida, L., Egaman, B., & Hajji, I. (2024). Planification stratégique. Sous la direction de M. Yahya El Mountassir, Université Ibn Tofail, Faculté d'Économie et de Gestion de Kénitra. https://www.scribd.com/document/745386611/planification-strategique

[22] Stadtler, H. (2004). Tactical planning models for supply chain management. European Journal of Operational Research, vol. 163, no. 3, pp. 575–588. Disponiblesur :https://doi.org/10.1016/j.ejor.2003.11.012

[38] Vernago, T., Dubois, P., Ossat, A. et Sitbon, E. (2003). L'inventeur-entrepreneur : de l'idée originale au développement industriel d'un produit innovant.Communications présentées à CONFERE 2003

[39]Andrew A. Fisher John E. Laing John E. Stoeckel John W. 1998.Townsend.Manuel recherche opérationnelle en matière de familyplanning.New York. Population Council.

[40] Muller, A. (n.d.). La gestion du projet. Consulté le 22 mai 2025, à partir de http://amuller94.free.fr/BTSIG/Mod/GestProj.htm

[A]https://www.komugi.io/fr/ressources/blog-fr/18-ordonnancement/47-planification-et-ordonnancement.html; 24/05/2025

[B] Guyon, Olivier. (2010). Couplage Planification et Ordonnancement: Approche hiérarchique et décomposition. Thèse de doctorat, Universities d'Angers

[C] guevremont, m & all. (2008). l'ordonnancement de la production : bien plus qu'une question de calcul. 7e Conférence Internationale de Modélisation et SIMulation - MOSIM'08, Paris, France, vol: 3, p.1704-1712.

[1].

ANNEXE

LES ANNESXS

Annex 01 : Performance CUMUL AU 31/12/2024

	Performance CUMUL AU 31/12/2024							
EQUIPMENT	**Cal. Hrs**	**Av. Hr**	**Ut. Hr**	**B/D Hr**	**% Av.**	**%Util.**	**Prod.**	**T/M/Hrs**
EXCAVATORS								
K-01	**8784.0**	**23.5**	**15.0**	**8760.5**	**0%**	**64%**	**2880**	**192**
L01	**7344.0**	**0.0**	**0.0**	**7344.0**	**0%**	**0%**	**0**	**0**
L03	**8784.0**	**4614.0**	**3551.5**	**4125.0**	**53%**	**77%**	**1064360**	**300**
Total	**24912**	**4638**	**3567**	**20230**	**19%**	**77%**	**1067240**	**299**
Excavators+ Loaders	**50208**	**12668**	**9369**	**36629**	**25%**	**74%**	**3150120**	**336**
LOADERS								
CAT 01	**4416.0**	**1267.0**	**854.0**	**3127.0**	**29%**	**67%**	**580570**	**680**
CH N° 06	**8784.0**	**1469.0**	**842.0**	**6471.0**	**17%**	**57%**	**157920**	**188**
CH N° 07	**8784.0**	**2522.5**	**1897.0**	**6261.5**	**29%**	**75%**	**632190**	**333**
CH N° 08	**1656.0**	**1424.5**	**1137.5**	**231.5**	**86%**	**80%**	**356700**	**314**
CH N° 09	**1656.0**	**1347.5**	**1071.5**	**308.5**	**81%**	**80%**	**355500**	**332**
Total	**25296.0**	**8030.5**	**5802.0**	**16399.5**	**32%**	**72%**	**2082880.0**	**359**

Annex 02 :moyens de chargement à la mine d'El Ouenza

Modèle	**Puissance (KW)**	**Couple (Nm)**	**Capacité du Godet (m^3)**	**Capacité de charge (t)**
Caterpillar 988H	**403**	**2280**	**6 .4**	**11 .3**
Caterpillar 990K	**527**	**3118**	**8 .2**	**20.5**
Caterpillar 986	**276**	**1760**	**5.4**	**9.5**
Liebherr R 9100	**565**	**3300**	**7.5**	**15**
Komatsu PC1110	**578**	**3450**	**6.7**	**12**

Annex 03 : Historique de panne 03/2024 chargeuse Caterpillar 990k (CH-7)

Engin	P	H.M	H.P	HR	HE	HD	Min.Ext.	Stérile	Reprise Stk	Cause de panne et réserve
CH-6	1	78.0	100.5	31.5	20.0	16.6	3,180.0	14,220.0	1,260.0	Vitesse
	2	64.0	106.0	49.0	14.0	15.0	2,340.0	10,800.0	1,860.0	Vitesse
	3	37.0	116.0	82.0	6.5	6.5	-	8,340.0	-	Vitesse
S/T		179.0	322.5	162.5	40.5	38.1	5,520	33,360	3,120	
CH-7	1	86.5	114.5	20.0	13.5	13.5	11,280.0	21,120.0	-	Freinage
	2	83.5	120.5	19.5	12.5	12.0	11,940.0	19,320.0	-	Freinage
	3	70.5	120.0	40.0	9.5	8.0	5,700.0	19,800.0	-	Freinage
S/T		240.5	355.0	79.5	35.5	33.5	28,920	60,240	-	
CH-ENG	1	-	-	-	-	-	0	0	0	
	2	-	-	-	-	-	0	0	0	
S/T		0.0	-	-			0	0		
S/Total CH		419.5	677.5	242.0	76.0	71.6	34,440	93,600	3,120	
Total		**1,031.5**	**4,075.0**	**476.0**	**195.5**	**173.1**	**62,460**	**242,340**	**3,120**	

Annex 04 : Historique de panne 05/2024 chargeuse Caterpillar 990k (CH-7)

Engin	P	H.M	H.P	HR	HE	HD	Min.Ext.	Stérile	Reprise Stk	Cause de panne et réserve
S/T									-	
CH-6	1	-	248.0	-	-	-	-	-	-	Moteur chauffe
	2	-	248.0	-	-	-	-	-	-	Moteur chauffe
	3	-	248.0	-	-	-	-	-	-	Moteur chauffe
S/T		-	744.0	-	-	-	-	-	-	
CH-7	1	-	248.0	-	-	-	-	-	-	Freinage
	2	-	248.0	-	-	-	-	-	-	Freinage
	3	-	248.0	-	-	-	-	-	-	Freinage
CH-ENG	1	22.0	-	-	-	-	6,540.0	-	-	
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	
S/T		22.0	-	-			6540	0		
S/Total CH		22.0	1,488.0	-	-	-	6,540	-	-	

Annex 04: Historique de panne 06/2024 chargeuse Caterpillar 990k (CH-7)

Engin	P	H.M	H.P	HR	HE	HD	Min.Ext.	Stérile	Reprise Stk	Cause de panne et réserve
CH-6	1	70.5	110.0	32.0	16.5	11.0	3,420.0	7,680.0	4,140.0	
	2	83.5	104.0	27.0	15.5	11.0	3,900.0	11,400.0	2,400.0	
	3	63.5	130.0	30.0	9.0	7.5	-	13,920.0	-	
S/T		217.5	344.0	89.0	41.0	29.5	7,320	33,000	6,540	
CH-7	1	-	240.0	-	-	-	-	-	-	Freinage
	2	-	240.0	-	-	-	-	-	-	Freinage
	3	-	240.0	-	-	-	-	-	-	Freinage
S/T		-	720.0	-	-	-	-	-	-	
CH-ENG	1	11.0	-	-	-	-	3,300.0	-	-	
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	
S/T		11.0	-	-			3300	0		
S/Total CH		228.5	1,784.0	89.0	41.0	29.5	10,620	33,000	6,540	

Annex 06 : Historique de panne 07/2024 chargeuse Caterpillar 990k (CH-7)

Engin	P	H.M	H.P	HR	HE	HD	Min.Ext.	Stérile	Reprise Stk	Cause de panne et réserve
CH-6	1	48.0	96.5	88.0	9.0	6.5	3,780.0	3,180.0	1,020.0	Moteur chauffe
	2	53.0	90.5	84.0	13.0	8.0	1,860.0	4,680.0	1,860.0	Moteur chauffe
	3	40.0	101.0	98.0	4.5	4.5	-	6,600.0	-	Moteur chauffe
S/T		141.0	288.0	270.0	26.5	19.0	5,640	14,460	2,880	
CH-7	1	-	248.0	-	-	-	-	-	-	Freinage
	2	-	248.0	-	-	-	-	-	-	Freinage
	3	-	248.0	-	-	-	-	-	-	Freinage
S/T		-	744.0	-	-	-	-	-	-	
CH-ENG	1	10.0	-	-	-	-	2,100.0	-	-	
	2	7.5	-	-	-	-	1,440.0	-	-	
S/T		17.5	-	-			3540	0		
S/Total CH		158.5	1,776.0	270.0	26.5	19.0	9,180	14,460	2,880	
Total		**516.0**	**5,273.5**	**769.5**	**89.0**	**66.0**	**31,680**	**111,000**	**2,880**	

Annex 07 : Historique de panne 09/2024 chargeuse Caterpillar 990k (CH-7)

Engin	P	H.M	H.P	HR	HE	HD	Min.Ext.	Stérile	Reprise Stk	Cause de panne et réserve
CH-6	1	2.4	4.0	-	1.0	0.5	0	0	240	Radiateur refoule
	2	-	8.0	-	-	-	0	0	0	Moteur chauffe
	3	-	8.0	-	-	-	0	0	0	Moteur chauffe
S/T		2.4	20.0	-	1.0	0.5	-	-	240	
CH-7	1	-	8.0	-	-	-	0	0	0	Manque l'huile de moteur - Freinage
	2	-	8.0	-	-	-	0	0	0	Manque l'huile de moteur - Freinage
	3	-	8.0	-	-	-	0	0	0	Manque l'huile de moteur - Freinage
S/T		-	24.0	-	-	-	-	-	-	
CH-ENG	1	5.0	-	-	-	-	1740	0	0	
	2	-	-	-	-	-	0	0	0	
S/T		5.0	-	-			1740	0		
S/Total CH		7.4	68.0	-	1.0	0.5	1,740	-	240	
Total		**20.9**	**188.0**	**7.0**	**3.0**	**2.0**	**5,700**	**1,640**	**240**	

Annex 08 : Historique de panne 10/2024 chargeuse Caterpillar 990k (CH-7)

Engin	P	H.M	H.P	HR	HE	HD	Min.Ext.	Stérile	Reprise Stk	Cause de panne et réserve
CH-6	1	-	8.0	-	-	-	0	0	0	Diection
	2	-	8.0	-	-	-	0	0	0	Dircetion
	3	-	8.0	-	-	-	0	0	0	Direction
S/T		-	24.0	-	-	-	-	-	-	
CH-7	1	5.0	-	1.5	1.0	0.5	1360	360	0	Entretien
	2	2.0	4.0	1.0	0.5	0.5	560	0	0	Entretien - moteur faible
	3	4.5	-	2.5	0.5	0.5	1500	0	0	
S/T		11.5	4.0	5.0	2.0	1.5	3,420	360	-	
CH-8	1	5.5	-	1.5	0.5	0.5	0	1500	0	Entretien
	2	6.0	-	1.0	0.5	0.5	0	1820	0	Entretien
	3	4.5	-	2.5	0.5	0.5	0	1680	0	

Annex 09 : Historique de panne 11/2024 chargeuse Caterpillar 990k (CH-7)

Engin	P	H.M	H.P	HR	HE	HD	Min.Ext.	Stérile	Reprise Stk	Cause de panne et réserve
CH-6	1	-	8.0	-	-	-	0	0	0	Support de la bote - Cardan
	2	-	8.0	-	-	-	0	0	0	Support de la bote - Cardan
	3	-	8.0	-	-	-	0	0	0	Support de la bote - Cardan
S/T		-	24.0	-	-	-	-	-	-	
CH-7	1	-	8.0	-	-	-	0	0	0	Vitesses - Godet bloqué
	2	-	8.0	-	-	-	0	0	0	Vitesses - Godet bloqué
	3	-	8.0	-	-	-	0	0	0	Vitesses - Godet bloqué
S/T		-	24.0	-	-	-	-	-	-	
CH-8	1	5.5	-	1.0	1.0	0.5	0	1600	0	Entretien
	2	5.5	-	1.5	0.5	0.5	0	1040	0	Entretien
	3	5.0	-	1.5	1.0	0.5	0	1240	0	

Annex 10 : Historique de panne 12/2024 chargeuse Caterpillar 990k (CH-7)

Engin	P	H.M	H.P	HR	HE	HD	Min.Ext.	Stérile	Reprise Stk	Cause de panne et réserve
CH-6	1	-	8.0	-	-	-	0	0	0	Boulons de support de la boite a vitesses cisaillés
	2	2.0	4.0	-	1.0	0.5	0	420	0	Boulons de support de la boite a vitesses cisaillés
	3	-	8.0	-	-	-	0	0	0	
S/T		2.0	20.0	-	1.0	0.5	-	420	-	
CH-7	1	-	8.0	-	-	-	0	0	0	Vitesses - Godet bloqué
	2	-	8.0	-	-	-	0	0	0	Vitesses - Godet bloqué
	3	-	8.0	-	-	-	0	0	0	Vitesses - Godet bloqué
S/T		-	24.0	-	-	-	-	-	-	
CH-8	1	5.5	-	1.0	1.0	0.5	0	2220	0	Entretien
	2	5.5	-	1.0	1.0	0.5	0	1900	0	Entretien
	3	3.5	-	3.5	0.5	0.5	0	960	0	

Annex 11: Caractéristiques de la chargeuse sur pneus 990 (MOTEUR**)**

Moteur		
Modèle de moteur	C27 Cat®	
Émissions (Option 1	Normes EPA Tier 4 Final (États-Unis)/Stage V (Union européenne)	
Régime nominal	1 800 tr/min	
Puissance moteur – ISO 14396:2002	586 kW	786hp
Puissance brute – SAE J1995:2014	597KW	8O1hp
Puissance nette – SAE J1349:2011 (température ambiante standard) 546 kW 732 hp	546KW	732hp
Puissance nette – SAE J1349:2011 (température ambiante élevée	508KW	681hp
Émissions (Option 2)	Est conforme à la norme américaine EPA Tier 2	
Régime nominal	1800 t_r /min	
Puissance moteur – ISO 14396:2002	561KW	752hp
Puissance brute – SAE J1995:2014	571KW	766hp
Puissance nette – SAE J1349:2011 (température ambiante standard)	521KW	699hp
Puissance nette – SAE J1349:2011 (température ambiante élevée)	483KW	648hp
Alésage	137.2mm	5.4in
Course	152.4mm	6.0in
Cylindrée	27.031 l	1649,5in^2
Couple maximal (1 200 tr/min)	3557 N.m	2624 lbf-ft
Réserve de couple	18%	

Annex 12: Circuit hydraulique de levage/d'inclinaison

Circuit hydraulique de levage/d'inclinaison		
Circuit de levage/d'inclinaison : circuit Commande de débit positif		
Circuit de levage/d'inclinaison	**Pompe à piston à cylindrée variable**	**240 Us gal/min**
Débit maximal à 1 800 tr/min	**910 l/min**	**4786 psi**
Réglage du clapet de décharge	**33000**	
Vérins à double effet - Levage,alésage et course	**235mm×1287mm**	**9.3in×50.7in**
Vérins à double effet - Inclinaison,alésage et course	**292.1 mm×820mm**	**11.5in×32.3in**
Circuit pilote	**Boucle ouverte et réduction de pression**	
Réglage du clapet de décharge pilote	**3 500 kPa**	**507 psi**

Annex 13: fiche technique Chargeuse Caterpillar 990K

Caractéristique	**Données technique**
Moteur	C 27 Cat ACERT
Puissance nette	521 KW / 699 C h
Poids en ordre de marche	85136 Kg
Capacité du godet	8 ,2 m^3
Couple maximal	1200 tr / min à 3557 Nm
Type de transmissions	Automatique 3AV / 3AR

Résumé:

Notre étude vise à étudier l'impact de la mise en œuvre d'une stratégie de maintenance sur l'amélioration de la productivité à la mine d'Al-Ouenza, compte tenu des problèmes récurrents de pannes de machines qui ont entraîné une réduction de la production et des retards de travaux. Nous avons d'abord utilisé des méthodes d'analyse fonctionnelle, qui nous ont montré l'ordre des tâches et la priorité de chacune d'elles. Nous avons donc implémenté cette méthode sur une machine Caterpillar Type 990k et l'avons appliquée à celle-ci.

Nous avons ensuite utilisé le diagramme ABC pour identifier le type de défaillance récurrente, ce qui a montré que les défaillances hydrauliques représentaient le pourcentage le plus élevé parmi tous les autres types de défaillances. Nous nous sommes donc concentrés sur ce type.

Enfin, nous avons mis en place les outils de planification : les diagrammes Pert et Gantt sont utilisés pour gérer et organiser le travail, ce qui permet de réduire les temps d'arrêt et d'augmenter la production.

الملخص

يهدف عملنا الى دراسة تأثير تطبيق إستراتجية الصيانة بتحسين الانتاجية في منجم الونزة، وذلك نظرا لمشاكل الاعطال المتكررة للألات التي تسببت في تقليل الإنتاج والتأخير في العمل .

في عملنا إتخذنا خطوات مختلفة لمعالجة هذا المشكل فتطرقنا في البداية الى وسائل التحليل الوظيفي الذي بين لنا ترتيب المهام وأولوية كل منها، لذلك قمنا بتجسيد هذا الاسلوب على آلة Caterpillar type 990kوالتطبيق عليها.

ثم قمنا بإستخدام مخطط Abc للكشف عن نوعية العطب المتكرر، مما بين لنا أن الاعطال الهيدروليكية تمثل أعلى نسبة بين أنواع الاعطال الاخرى. لذلك قمنا بالتركيز على هذا النوع .

وفي النهاية قمنا بتطبيق أدوات الجدولة المتمثلة في Pert .و Gantt وذلك بهدف تسيير وتنظيم العمل الذي ينتج عنه التقليل في زمن التوقف وزيادة الإنتاج.

Summary:

The aim of our study is to investigate the impact of implementing a maintenance strategy on improving productivity at the Al-Ouenza mine, given the recurring problems of machine breakdowns that have led to a reduction in production and work delays. We first used functional analysis methods, which showed us the order of the tasks and the priority of each of them. We

implemented this method on a Caterpillar Type 990k machine and applied it to it. We then used the ABC diagram to identify the type of recurring failure, which showed that hydraulic failures

represented the highest percentage of all the other types of failure. We therefore concentrated on this type. Finally, we implemented the planning tools: Pert and Gantt diagrams are used to manage and organize the work, which helps to reduce downtime and increase production.