

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté des Sciences de L'Ingénieur
Département Génie Mécanique

Mémoire de Master

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER** en :

Filière : Génie Mécanique
Option : Maintenance industrielle

Présenté par : BOUKIDER MOHAMED, et GARITI FATHI

THEME :

*L'application des méthodes de planification
MPM et GANTT pour le projet
« Rénovation de moteurs Caterpillar 3408 »
Au sein de la société ALREM*

Soutenu le 22/07/2019 devant le jury :

Président : Mr. ADJERID, Professeur, UMBB

Examinatrice : Mme. OURARI, Maitre de Conférences, UMBB

Examinatrice : Mme. DOUDAH, Maitre-Assistant A, UMBB

Rapporteur : Mme. ATMANI, Maitre de Conférences, UMBB

Promotion 2018- 2019

Résumé

L'entreprise ALREM de Rouiba vise à améliorer sa politique de travail en implémentant une planification adéquate au processus de sa production ; l'objectif est de minimiser la durée totale du projet et de ce fait du coût. L'entreprise doit s'organiser pour répondre de façon optimisée à ces défis.

Durant notre stage pratique au sein de cette société, et grâce à la coopération du personnel chargé du suivi et l'exécution de la rénovation. Il nous a été permis d'assister aux interventions en temps réel tout en chronométrant les durées de chaque tâche. Pendant environ deux mois et demi d'observation, nous avons pu collecter les informations (tâches, durées et ressources) qui nous ont permis de réaliser une gamme opératoire détaillée. Cette gamme a été pour nous une plateforme sur laquelle on a pu fonder une planification en utilisant les deux méthodes GANTT et MPM dans le but d'offrir à la société la planification la plus appropriée et d'assurer un suivi facile, efficace et rapide en simplifiant la visualisation et l'affichage des résultats sur des graphes standardisés.

Remerciements

Tout comme Dieu nous l'a dit dans le saint Coran, plus on est reconnaissant dans la vie, plus il nous offre ses bénédictions. J'ai donc le plaisir de présenter mes remerciements sur cette page à toutes les personnes qui ont contribué à l'accomplissement de ce travail.

Nous souhaitons remercier en premier lieu, notre promoteur Madame ATHMANI pour nous avoir non seulement guidé et aidé à travailler sur ce thème mais aussi pour son accompagnement depuis notre 3^{ème} année en licence au sein du département de Génie Mécanique, où beaucoup d'étudiants ont eu leur réussite grâce à elle. En second lieu nous voudrions présenter notre gratitude à tout le staff qui nous a accueilli au sein de la société ALREM, à leur tête messieurs BELKBIR, et Madame ZANAZ. Nous leur somme reconnaissant pour leur disponibilité permanente, et pour leur encadrement tout au long de la période de notre stage malgré la grande charge de travail qu'ils avaient.

Nous sommes aussi reconnaissants à tous nos enseignants qui nous ont inculqué l'esprit d'analyse et de pensée critique d'ingénieurs, et qui grâce à eux nous avons relevé des défis intellectuels notamment pouvoir étudier une licence en maintenance, cela a été un véritable challenge pour nous. Nous citerons tout d'abord le Pr. ADJRID qui nous a toujours soutenu et voulu nous voir réussir, le DR. RAHMOUN, le Dr. MELAL, et bien sûr le Pr. NOUR dont les mots ne suffisent pas pour décrire notre reconnaissance envers lui.

Comme le meilleur est pour la fin, et tout comme la citation le dit « Derrière chaque grand homme se cache une femme », et pour cela nous somme reconnaissant à nos mères qui nous ont soutenu et ont cru en nous, n'ayant jamais hésité à nous motiver pour aller de l'avant et faire un bon travail dans ce projet de fin d'études. Enfin, nous remercions tous nos amis de la révolution positive, notre cercle dans lequel on se motive ensemble pour réussir et avancer concrètement dans le parcours de chacun de nous.

Dédicaces

Je dédie ce modeste mémoire avant tout à mon père qui m'a appris le sens de la persévérance tout au long de mes études, pour son sacrifice ses conseils et ses encouragements.

À ma merveilleuse maman qui ne m'a jamais mis de pression ou de stress, et m'a tout donné pour m'assurer tous les moyens et la stabilité nécessaires avec lesquels j'ai traversé ce long chemin de cinq ans d'études, malgré son inquiétude pendant mes nuits blanches, mes périodes de faiblesse et de maladie, c'est grâce à son accompagnement que j'ai pu arriver là où j'en suis maintenant.

À mes sœurs, Meriem et Nesrine, qui ont été toujours à mes coté dans ma joie ma souffrance. J'espère le meilleur pour elles aussi dans leurs études surtout.

Au grand Hamza BOUKIDER, le brave homme qui donne de tout son temps et de son énergie pour m'aider et pour me voir réussir. Et à ma chère Raiane qui croit toujours en moi et me pousse à être constamment au top niveau, qui d'ailleurs m'a encouragé à réaliser un bon projet de fin d'études.

À mes amis de la révolution positive, le Grand Johny, Racime et Walid ifrah avec qui mon amitié va au-delà des moments de joie et de plaisanteries, mais beaucoup plus sur l'importance de notre réussite collective, et l'entraide familiale qui règne au sein de notre cercle d'amis.

À mon mentor Yacine SICHAIB qui a été d'un grand soutien et d'accompagnement pendant cette année de Master II. Ses conseils et ses consignes ont été très bénéfiques pour mon avancement à l'échelle personnelle.

BOUKIDER Mohamed

Dédicaces

Je dédie ce modeste mémoire avant tout à mon père qui m'a appris le sens de la persévérance tout au long de mes études, pour son sacrifice ses conseils et ses encouragements.

À ma merveilleuse maman qui ne m'a jamais mis de pression ou de stress, et m'a tout donné pour m'assurer tous les moyens et la stabilité nécessaires avec lesquels j'ai traversé ce long chemin de cinq ans d'études, malgré son inquiétude pendant mes nuits blanches, mes périodes de faiblesse et de maladie, c'est grâce à son accompagnement que j'ai pu arriver là où j'en suis maintenant.

À mes sœurs, Rym, Feriel et Imane, qui ont été toujours à mes côtés dans ma joie ma souffrance. J'espère le meilleur pour eux aussi dans leur étude surtout.

Au grand Nesre Eddin Chablaoui, le brave homme qui donne de tout son temps et de son énergie pour m'aider et pour me voir réussir. Et à ma chère Zeyneb qui croit toujours en moi et me pousse à être constamment au top niveau, qui d'ailleurs m'a encouragé à réaliser un bon projet de fin d'études.

À mes amis de la révolution positive, le Grand Maystro, Iyes, Hamza et Fethi avec qui mon amitié va au-delà des moments de joie et de plaisanteries, mais beaucoup plus sur l'importance de notre réussite collective, et l'entraide familiale qui règne au sein de notre cercle d'amis.

À mon mentor Sofiane Habet qui a été d'un grand soutien et d'accompagnement pendant cette année de Master II. Ses conseils et ses consignes ont été très bénéfiques pour mon avancement à l'échelle personnelle.

GARITI FATHI

Table des matières

Introduction générale	11
-----------------------------	----

Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise « COSIDER-ALREM »

1.1 Domaines d'activité	14
1.2 présentation des différentes structures de l'entreprise	14
1.2.1 les cellules	16
1.2.2 Les directions	16
1.2.3 Les unités de rénovation de matériels	16
1.3 Position du problème	17
1.4 Recherche bibliographique	18
Conclusion	20

Chapitre 2 : Maintenance des systèmes de production : Planification de projets

Introduction	23
2.1 Maintenance des systèmes de production	23
2.1.1 Définition de la maintenance	23
2.1.2 Objectifs de la maintenance selon la norme AFNOR FDX 60000	23
2.1.3 Types de maintenance de systèmes réparables	24
2.2 Les niveaux de maintenance	25
2.3 Concept de la rénovation	27

2.3.1 La nature de l'activité	27
2.3.2 Les niveaux de technicité	27
2.3.3 Organisation de l'activité	28
2.3.4 Choix de concept	28
2.3.5 Définition des opération	29
2.4 Gestion de l'activité	30
2.4.1 Réception	30
2.4.2 Planning	30
2.4.3 Lancement des travaux	30
2.4.4 Délai de rénovation d'un organe	31
2.5 Planification de la production	31

Chapitre 3 : Etude expérimentale « Gamme opératoire de moteurs Caterpillar 3408 ».

Introduction	33
3.1 Ressources de la gamme opératoire	33
3.1.1 Le personnel	33
3.1.2 Outillage et appareillage	33
3.1.3 Les durées	33
3.2 Réalisation d'une gamme opératoire pour les moteurs Caterpillar 3408	35
Conclusion	47

Chapitre 4 : Etude expérimentale « L'application des méthodes de planification MPM et GANTT »

Introduction	49
--------------------	----

4.1 Méthodes de planification et d'ordonnancement MPM et Gantt	49
4.1.1 Le principe de la méthode MPM	49
4.1.2 Le diagramme de GANTT	50
4.2 L'importance de la décomposition des tâches	50
4.3 Les étapes à prendre en compte pour créer un diagramme de GANTT et MPM	50
4.3.1 Construction du réseau MPM du projet « rénovation de moteurs CAT 3408 » à l'aide du logiciel msproject	51
4.3.2 Construction du Diagramme de GANTT du projet « rénovation de moteurs CAT 3408 » à l'aide du logiciel msproject	51
4.4 Interprétation	54
4.4.1 Opération de code « 1 » « Démontage moteur »	54
4.4.2 Opération de code « 35 » « Rénovation organes moteur »	54
4.4.3 Opération de code « 47 » « Usinage »	56
4.4.4 Opération de code « 51 » « Montage moteur »	57
4.4.5 Opération de code « 64 » « Essais et contrôle »	58
4.4.6 Opération de code « 66 » « Peinture »	58
4.4.7 Projet 3408	58
4.5 Planification des ressources	58
4.5.1 Interprétation	62
Conclusion	63
Conclusion générale.	64
Références bibliographiques.	65
Annexes	67

Liste des figures

1.1 : Organigramme de la société ALREM COSIDER.....	15
3.1 : Le moteur Caterpillar 3408.....	35
4.1 : Le réseau MPM du projet CAT 3408.....	52
4.2 : Le diagramme de GANTT du projet CAT 3408.....	53
4.3 : Diagramme des temps a loué de l'aide mécanicien TERKI MEROUANE..... ..	60
4.4 : Diagramme des temps a loué du mécanicien GASSEB HOUCINE.....	61
4.5 : Diagramme des temps a loué du mécanicien HAMICH IDRIS.....	61

Liste des tableaux

3.1 : Gamme opératoire de démontage du moteur 3408	36
3.2 : Gamme opératoire du bloc moteur cat 3408	37
3.3 : Gamme opératoire des accessoires du bloc moteur cat 3408	37
3.4 : Gamme opératoire de l'ensemble des deux culasses cat 3408	38
3.5 : Gamme opératoire de la pompe d'injection cat 3408	39
3.6 : Gamme opératoire de la pompe à eau cat 3408	39
3.7 : Gamme opératoire du compresseur d'air cat 3408	40
3.8 : Gamme opératoire du démarreur cat 3408	40
3.9 : Gamme opératoire de l'alternateur cat 3408	41
3.10 : Gamme opératoire des bielles cat 3408	41
3.11 : Gamme opératoire de la pompe à l'huile cat 3408	42
3.12 : Gamme opératoire de turbo compresseur cat 3408	42
3.13 : Gamme opératoire de l'usinage du moteur cat 3408	43
3.14 : Gamme opératoire du montage moteur cat 3408	44
3.15 : Gamme opératoire du banc d'essais du moteur cat 3408	45
3.16 : Gamme opératoire de la peinture du moteur cat 3408	45

Introduction Générale

Les impératifs du marché génie civil imposent aux entreprises à être compétitives. Elles doivent primordiallement gérer au mieux leurs engins de construction dont les performances sont étroitement liées au processus de maintenance.

En effet l'engin roulant de la construction génie civil passe par plusieurs phases pendant sa durée de vie : de son rodage jusqu'à sa réforme, il passe par une période de bon fonctionnement jalonnée de périodes de pannes. Et vu que l'investissement dans l'engin roulant est coûteux, l'entreprise nationale Cosider a créé une filière de rénovation ALREM « Algérienne de Rénovation, d'Entretien et de Maintenance » afin d'éviter la réforme de ses engins.

La diversité de ces engins et la complexité de leurs composants exigent des stratégies de rénovation complexes. Ces dernières sont composées de différentes tâches et activités, et pour subvenir aux besoins des clients et avoir leur satisfaction, il faut leur assurer la qualité en réduisant la durée et le coût de rénovation. Pour atteindre ces trois objectifs, une planification du processus de rénovation doit être faite adéquatement en prenant en considération tous les facteurs existants ainsi que la prévention des obstacles possibles pouvant survenir dans le processus de rénovation.

En général, le but de toute entreprise est de réaliser un profit maximum dans un délai minimum. Dans le but d'atteindre cet objectif, l'entreprise doit gérer au mieux ses projets de rénovation.

Un projet est un ensemble d'activités se succédant et ayant pour but la réalisation d'un objectif unique, bien déterminé. L'entreprise doit organiser une série d'activités, régi par une contrainte temps. Un plus lent temps d'exécution à partir du moment spécifié ou un retard dans l'achèvement des travaux, gênera le bon fonctionnement des opérations et engendrera du temps et des coûts supplémentaires à l'entreprise.

Le souci majeur de l'entreprise de fabrication ALREM-COSIDER, est de mener le processus de production le plus efficacement possible sans gaspillage de temps et de production ; ce qui n'est pas le cas. L'absence de la planification de projet de rénovation, nous incite à participer à la résolution de cette problématique. Notre objectif est de réaliser une partie de planification de l'entreprise de maintenance en effectuant l'ordonnancement d'un projet répétitif qui est « la rénovation de moteurs Caterpillar 3408 ».

Depuis la fin du 20^{ième} siècle, différentes techniques de résolution des problèmes d'ordonnancement ont été développées dans le but de réduire la durée d'exécution des travaux, et dans ce sens, nous avons opté pour les méthodes de résolution des problèmes d'ordonnancement de projets MPM et GANTT, dont l'objectif est de minimiser la durée d'exécution d'un projet tout en satisfaisant des contraintes temporelles entre les tâches. Nous nous sommes référés à des publications scientifiques réalisés avec succès par des ingénieurs dans le domaine industriel, et par des professeurs universitaires.

Ce mémoire est structuré de la manière suivante :

- Nous présentons dans le premier chapitre, l'entreprise ALREM-COSIDER, en exposant la problématique vécue par cette entreprise dans la résolution de la planification de projet de rénovation. Suivie par une petite étude bibliographique sur l'utilisation des outils d'ordonnancement pour l'amélioration des contraintes de planification de projet.
- Dans le deuxième chapitre nous nous focaliserons sur un rappel des concepts de base de la maintenance des systèmes de production en première partie, ensuite nous consacrerons la deuxième partie à ceux des méthodes de résolution des problèmes d'ordonnancement. Enfin nous présenterons le logiciel informatique msproject, choisi pour la réalisation de ce projet.
- Le troisième chapitre sera consacré à l'élaboration de la gamme opératoire du moteur Caterpillar 3408, qui sera une base de données indispensable pour l'élaboration de la planification du projet « Rénovation du moteur Cat 3408 »
- Le dernier chapitre est consacré à la planification du projet « Rénovation du moteur Cat 3408 » en utilisant les deux méthodes GANTT et MPM dans le but d'offrir à la société la planification la plus appropriée et assurer un suivi facile, efficace, rapide en simplifiant la visualisation et l'affichage des résultats sur des graphes standardisés.

Chapitre 1

Présentation de l'entreprise

COSIDER-ALREM

Cosider-ALREM (Algérienne de rénovation entretien et maintenance) est une filiale du groupe COSIDER [1] située à la zone industrielle de Rouïba wilaya d'Alger. Elle a été créée en 1995 sous le statut d'une EPE/Spa au capital de cinq (05) Million de dinars pour assurer à travers ces unités les tâches qui incombent aux différentes missions qui lui sont rattachées.

1.1 Domaines d'activités de l'entreprise COSIDER-ALREM

Les principaux domaines d'activités de l'entreprise sont :

- Rénovation et maintenance des matériels de travaux publics, de transport et de manutention.
- Fabrication mécanique/travaux d'usinage.
- Commercialisation des pièces de rechange.
- Location des matériels de travaux publics, de transport et de manutention.
- Formation et perfectionnement des conducteurs d'engins et le personnel de maintenance sur chantier.

Cosider-ALREM est un label Qualité, Garanti par une certification aux normes :

- ISO 9001/2008 pour le système de management de la qualité ;
- ISO 14001/2004 pour le système de management environnemental ;
- OHSAS 18001/2007 pour le système de management santé sécurité au travail ;
- ISO 26000 responsabilité sociétale.

1.2 Présentation des différentes structures de l'entreprise COSIDER-ALREM

L'organigramme des différentes structures constituant l'entreprise COSIDER-ALREM est donné dans la figure suivante :

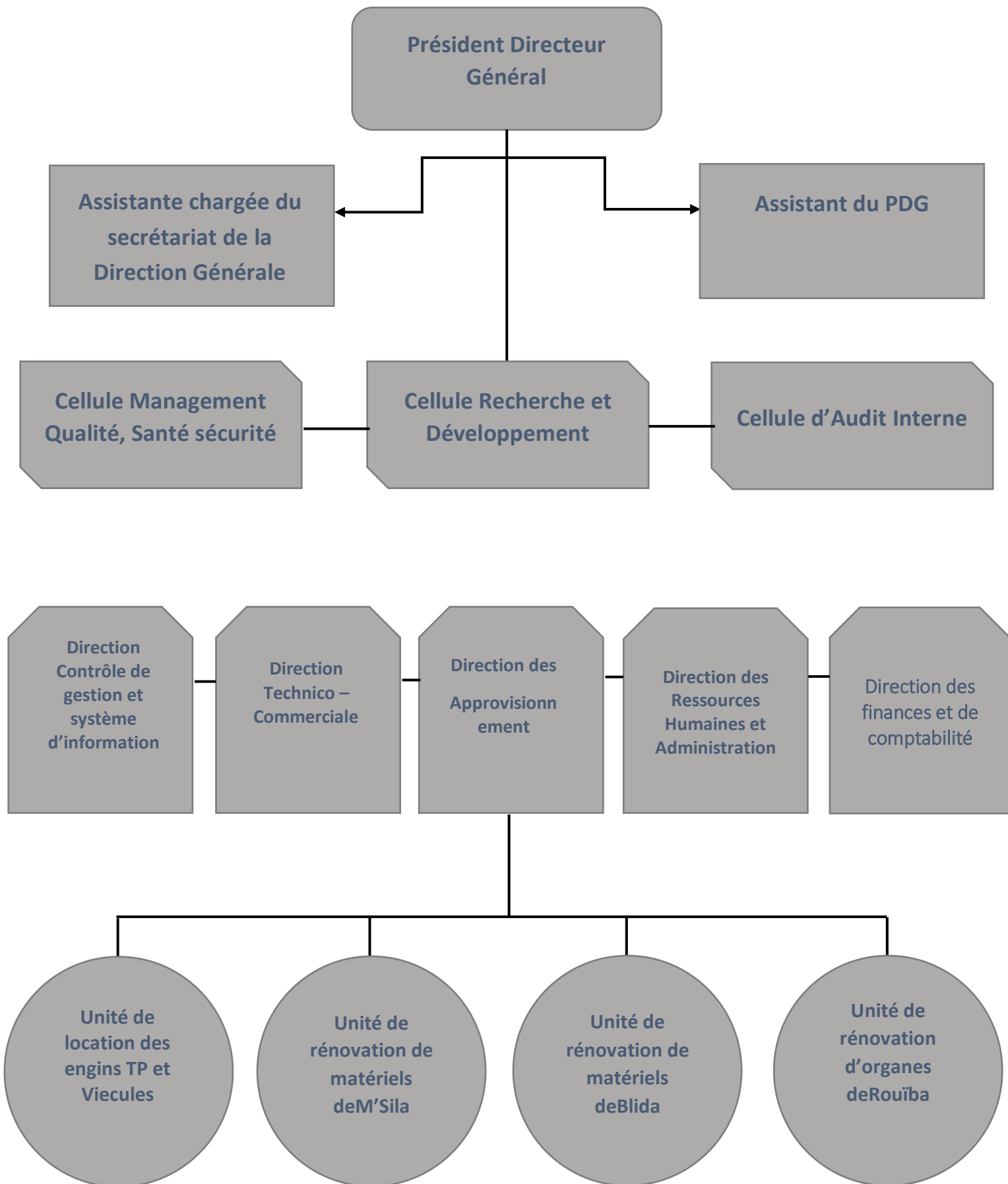


Figure 1.1: Organigramme de la société ALREM COSIDER [1]

1.2.1 Les cellules

L'entreprise est composée de trois cellules :

- Cellule recherche et développement ;
- Cellule d'audit interne ;
- Cellule management qualité santé et sécurité.

1.2.2 Les directions

L'entreprise est dotée de cinq directions :

- Direction technico-commerciale ;
- Direction des finances et comptabilité ;
- Direction des approvisionnements ;
- Direction des ressources humaine et administration ;
- Direction de contrôle de gestion d'information.

1.2.3 Les unités de rénovation des matériels

L'entreprise ALREM est dotée de trois unités de rénovation, réparties dans trois secteurs :

- ☞ Unité de rénovation d'organes de Rouïba.
- ☞ Unité de rénovation de matériels de Blida
- ☞ Unité de rénovation de matériels de M'Sila.

Toutes les unités de l'entreprise disposent entre autres d'un service Après-Vente doté de moyens matériels et humains pour intervenir efficacement sur chantier à la demande du client, notamment dans le cadre de la garantie des prestations.

Les prestations fournies tout particulièrement par l'unité de Rouiba sont :

- Rectification des vilebrequins, usinage et alésage de bloc-moteur etc....
- Fabrication de différentes pièces tels que pignons, axes etc...
- Réhabilitations des équipements de travail et du châssis des engins (flèche, balancier, godet etc....)

1.3 Position du problème

L'entreprise ALREM-COSIDER a pris en charge de réaliser les travaux de rénovation des matériels de travaux publics, de transport et de manutention. Elle doit satisfaire des exigences techniques et économiques rigoureuses : des délais de plus en plus courts, des budgets de plus en plus serrés et répondant à des exigences de performance et de sécurité toujours plus fortes. Elle doit assurer la cohérence technique et économique de la réalisation d'un projet et/ou service avec le contrat qui la lie au client. La satisfaction du client ne peut être atteinte que par l'achèvement des commandes selon des délais prédéterminés ; cela ne peut être atteint que par la présence d'un planning prévisionnel de production qui prend en compte les contraintes techniques (ressources et chevauchement des tâches) et économiques.

Sauf que l'entreprise ALREM-COSIDER n'a pas implémenté l'utilisation de l'analyse de réseau dans son processus de production ; l'objectif de minimiser la durée totale du projet et de ce fait du coût, est le problème majeur de l'entreprise. L'entreprise doit s'organiser pour répondre de façon optimisée à ces défis.

L'entreprise ALREM-COSIDER vise à améliorer sa politique de travail, cela consiste à avoir une meilleure gestion de n'importe quel projet à réaliser et de pouvoir le suivre à chaque étape ; et dans cette vision elle nous a demandé d'effectuer une gestion technique (spécifications, délais, etc.) en termes de recherche pour la création d'un projet de planification adaptable (un projet répétitif), pour la gestion des tâches de rénovation de moteurs Caterpillar 3408. Nous allons orienter notre travail beaucoup plus sur l'apport d'une valeur ajoutée qui se résume dans l'implémentation des méthodes de planification sous forme de recommandation.

L'étude vise à choisir une stratégie optimale de planification de la rénovation dans le but de minimiser "les coûts" par une réduction de la tolérance des délais tout en tenant compte des performances des équipements et du personnel. L'aspect coût ne sera pas étudié dans notre travail.

1.4 Recherche bibliographique

Pour discuter de ce problème nous pouvons mettre en revue certains travaux de recherches effectués dans ce sens.

Dans le rapport de Miklós Hajdu, Gabriella Szenik et GáborBardócz (2012) [2], Leur travail avait pour but de créer un système qui rend l'affichage visuel à pleine échelle des données de projet possible. Des dizaines de lignes d'évaluation dans plusieurs catégories peuvent être définies au cours de la durée de vie du projet. Ils nous permettent de planifier et d'analyser les données rapidement et efficacement dans toutes les phases du projet.

Cependant doit t'ont uniquement pensé à l'affichage visuel du plan et se passer des dates de chaque activité et aussi la complexité du projet et le nombre de taches à exécuter ?

Dans celui de Charif Mohamed Elamine (2016) [3], il a étudié la notion de planification et la gestion d'un projet de maintenance, et pour bien comprendre l'ordonnancement des activités de maintenance, il a traité les techniques d'ordonnancement ; parmi ces techniques, l'application de la méthode MPM sur un cas réel. Les résultats obtenus dans son travail indiquent l'efficacité de cette méthode à réaliser le projet à un coût et une durée optimale.

Et d'après Remon Fayek Aziz [4], l'auteur a proposé l'élaboration d'une technique simplifiée d'évaluation et d'examen de projets répétitifs (ERPP), traitée par l'évaluation de programme et la technique d'examen (PERT) intégrée à la ligne technique Of Balance technique (LOB) pour les projets de construction répétitifs comportant des activités identiques afin de déterminer la complétude attendue à une durée déterminée / certaines (durées du contrat).

Cette technique a été développée en quatre modules principaux :

1. un module d'interface utilisateur pour faciliter l'insertion des données de projet et la visualisation des solutions de probabilité de projet attendues en sortie ;
2. un module de base de données pour faciliter le stockage et la récupération des données ;
3. Un module en cours d'exécution peut être défini comme une classe de système de code de programmation et est conçu pour permettre différentes exécutions de calcul ;
4. Un module de traitement peut être défini comme une classe de système de code de programmation, en particulier de code Java et de ses applications, conçu pour communiquer et échanger des données à partir de modules disponibles avec une intégration continue ;

RPERT a été conçu par ‘‘java programming’’ code system pour fournir un certain nombre de fonctionnalités nouvelles et uniques, notamment :

- a. Affichage de la probabilité de réalisation du projet attendue selon un ensemble de durées spécifiées pour chaque activité identique (heure optimiste, heure la plus probable et heure pessimiste) dans le projet analysé ;
- b. En fournissant une intégration transparente avec le projet disponible.

La recherche menée dans le cadre de L'article de Peter B. Petersen [5] est née de la question suivante : "Le diagramme de GANTT a-t-il évolué, ou a-t-il été développé à une occasion ?" Il a pu clairement montrer que le diagramme de GANTT a évolué sur une longue période de temps plutôt que d'avoir émergé à un moment brillant pour soutenir l'effort de guerre en 1917. Un cas solide peut être établi que sa première version a été développée aux travaux de Schenectady [5] de la compagnie américaine de locomotives en 1903. Les comptes rendus publiés par Gantt de cette période, y compris les graphiques, le prouvent clairement. Cependant, à la recherche d'un début conceptuel, nous pouvons en fait examiner plus tôt le document qu'il a présenté en décembre 1901, les cartes d'instructions illustrant ce papier de 1901 comparent la productivité du travailleur à une norme.

Cette utilisation de la comparaison aurait pu être le début conceptuel du diagramme de Gantt. Il est possible qu'une version antérieure, développée pendant que Gantt enseignait le dessin mécanique en 1886 et 1887, figure dans les dossiers volumineux de son mentor, Duncan C.Lyle [5], à la McDonoghSchool. Une version antérieure du diagramme de Gantt figure peut-être chez Poole and Hunt, où il a exercé son premier emploi professionnel en tant que dessinateur de 1884 à 1886. Depuis que le diagramme de Gantt est devenu populaire en 1917, il a été modifié pour s'adapter à une multitude d'utilisations dans un large éventail de circonstances. Traduits en huit langues et utilisés dans le monde entier, les concepts en question ont été facilement adaptés aux environnements étrangers.

À partir de 1920, son utilisation dans des pays aussi divers que le Japon, l'Espagne et l'Union soviétique a démontré que les concepts de planification et de mesure des performances par rapport à une norme et d'identification des carences, de manière à pouvoir les corriger, pouvaient être assimilés à presque toutes les cultures.

Le diagramme de Gantt constituait le fondement du développement de plusieurs dispositifs de cartographie nécessaires pour aider à la planification, à la réalisation et au contrôle d'opérations complexes. Les deux plus populaires, apparus dans les années 50, étaient la méthode du chemin

critique (MCP) issue de l'évaluation des programmes et la technique de révision (PERT) développées par la Marine.

En 1957-1958, la marine des États-Unis s'est occupée de la gestion du développement du missile Polaris. Problèmes dans la planification et l'évaluation des projets. Avec l'aide de Booz, Allen and Hamilton, Inc., et de la division du système de missiles Lockheed (le maître d'œuvre), la marine a mis au point la technique d'évaluation et d'évaluation du programme (PERT) (Wren, 1987)

La contribution de Booz, Allen et Hamilton, Inc. à PERT en 1957-1958 est basée sur les conceptualisations antérieures de Charles D. Flagle à l'Université Johns Hopkins. Son article sur "La probabilité fondée sur les tolérances dans les prévisions et la planification", publié en mai 1961, avait été écrit environ sept ans plus tôt et présenté à Hopkins.

L'utilisation du diagramme de Gantt se poursuit aujourd'hui dans des applications de plus en plus créatives. Bien que LOTUS 1-2-3 soit l'application la plus populaire, il est intéressant de trouver un autre logiciel.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons introduit notre lieu de stage, l'entreprise ALREM-COSIDER en donnant une représentation structurelle et fonctionnelle de celle-ci. Un des problèmes majeurs de cette entreprise est l'absence de planification de projet de rénovation. Pour permettre de résoudre en partie cette problématique, notre objectif est de réaliser une partie de planification de l'entreprise de maintenance en effectuant l'ordonnancement d'un projet répétitif qui est « la rénovation de moteurs Caterpillar 3408 ».

Notre travail portera sur les points essentiels suivants :

- La mise en œuvre d'une gamme opératoire détaillée ;
- Les méthodes d'ordonnancement GANTT et MPM seront appliqués en assistance du logiciel MSPROJECT ;
- La planification des ressources (personnel chargé de l'exécution) ;
- Les avantages et les inconvénients de chaque méthode seront mis en évidence dans le but de pouvoir proposer la méthode la plus adéquate pour l'entreprise .

Le projet de rénovation du moteur Caterpillar 3408 s'inscrit dans le cadre de la maintenance des systèmes de production, dans le chapitre qui suit nous mettrons le projet dans son contexte ;

nous exposerons quelques concepts de base de la maintenance des systèmes de production et de la planification de projet.

Chapitre 2

Maintenance des systèmes de production : Planification de projet

Introduction

La principale conséquence du développement industriel est la complexité croissante des machines et des équipements de production. Ainsi, pour satisfaire une demande de produits avec une meilleure qualité et à des prix compétitifs tout en respectant les délais de livraison. Le développement des ateliers manufacturiers doit intégrer à la fois automatisation et flexibilité. D'où l'augmentation du risque d'occurrence des pannes qui se traduit par un temps croissant de détection et de réparation des machines. Cela aurait, dans ce cas, pour effet la diminution de la disponibilité du système global.

Les entreprises sont de plus en plus sensibilisées à l'importance des coûts induits par les défaillances accidentelles des systèmes de production [6]. Pour maintenir les coûts de production bas tout en ayant des produits de qualité, des actions de maintenance sont sinisent effectuées sur ces systèmes [7]. Alors que la maintenance, jusqu'à très récemment, était considérée comme un centre de coûts. Nous sommes de plus en plus conscients qu'elle peut contribuer d'une manière significative à la performance globale de l'entreprise. La complexité des mécanismes de dégradation des équipements a fait en sorte que la durée de vie de ces derniers a toujours été traitée comme une variable aléatoire. Cet état de fait a incité plusieurs entreprises à adopter des approches plutôt réactives, n'étant pas en mesure de justifier économiquement les avantages que peut procurer la mise en place d'une maintenance préventive [6].

Ce chapitre se présente en deux parties : dans la première partie, on abordera les concepts de la maintenance des systèmes de production. Quant à la deuxième partie elle sera consacrée aux méthodes de résolution d'ordonnancement.

2.1 Maintenance des systèmes de production

2.1.1 Définition de la maintenance

Une première définition normative de la maintenance fut donnée par l'AFNOR en 1994 (norme NF X 60-010), à savoir « l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé ». AFNOR se fait plus précise en apportant un complément avec le document X 60.000 « Bien maintenir, c'est assurer ces opérations au coût optimal ».

Depuis 2001. Elle a été remplacée par une nouvelle définition, désormais européenne INF EN /3306 X 60-319) : « 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 »

2.1.2 Objectifs de la maintenance Selon la norme AFNOR FD X 60.000.

Les objectifs de la maintenance sont :

- la disponibilité durant la durée de vie du bien
- la sécurité des hommes et des biens
- la qualité des produits
- la protection de l'environnement
- l'optimisation des coûts et des délais de maintenance, etc.

Les missions principales de la fonction maintenance [7] sont de :

- accroître la fiabilité du système, C'est-à-dire « l'aptitude du système à accomplir dans des conditions données, et pendant un temps donné, une fonction requise » ;
- assurer la disponibilité du système. C'est-à-dire « son aptitude à être en état d'accomplir sa fonction » ;
- accroître la maintenabilité du système, c'est-à-dire « l'aptitude du bien à être rétabli ou maintenu dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise ».

Les concepts liant fiabilité, disponibilité et maintenabilité sont des mots clés d'une nouvelle discipline qui est la sûreté de fonctionnement.

2.1.3 Types de maintenance de systèmes réparables

Il existe deux types de maintenances : la maintenance corrective et la maintenance préventive. La différence entre elles réside dans le moment d'intervention vis-à-vis de la panne. Le premier type de maintenance est appliqué après récurrence de la panne, alors que le deuxième type s'applique avant cette dernière.

A- Maintenance corrective

Selon la norme AFNOR. *VFEN 13306 X 60-319*, c'est une « maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise ».

La maintenance corrective est le type de maintenance s'apparentant le plus à l'entretien traditionnel dans la mesure où on intervient sur le matériel après l'apparition d'une défaillance en vue de le remettre en service.

B- Maintenance préventive

Selon la norme AFNOR *NI ? EN 13306 X 60-319*, c'est une maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de

défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien. Donc c'est une intervention prévue. Préparée et programmée en fonction de différents paramètres en vue d'éviter l'apparition probable d'une défaillance identifiée. Il existe deux formes principales de la maintenance préventive :

- **Maintenance préventive systématique** « Maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unité d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien (*norme NF EN 13306 X 60-31*). Cette maintenance comprend des inspections périodiques et des interventions planifiées.
- **Maintenance préventive conditionnelle** « Maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de son fonctionnement intégrant les actions qui en découlent (*norme NF EN 13306 X 60-3/9*). Dans ce cas il n'y a pas d'échéancier mais c'est le franchissement d'un seuil qui provoque l'intervention. Elle peut être appliquée pour des matériels dont le comportement est peu ou pas connue.

2.2 Les niveaux de la maintenance

1er Niveau :

Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage ou ouverture de l'équipement, ou échanges d'éléments consommables accessibles en toute sécurité, tels que voyants ou certains fusibles, etc. Ce type d'intervention peut être effectué par l'exploitant du bien, sur place, sans outillage et à l'aide des instructions d'utilisation. Le stock de pièces consommables nécessaires est très faible.

2ème Niveau :

Dépannages par échange standard des éléments prévus à cet effet et opérations mineures de maintenance préventive, telles que graissage ou contrôle de bon fonctionnement.

Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien habilité de qualification moyenne, sur place, avec l'outillage portable défini par les instructions de maintenance, et à l'aide de ces mêmes instructions. On peut se procurer les pièces de rechange transportables nécessaires sans délai et à proximité immédiate du lieu d'exploitation.

3ème Niveau :

Identification et diagnostic des pannes, réparations par échange de composants ou d'éléments fonctionnels, réparations mécaniques mineures, et toutes opérations courantes de maintenance préventive telles que réglage général ou réalignement des appareils de mesure. Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien spécialisé, sur place ou dans le local de maintenance, à l'aide de l'outillage prévu dans les instructions de maintenance ainsi que des appareils de mesure et de réglage, et éventuellement des bancs d'essais et de contrôle des équipements et en utilisant l'ensemble de la documentation nécessaire à la maintenance du bien ainsi que les pièces approvisionnées par le magasin.

4ème Niveau :

Tous les travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction. Ce niveau comprend aussi le réglage des appareils de mesure utilisés pour la maintenance, et éventuellement la vérification des étalons de travail par les organismes spécialisés. Ce type d'intervention peut être effectué par une équipe comprenant un encadrement technique très spécialisé, dans un atelier spécialisé doté d'un outillage général (moyens mécaniques de câblage, de nettoyage, etc.) et éventuellement des bancs de mesure et des étalons de travail nécessaires, à l'aide de toutes documentations générales ou particulières.

5ème Niveau :

Rénovation, reconstruction ou exécution des réparations importantes confiées à un atelier central ou à une unité extérieure. Par définition, ce type de travail est donc effectué par le constructeur, ou par le reconstruteur, avec des moyens définis par le constructeur et donc proches de la fabrication [14].

Nous essayerons de développer plus amplement le concept de la rénovation pour le cas de rénovation du moteur d'engin :

2.3 Concept de la rénovation

2.3.1 La nature de l'activité

L'activité consiste à remettre à neuf le moteur, et lui redonner toutes ses performances initiales (vitesse, puissance, couple, Etc.) en procédant à l'exécution des opérations essentielles :

- Démontage ;
- Rénovation organes moteur ;
- Usinage ;
- Montage moteur ;
- Essai et contrôle ;
- Peinture.

2.3.2 Niveau de technicité

Si nous nous reportons aux opérations citées dans le paragraphe antécédent, nous voyons qu'il n'y a aucune activité de création ou de conception.

Il s'agit ici de démontage et remontage d'organes identiques avec échange de pièce ou rectification.

La chronologie des opérations est définie dans une « Gamme opératoire ». L'outillage spécifique est prévu ainsi que les divers ingrédients.

Cette activité qui ne nécessite pas de réflexion au préalable fait appel à un niveau d'exécutant professionnel.

2.3.3 Organisation de l'activité

Une activité peut être organisée de différentes manières :

Par nature :

- Réparation
- Rénovation
- Préventif

Par produit :

- Moteur
- Boîte à vitesses
- Châssis + carrosserie

Par spécialité :

- Mécanique
- Electricité
- Tôlerie-peinture
- Usinage
- Vulcanisation

Après cela, il faut choisir le concept et organiser les surfaces, les postes de travail, les hommes et les circuits. [22]

2.3.4 Choix de concept

A- Concept de la chaîne

Qui consiste à diviser toutes les opérations en plusieurs tâches et les tâches en sous-tâches faisant intervenir chacune un mécanicien contraint de faire toute la journée la même exécution dans un temps record.

B- Concept du poste fixe

Ce concept, il convient de disposer, au long du processus, des postes de travail fixes, occupés chacun par un intervenant chargé d'exécuter une tâche plus élargie et plus enrichie par rapport à celle du concept de la chaîne. Ainsi les postes sont définis par :

- Un degré de technicité exigeant une main d'œuvre qualifiée ;
- Un temps d'intervention défini par le responsable chargé du suivi ;

- Des moyens d'exécution appropriés.

Exemples :

- Démontage pièces – moteur ;
- Lavage ;
- Dépose des organes auxiliaires ;
- Remontage pièces moteur ;
- Essai ; etc.

Les tâches exigeant des moyens de technicité supérieurs sont assurées par des spécialistes en la matière sur des bases appropriées, tel que :

- Injection : pompe et becs d'injection
- Electricité : démarreur et alternateur.
- Freinage : le compresseur faisant partie du circuit de freinage est pris en charge par un spécialiste de l'équipe de freinage.

Dans ce concept, l'élargissent et l'enrichissement des tâches, les bonnes relations humaines et la délimitation des responsabilités pour chaque poste de travail et la continuité de l'exécution d'une opération exigeant une certaine technicité par un même mécanicien dans le but d'obtenir un résultat de bonne Qualité.

2.3.5 Définition des opérations

A- Avant réception

- Informer la clientèle qui se présente dans le cadre de la rénovation sur le type et la marque de l'organe qui sera pris en charge dans les ateliers de l'unité de rénovation ;
- Préciser toutes les conditions de réception ;
- Donner le rendez-vous au client ;
- Ouvrir un registre des rendez-vous.

B- Après réception

- Examiner la carte présentée pour le client.
- Faire ouvrir un « OR » (l'ordre de rénovation).
- Porter sur l'OR les types et le numéro d'organes auxiliaires.
- Coller à l'organe une copie d'ordre de rénovation « OR » correspondant.

- Porter à la peinture (Marquer) le numéro “Ordre de rénovation” sur l'organe ainsi que sur les organes auxiliaires tels :
 - Démarreur ;
 - Alternateur ;
 - Pompe d'injection et les injecteurs ;
 - Compresseur ; etc.
- Diriger le moteur vers l'aire de stockage prévue pour ce stockage, prévoir un système rotatif pour éviter des manipulations inutiles.

2.4 Gestion de l'activité

L'activité est gérée selon le système, mis en place pour toute l'opération au niveau des ateliers. L'utilisation des différents bons (OR, bons de travail, bons de pièces, factures etc.) s'effectue suivant la réglementation en vigueur.

2.4.1 Réception

- Réception matérielle de l'organe ;
- Observation des conditions de reprise en rénovation ;
- Ouverture « OR » (ordre de rénovation) ;
- Renseignement du client ;

Tous ces renseignements sont portés sur un registre spécial rénovation (on y trouve : date, N°, OR), renseignements clients et organes en cour de réparation, ou terminé, date de sortie) qui sert à faciliter toute recherche éventuelle.

2.4.2 Planning

Le planning décompose le travail à exécuter en opérations simples, ou groupées, suivant le processus et le manuel du responsable chargé du suivi, Jusqu'à la planification des travaux suivants, il ne sera classé « terminé » qu'après la livraison de l'organe.

2.4.3 Lancement des travaux

Après la réception matérielle de l'organe, le chef d'équipe rénovation, lance des travaux une fois le bon de travail reçu. Il veille à :

- La bonne marche des opérations suivant le processus ;
- Temps pratique (estimative)
- Toutes commandes (PR, aux achats extérieurs)

À la fin des travaux chaque chef d'équipe transmet ses bons de travail avec la mention « TERMINE »

2.4.4 Délai de rénovation d'un organe

La dernière question qui vient à l'esprit du client est celle de savoir quand est-ce qu'il récupère son produit. Il convient donc de calculer le délai de rénovation d'un moteur. Pour cela on l'utilise l'une de ces méthodes de gestion « MPM » ou « Gantt » pour répondre à cette question du client.

2.5 Planification de la production

La planification des opérations consiste à définir, en fonction des délais et des priorités, les dates de début des opérations d'un ordre (*OT = Ordre de Travail ; OF = ordre de fabrication, OM = Ordre de maintenance, OA = Ordre d'achat ...*), afin que celles-ci soient terminées afin que celles-ci soient terminées dans les délais prévus.

Lorsque plusieurs ordres, qui nécessitent les mêmes ressources sont lancés au même moment, différentes règles de priorité peuvent être utilisées pour fixer les dates de début d'exécution. Dans la fonction production, la planification est faite de façon séquentielle et en suivant une hiérarchie à trois niveaux. Globalement, elle obéit à la démarche suivante :

- ✓ Estimation des besoins de consommation par famille de produits ;
- ✓ Décomposition des besoins de chaque famille de produit en références finales (produit fini) ;
- ✓ Calcul des besoins bruts sur la base de la nomenclature ;
- ✓ Evaluation des stocks, calcul des besoins nets et planification des ordres ;
- ✓ Planification des charges (main d'œuvre, machines, temps opératoires) sur la base des gammes d'opération ;
- ✓ Exécution du plan de rénovation.

Chapitre 3

Gamme Opératoire du moteur

« Caterpillar 3408 »

Introduction

La gamme opératoire est une description des opérations et de leurs séquences (les étapes du processus) qui doivent être exécutées pour produire un article (produit) défini. Ajouté à ces également des détails sur le personnel chargé de l'exécution et sur l'outillage nécessaire (y compris dispositifs et appareillages). Il s'agit dans cette phase de procéder à un inventaire très précis et détaillé de toutes les tâches indispensables à la réalisation d'un projet.

La gamme est utilisée comme modèle pour créer, par copie, un ordre de fabrication ou un ordre répétitif. Elle se compose d'un en-tête et d'une ou plusieurs séquences : l'en-tête contient les données valides pour la gamme entière ; la séquence est une série d'opérations qui décrivent les étapes du processus exécutées pendant la fabrication.

Dans ce chapitre une gamme opératoire de la rénovation de moteurs Caterpillar 3408 sera réalisée à travers la base de données de l'entreprise, et en interrogeant aussi le personnel (techniciens/ opérateurs sur machines) exécuteurs d'opérations et les ingénieurs chargés du service d'Ordonnancement dans le but de déterminer :

- Les opérations,
- Les tâches,
- Les durées de chaque tâche (optimistes, pessimistes, et estimatives),
- Le personnel chargé de l'exécution et leurs noms,
- L'outillage nécessaire.

3.1 Ressources de la gamme opératoire

3.1.1 Le personnel

Le personnel représente l'ensemble des ouvriers tels qu'ils soient ingénieurs, techniciens, mécaniciens, administrateurs et aides mécaniciens, dans l'entreprise ALREM-COSIDER cet ensemble est organiser d'une façon que chaque poste d'exécution comporte un responsable ingénieur et un nombre de mécaniciens et aides mécaniciens définis selon la charge du travail. Les postes de travail qui nécessitent des contrôles métrologiques ou CND comportent des ingénieurs qualifiés pour leurs exécutions.

3.1.2 Outillage et appareillage

L'indisponibilité de l'outillage et des machines nécessaires pour la rénovation des moteurs compliquera la tâche des mécaniciens et impliquera du temps supplémentaire pour le projet.

L'entreprise met à la disposition de chaque poste de l'atelier de rénovation des moteurs Caterpillar 3408 une caisse à outils complète pour tout type de manipulations (démontage-montage -réparation-nettoyage).

Les postes chargés d'usinage comportent des machines de technologie de précision évoluée (rectifieuse, aléseuse, tour, etc.).

Les postes chargés du lavage des organes des moteurs disposent d'une machine à lavé, des karchers et des produits nettoyants, de plus le poste de montage des moteurs contient des supports qui permettent de supporter et déplacer des blocs moteur. Le système de fixation est adaptable au type de moteur à manipuler. Une manivelle permet de faire pivoter le moteur fixé.

Les bonnes conditions de travail offrent un plus à notre planification en ce qui concerne le gain de temps et aide les opérateurs à fournir moins d'efforts et minimiser les risques d'accidents.

3.1.3 Les durées

La collecte des durées concernant cette gamme opératoire a été réalisée en assistant à des interventions réelles et en chronométrant le temps nécessaire pour l'achèvement de chaque tâche dans le but de rassembler les informations nécessaires pour notre projet de planification (MPM / GANTT).

Les durées ont été réparties en trois estimations du temps de réalisation des tâches, selon Muhammad Kholil et al [16] :

- 1) Le temps optimiste (a) : est le temps nécessaire à la réalisation d'une activité lorsque tout se passe bien, sans aucune contrainte ;
- 2) Le temps réaliste (m) : est le temps le plus approprié pour terminer la tâche ;
- 3) Le temps pessimiste (b) : est la durée de la tâche en cas d'obstacles ou de retards dépassés ;
- 4) la durée de tâche estimée (t) : est le temps utilisé dans l'application des méthodes MPM et GANTT et peut être calculée à l'aide de la formule suivante :

$$t = (a + 4m + b) / 6$$



Figure 3.1 : le moteur Caterpillar 3408

3.2 Réalisation d'une gamme opératoire pour les moteurs Caterpillar 3408

Les tableaux présents si dessous représentent la gamme opératoire du moteur Caterpillar 3408.

TABLEAU 3.1 : Gamme opératoire de démontage du moteur cat 3408

	CODIFICATION N	TACHES	DUREE (min)				OUTILLAGE	PERSONNEL	NOM DU PERSONNEL
			OPTIMISTE	PESSIMISTE	REALISTE	ESTIMATIVE			
OPERATION	1	DEMONTAGE MOTEUR	1270	1545	1435	1426	/	chef d'atelier (ingenieur)	BOURAOUI KHALED
Démontage & Lavage Moteur	2	Faire La vidange	45	60	50	51	/	aide mecanicien	equipe demontage
	3	Lavage du moteur (karcher)	50	60	60	59	Carcher,Bac	aide mecanicien	equipe demontage
	4	Démonter le démarreur	10	15	15	14	Bras de force,douille N°14	aide mecanicien	equipe demontage
	5	Démonter L'alternateur	10	15	15	14	Bras de force,douille N°14	aide mecanicien	equipe demontage
	6	Démonter le filtre à gazoilet et à l'huile	10	15	15	14	Bras de force,douille N°14	aide mecanicien	equipe demontage
	7	Démonter la courroie	10	15	15	14	Bras de force,douille N°14	aide mecanicien	equipe demontage
	8	Démonter le turbo	10	15	15	14	Bras de force,douille N°14	aide mecanicien	equipe demontage
	9	Démonter collecteur d'echapement	10	15	15	14	Clé à choc ,Bras de force,douille N°14	aide mecanicien	equipe demontage
	10	Démonter collecteur d'admission	10	15	15	14	Bras de force,douille N°14	aide mecanicien	equipe demontage
	11	Démonter aftercooler	20	30	15	18	Bras de force,douille N°14	aide mecanicien	equipe demontage
	12	Démonter cache culbuteur	20	30	30	28	Clé à choc,Bras de force,douille 3/8	aide mecanicien	equipe demontage
	13	Démonter les injecteurs	10	15	15	14	Bras de force,douille N°10	aide mecanicien	equipe demontage
	14	Démonter la culasse	25	30	30	29	Bras de force,douille 24	aide mecanicien	equipe demontage
	15	Démonter réfrigérant moteur	50	60	60	58	Clé à choc,Bras de force,Douille 13-14	aide mecanicien	equipe demontage
	16	Démonter refroidisseur de transmission	45	60	50	51	Bras de force,douille N°19	aide mecanicien	equipe demontage
	17	Démonter cache moteur avant	25	30	25	26	Clé à choc,Bras de force,douille N° 17- 19	aide mecanicien	equipe demontage
	18	Démonter l'ensemble des poulies	20	30	25	25	Bras de force,cle à choc	aide mecanicien	equipe demontage
	19	Démonter le dumper	50	60	50	52	Bras de force,douille N°24	aide mecanicien	equipe demontage
	20	Démonter le support moteur avant	50	60	50	52	Bras de force,douille N°14	aide mecanicien	equipe demontage
	21	Démonter les pignons de distribution	10	15	15	14	Bras de force,douille N°17	aide mecanicien	equipe demontage
	22	Démonter le volant moteur	25	30	30	29	Bras de force,douille N°24	aide mecanicien	equipe demontage
	23	Démonter la cloche	25	30	30	29	Bras de force,douille N°19	aide mecanicien	equipe demontage
	24	Démonter la pompe d'injection	25	30	30	29	Bras de force,douille N°10	aide mecanicien	equipe demontage
	25	Démonter le carter d'huile	45	60	50	51	Clé à choc,Bras de force,douille N°14	aide mecanicien	equipe demontage
	26	Démonter pompe à l'huile	20	30	30	28	Bras de force,douille N°14	aide mecanicien	equipe demontage
	27	Démonter la cripine	5	5	5	5	Bras de force,douille N°14	aide mecanicien	equipe demontage
	28	Démonter les bielles	55	60	55	56	Bras de force,douille N°22	aide mecanicien	equipe demontage
	29	Démonter les pistons	10	15	15	14	Bras de force,douille N°22	aide mecanicien	equipe demontage
	30	Démonter le vilebrequin	25	30	30	29	Bras de force,Douille N°27	aide mecanicien	equipe demontage
	31	Démonter L'arbre à came	5	10	10	9	Bras de force,Douille N°14	aide mecanicien	equipe demontage
	32	Nettoyage organes moteur	420	480	450	450	Lequide de nettoyage	aide mecanicien	equipe demontage
	33	Lavage oraganes moteur dans un bain	60	60	60	60	Machine à laver,liquide de lavage	aide mecanicien	equipe demontage
	34	Expedition organes	60	60	60	60	Chariot	aide mecanicien	equipe demontage

TABLEAU 3.2 : Gamme opératoire du bloc moteur cat 3408

	CODIFICATIO N	TACHES	DUREE (min)				OUTILLAGE	PERSONNEL	NOM DU PERSONNEL
			OPTIMISTE	PESSIMISTE	REALISTE	ESTIMATIVE			
OPERATION	35	RENOVATION ORGANES MOTEUR	585	720	710	691	/	chef d'atelier ingenieur	BOURAOUI KHALED
Bloc Moteur	36	Nettoyage & Contrôle :	360	420	420	410	/	mecanicien	CHEBANI AKRAM
		Nettoyage	360	420	420	410	compresseur d'air, Brosse métallique	mecanicien	CHEBANI AKRAM
		Surfaçage					Brosse metalique	mecanicien	CHEBANI AKRAM
		Nettoyage cercuit graissage					Compresseur d'air,tige	mecanicien	CHEBANI AKRAM
		Verification des frettes					/	mecanicien	CHEBANI AKRAM
		Rénovation :	225	300	290	281	/	technicien	DAHAMNI KHIRDINE
		Cérage ligne d'arbre à blanc (sans coussigné)	180	240	240	230	Clé dynamométrique,br as de force	technicien	DAHAMNI KHIRDINE
		Contrôle methrologique de la ligne d'arbre (sans coussigné)					Micromètre ,Comparateur	technicien	DAHAMNI KHIRDINE
		Décérage palié					Clé dynamométrique,br as de force	technicien	DAHAMNI KHIRDINE
		Cérage avec coussigné à blanc (sans vilebrequin)					Clé dynamométrique,br as de force	technicien	DAHAMNI KHIRDINE
		Changement des bagues d'arbre à came					Dispositif de démontage et remontage des bagues	technicien	DAHAMNI KHIRDINE
		Contrôle méthrologique de la ligne d'arbre (avec coussigné)					Micromètre ,Comparateur	technicien	DAHAMNI KHIRDINE
		Contrôle méthrologique d'arbre à came					Micromètre ,Comparateur	technicien	DAHAMNI KHIRDINE
		Taraudage vis de culasse	45	60	50	51	Tour	technicien	DAHAMNI KHIRDINE
		Emballage & Affectation	/	/	/	/	cellophane	aide mecanicien	OMAR CHETABE

TABLEAU 3.3 : Gamme opératoire des accessoires du bloc moteur cat 3408

	CODIFICATIO N	TACHES	DUREE (min)				OUTILLAGE	PERSONNEL	NOM DU PERSONNEL
			OPTIMISTE	PESSIMISTE	REALISTE	ESTIMATIVE			
OPERATION	35	RENOVATION ORGANES MOTEUR	420	600	540	530	/	/	/
Accessoires Bloc Moteur	37	Nettoyage & Préparation :	420	600	540	530	/	Chef d'atelier ingenieur	CHERIF FARID
		pipe d'admission turbo	420	600	540	530	Carcher ,Compresseur D'air ,Brosse metalique,Produit nettoyant...	aide mecanicien	GASMI FARID
		tuyaux de graissage turbo						aide mecanicien	GASMI FARID
		réfrigérant moteur						aide mecanicien	GASMI FARID
		réfrigérant de transmission						aide mecanicien	GASMI FARID
		Tendeur de courroie						aide mecanicien	GASMI FARID
		Console filtre à eau						aide mecanicien	GASMI FARID
		Console filtre à gasoil						aide mecanicien	GASMI FARID
		Console filtre à l'huile						aide mecanicien	GASMI FARID
		Cache moteur avant						aide mecanicien	GASMI FARID
		Tube de remplissage						aide mecanicien	GASMI FARID
		Bloc de transmission						aide mecanicien	GASMI FARID
		Cloche						aide mecanicien	GASMI FARID
		Carter						aide mecanicien	GASMI FARID
		Colecteur d'admission						aide mecanicien	GASMI FARID
		Collecteur d'échappement						aide mecanicien	GASMI FARID

TABEAU 3.4 : Gamme opératoire de l'ensemble des deux culasses cat 3408

	CODIFICATIO N	TACHES	DUREE (min)				OUTILLAGE	PERSONNEL	NOM DU PERSONNEL
			OPTIMISTE	PESSIMISTE	REALISTE	ESTIMATIVE			
OPERATION	35	RENOVATION ORGANE MOTEUR	680	885	840	819	/	/	/
Culasse	38	Rénovation Complète :	680	885	840	819	/	chef d'atelier ingenieur	ZAMOURI OMAR
		Netoyage et lavage de la culasse a l'exterieur	60	90	75	75	Machine à laver	mecanicien	KASSI MOKRANE
		Enlever les demi-clavettes et retirer les coupelles ensuite enlever les ressorts et déposer les soupapes	60	60	60	60	outils spéciaux ,table de montage	mecanicien	KASSI MOKRANE
		Nettoyage et lavage interieur de la culasse	90	120	120	115	Produit nettoyant	mecanicien	KASSI MOKRANE
		Contrôle de surfaçage du plan de joint	15	20	15	16	Machine surfaceuse	mecanicien	KASSI MOKRANE
		Controler l'étanchéité de la culasse	120	180	180	170	Banc d'épreuve	mecanicien	KASSI MOKRANE
		Monter les soupapes dans leurs guides	15	20	20	19	/	mecanicien	KASSI MOKRANE
		Controler le jeu radial des soupapes	10	15	15	14	Micromètre , Comparateur	mecanicien	KASSI MOKRANE
		extraire et remplacer les soupapes	15	15	15	15	outils spéciaux ,table de montage	mecanicien	KASSI MOKRANE
		Monter les soupapes	25	30	25	26	outils spéciaux ,table de montage	mecanicien	KASSI MOKRANE
		Controler le retrait ou le dépassement des soupapes	15	15	15	15	Micromètre , Comparateur	mecanicien	KASSI MOKRANE
		Réctification ou remplacement du siège	30	45	30	32	Machine de rectification soupapes & sièges	mecanicien	KASSI MOKRANE
		Extraction et remplacement des douilles d'injecteurs	30	45	45	42	outils spéciaux ,table de montage	mecanicien	KASSI MOKRANE
		Controler le tarage des ressorts / Changement des ressorts	20	35	30	29	Pied à coulisse , Testeur manuel ressorts	mecanicien	KASSI MOKRANE
		Monter des joints sur les guides	30	30	30	30	/	mecanicien	KASSI MOKRANE
		Huiler et mettre en place les queues de soupapeset	30	30	30	30	/	mecanicien	KASSI MOKRANE
		Placer les coupelles inférieures	30	30	30	30	/	mecanicien	KASSI MOKRANE
		Monter les ressorts et placer les coupelles superieures puis poser les demi-clavettes	15	30	30	27	/	mecanicien	KASSI MOKRANE
		Contrôle finale d'étanchéité	30	30	30	30	Testeur d'étanchéité	mecanicien	KASSI MOKRANE
		Laver la culasse	30	30	30	30	Machine à laver	mecanicien	KASSI MOKRANE
		Réserver les culasse	10	15	15	14	Cellophane	mecanicien	KASSI MOKRANE

TABLEAU 3.5 : Gamme opératoire de la pompe d'injection cat 3408

	CODIFICATION	TACHES	DUREE (min)				OUTILLAGE	PERSONNEL	NOM DU PERSONNEL
			OPTIMISTE	PESSIMISTE	REALISTE	ESTIMATIVE			
OPERATION	35	RENOVATION ORGANES MOTEUR	1145	1225	1200	1195	/	che d'atelier ingénieur	KHOUDIA MOHAMED
Pompe d'injection	39	Démontage & Nettoyage:	260	305	280	280	/	aide mecanicien	MALEK MOUNIR
		Démontage de la mombrane	15	20	15	16	Clé de serrage 11,13	aide mecanicien	MALEK MOUNIR
		Démontage de la plaque de stop	15	20	15	16	Clé de serrage 13	aide mecanicien	MALEK MOUNIR
		Démontage cache régulateur	35	40	40	39	clé 14,	aide mecanicien	MALEK MOUNIR
		Démontage du régulateur	10	15	15	14	clé 14,ou douille	aide mecanicien	MALEK MOUNIR
		Démontage de la pompe d'alimentation	25	30	25	26	clé 13,ou douille	aide mecanicien	MALEK MOUNIR
		Démontage de la plaque de la pompe	40	45	40	41	clé 13,ou douille	aide mecanicien	MALEK MOUNIR
		Démontage des éléments	10	15	15	14	clé 13,ou douille	aide mecanicien	MALEK MOUNIR
		Démontage des cales	5	5	5	5	clé à laine 6"	aide mecanicien	MALEK MOUNIR
		Démontage des poussoires	15	15	15	15	/	aide mecanicien	MALEK MOUNIR
		Démontage de lacrimé à air	15	20	20	19	Outil special(R:8S4613)	aide mecanicien	MALEK MOUNIR
		Démontage pignon arbre à came	15	20	15	16	/	aide mecanicien	MALEK MOUNIR
		Nettoyage	60	60	60	60	Produit nettoyant	aide mecanicien	MALEK MOUNIR
		Rénovation & Montage:	465	500	500	494	/	mecanicien	SADKI HOUCINE
		Monter Arbre à came	5	10	5	6	/	mecanicien	SADKI HOUCINE
		Monter Pignon arbre à came	5	10	5	6	/	mecanicien	SADKI HOUCINE
		Monter Poussoires	40	45	45	44	/	mecanicien	SADKI HOUCINE
		Monter les Cales	25	30	30	29	clé à laine 6"	mecanicien	SADKI HOUCINE
		Monter la crime à air	5	10	5	6	Outil special(R:8S4613)	mecanicien	SADKI HOUCINE
		Plaque de position arbre à came	5	10	10	9	Outil special	mecanicien	SADKI HOUCINE
		Montage des éléments pompage	105	120	120	117	/	mecanicien	SADKI HOUCINE
		Montage du régulateur	35	40	40	39	clé 14,ou douille	mecanicien	SADKI HOUCINE
		Montage cache régulateur	40	50	50	48	clé 14,	mecanicien	SADKI HOUCINE
		Montage partie supérieur du régulateur	40	45	45	44	clé 14,ou douille	mecanicien	SADKI HOUCINE
		Montage mombrane	20	30	20	22	Clé de serrage 11,13	mecanicien	SADKI HOUCINE
		Montage plaque stop	25	30	25	26	Clé de serrage 13	mecanicien	SADKI HOUCINE
		Montage plaque pompe d'alimentation	5	10	10	9	clé 13,ou douille	mecanicien	SADKI HOUCINE
		Montage pompe d'alimentation	60	110	90	88	clé 13,ou douille	mecanicien	SADKI HOUCINE
		Essais:	420	420	420	420	/	technicien	ZAOUI HANINE
		Montage sur le Banc d'essais	90	90	90	90	/	technicien	ZAOUI HANINE
		Essais	240	240	240	240	/	technicien	ZAOUI HANINE
		Démontage du Bonc d'essais	90	90	90	90	/	technicien	ZAOUI HANINE

TABLEAU 3.6 : Gamme opératoire de la pompe à eau cat 3408

	CODIFICATION	TACHES	DUREE (min)				OUTILLAGE	PERSONNEL	NOM DU PERSONNEL
			OPTIMISTE	PESSIMISTE	REALISTE	ESTIMATIVE			
OPERATION	35	RENOVATION ORGANES MOTEUR	55	75	65	65	/	Chef d'atelier ingénieur	KHLIFAOUI LYES
Pompe à eau	40	Démontage:	10	15	15	14	/	mécanicien	HAMZAOUI
		Démonter L'entretoise	10	15	15	14	Outil spcial	mécanicien	HAMZAOUI
		Démonter le pignon et la turbine					Arrache	mécanicien	HAMZAOUI
		Démonter la bride					Clé à choc, Bras de	mécanicien	HAMZAOUI
		Démonter l'axe et roulements					Présse	mécanicien	HAMZAOUI
		Démonter joint SPI & presse-étoupe					/	mécanicien	HAMZAOUI
		Nettoyage & Contrôle:	5	10	5	6	/	mécanicien	HAMZAOUI
		Nettoyer et verifier toutes les pièces	5	10	5	6	/	mécanicien	HAMZAOUI
		Montage & Rénovation:	40	50	45	45	/	mécanicien	HAMZAOUI
		Montage du joint SPI & presse-étoupe	40	50	45	45	/	mécanicien	HAMZAOUI
		Monter l'axe et roulements					/	mécanicien	HAMZAOUI
		Monter la bride					Clé à choc, Bras de	mécanicien	HAMZAOUI
		Monter le pignon et la turbine					Maillet	mécanicien	HAMZAOUI
		Monter L'entretoise					Outil spcial	mécanicien	HAMZAOUI

TABLEAU 3.7 : Gamme opératoire du compresseur d'air cat 3408

	CODIFICATION	TACHES	DUREE (min)				OUTILLAGE	PERSONNEL	NOM DU PERSONNEL
			OPTIMISTE	PESSIMISTE	REALISTE	ESTIMATIVE			
OPERATION	35	RENOVATION ORGANES MOTEUR	580	710	670	662	/	Chéf d'atelier (ingénieur)	BOUKAROU NABIL
Compresseur d'air	41	Démontage:	240	300	285	280	/	mécanicien	HAMZA OUI MOHAMED
		Démonter pignon	240	300	285	280	Caisse a outils	mécanicien	HAMZA OUI MOHAMED
		Démonter culace					Caisse a outils	mécanicien	HAMZA OUI MOHAMED
		Démonter carter					Caisse a outils	mécanicien	HAMZA OUI MOHAMED
		Démonter bielle					Caisse a outils	mécanicien	HAMZA OUI MOHAMED
		Démonter piston					Caisse a outils	mécanicien	HAMZA OUI MOHAMED
		Nettoyage & Contrôle:	90	120	120	115		mécanicien	HAMZA OUI MOHAMED
		Montage & Rénovation:	210	240	225	225		mécanicien	HAMZA OUI MOHAMED
		Montage des bagues	210	240	225	225	Présse	mécanicien	HAMZA OUI MOHAMED
		Monter le vilebrequin					/	mécanicien	HAMZA OUI MOHAMED
		Monter L'ensemble: bielle/piston					Caisse a outils	mécanicien	HAMZA OUI MOHAMED
		Changer les clapet de culasse					/	mécanicien	HAMZA OUI MOHAMED
		Monter la culasse					Caisse a outils	mécanicien	HAMZA OUI MOHAMED
		Monter les pignons					/	mécanicien	HAMZA OUI MOHAMED
		Contrôle:	40	50	40	42		technicien	BRAHIMI MORAD
		contrôle sur le banc d'essais	40	50	40	42	/	technicien	BRAHIMI MORAD

TABLEAU 3.8 : Gamme opératoire du démarreur cat 3408

	CODIFICATION	TACHES	DUREE (min)				OUTILLAGE	PERSONNEL	NOM DU PERSONNEL
			OPTIMISTE	PESSIMISTE	REALISTE	ESTIMATIVE			
OPERATION	35	RENOVATION ORGANES MOTEUR	270	375	288	300	/	chef d'atelier ingénieur	KALOUCHE OMAR
Démarreur	42	Démontage & Nettoyage:	30	45	38	38	/	electro mecanicien	KAMECHE HAMZA
		Réceptionner et tester le démarreur	3	5	5	5	/	electro mecanicien	KAMECHE HAMZA
		Enlever les bouchons	2	4	2	2	Tournevis	electro mecanicien	KAMECHE HAMZA
		Démonter palier arrière et porte charbon	5	6	6	6	Bras de force,douille N° 14	electro mecanicien	KAMECHE HAMZA
		Retirer l'induit					/	electro mecanicien	KAMECHE HAMZA
		Déposer le contacteur	5	5	5	5	/	electro mecanicien	KAMECHE HAMZA
		Démonter palier avant (Nez)	5	10	5	6	Bras de force,douille N° 14	electro mecanicien	KAMECHE HAMZA
		Démonter palier central					/	electro mecanicien	KAMECHE HAMZA
		Nettoyage intérieur	10	15	15	14	/	electro mecanicien	KAMECHE HAMZA
		Contrôle :	90	120	100	102	/	technicien	LEZOULE SLIMANE
		Contrôler maintien bobine	90	120	100	102	/	technicien	LEZOULE SLIMANE
		Contrôler le contacteur					/	technicien	LEZOULE SLIMANE
		Contrôler L'ensemble: inducteur/ induit					Multimètre	technicien	LEZOULE SLIMANE
		Contrôler lanceur					/	technicien	LEZOULE SLIMANE
		Contrôler paliers & bagues					/	technicien	LEZOULE SLIMANE
		Contrôler balais					Multimètre	technicien	LEZOULE SLIMANE
		Montage & Rénovation:	150	210	150	160	/	electro mecanicien	KAMECHE HAMZA
		Monter palier central	150	210	150	160	/	electro mecanicien	KAMECHE HAMZA
		Monter palier avant					Bras de force,douille N° 14	electro mecanicien	KAMECHE HAMZA
		Monter contacteur & l'induit					/	electro mecanicien	KAMECHE HAMZA
		Monter palier arrière avec porte charbon					Bras de force,douille N° 14	electro mecanicien	KAMECHE HAMZA
		Procéder à un contrôle de fonctionnement					/	electro mecanicien	KAMECHE HAMZA

TABLEAU 3.9 : Gamme opératoire de l'alternateur cat 3408

	CODIFICATIO N	TACHES	DUREE (min)				OUTILLAGE	PERSONNEL	NOM DU PERSONNEL
			OPTIMISTE	PESSIMISTE	REALISTE	ESTIMATIVE			
OPERATION	35	RENOVATION ORGANES MOTEUR	250	345	296	297	/	Chef d'atelier ingenieur	SADKI NEDJM EDDIN
Alternateur	43	Démontage:	90	135	111	112	/	electro mecanicien	ACHIR ZOUBIR
		Oter le couvercle de protection	5	10	7	7	caisse à outils	electro mecanicien	ACHIR ZOUBIR
		Dévisser le régulateur	5	10	8	8	caisse à outils	electro mecanicien	ACHIR ZOUBIR
		Déssouder le pont de diode	15	30	22	22	Fer à souder	electro mecanicien	ACHIR ZOUBIR
		Retirer le palier arrière et tiges d'assemblage	5	10	6	7	caisse à outils	electro mecanicien	ACHIR ZOUBIR
		Déposer la poulie, le ventilateur et le palier avant	15	20	17	17	caisse à outils	electro mecanicien	ACHIR ZOUBIR
		Faire sortir le rotor	15	20	18	18	maillet	electro mecanicien	ACHIR ZOUBIR
		Extraire les roulements	30	35	33	33	présse	electro mecanicien	ACHIR ZOUBIR
		Contrôle :	50	65	57	57		electro mecanicien	ACHIR ZOUBIR
		Contrôler l'isolement du rotor	15	20	17	17	/	electro mecanicien	ACHIR ZOUBIR
		Contrôler l'isolement du stator	15	20	18	18	Multimètre	electro mecanicien	ACHIR ZOUBIR
		Contrôle visuel de la longueur du balais	5	5	5	17	/	electro mecanicien	ACHIR ZOUBIR
		Tester le pont de diode	15	20	17	17	Multimètre	electro mecanicien	ACHIR ZOUBIR
		Montage & Rénovation :	110	145	128	128		electro	ACHIR ZOUBIR
		Monter les roulements sur le rotor	10	15	13	13	Présse	electro mecanicien	ACHIR ZOUBIR
		Emmancher rotor sur stator	15	20	17	17	Manuel	electro mecanicien	ACHIR ZOUBIR
		Monter le palier avant, poulie et ventilateur	20	25	22	22	caisse à outils	electro mecanicien	ACHIR ZOUBIR
		Monter palier arrière et tiges	15	20	18	18	caisse à outils	electro mecanicien	ACHIR ZOUBIR
		Souder le pont de diode,poser le régulateur et monter le couvercle de protection	30	35	33	33	Fer à souder	electro mecanicien	ACHIR ZOUBIR
		Contrôler le fonctionnement	15	20	17	17	Banc d'essais	electro mecanicien	ACHIR ZOUBIR
		Préserver l'alternateur	5	10	8	8	Etagères de rangement	electro mecanicien	ACHIR ZOUBIR

TABLEAU 3.10 : Gamme opératoire des bielles cat 3408

	CODIFICATIO N	TACHES	DUREE (min)				OUTILLAGE	PERSONNEL	NOM DU PERSONNEL
			OPTIMISTE	PESSIMISTE	REALISTE	ESTIMATIVE			
OPERATION	35	RENOVATION ORGANES MOTEUR	130	155	141	142	/	Chef d'atelier ingenieur	GUERBAZ SMAIL
Bielles	44	Vérification et Contrôle :	130	155	141	142	/	technicien	HAMICHE IDRIS
		Vérification visuel des bielles et Préparation du diametre intérieur	40	40	40	40	Brosse métallique ,mulleuse	technicien	HAMICHE IDRIS
		Vérification du diametre	6	10	8	8	Alésometre, micrometre (100- 125)	technicien	HAMICHE IDRIS
		Paralelisme et verouillage des bielles	6	10	8	8	Outil special	technicien	HAMICHE IDRIS
		Démontage des bagues	40	45	42	42	Dispositif special	technicien	HAMICHE IDRIS
		Vérifier les logements têtes de bielle	8	10	9	9	Micromètre , Comparateur	technicien	HAMICHE IDRIS
		déterminer le jeu radial de tête de bielle	15	20	16	17	Micromètre , Comparateur	technicien	HAMICHE IDRIS
		déterminer le jeu radial de pied de bielle	15	20	18	18	Micromètre , Comparateur	technicien	HAMICHE IDRIS

TABLEAU 3.11 : Gamme opératoire de la pompe à l'huile cat 3408

	CODIFICATION	TACHES	DUREE (min)				OUTILLAGE	PERSONNEL	NOM DU PERSONNEL
			OPTIMISTE	PESSIMISTE	REALISTE	ESTIMATIVE			
OPERATION	35	RENOVATION ORGANES MOTEUR	50	70	58	59	/	chef d'telier ingénieur	HADDINI ABD EL KADER
Pompe à L'huile	45	Démontage:	20	30	26	26		mecanicien	GASSEB HOCINE
		Démontage des corps	20	30	26	26	Bras de force,douille	mecanicien	GASSEB HOCINE
		Démonter les pignons					/	mecanicien	GASSEB HOCINE
		Démonter le clapet					/	mecanicien	GASSEB HOCINE
		Démonter le ressort					/	mecanicien	GASSEB HOCINE
		Démontage de la bride					/	mecanicien	GASSEB HOCINE
		Nettoyage & Contrôle:	15	20	17	17		mecanicien	GASSEB HOCINE
		Nettoyer et verifier toutes les pièces constituantes de la pompe à L'huile	15	20	17	17	Produit Nettoyant	mecanicien	GASSEB HOCINE
		Montage & Rénovation:	15	20	18	18		mecanicien	Voir kit de rénovation pompe à l'huile
		Monter la bride	15	20	18	18	Caisse à outils	mecanicien	GASSEB HOCINE
		Monter l'ensemble clapet / ressort						mecanicien	GASSEB HOCINE
		Monter les pignons						mecanicien	GASSEB HOCINE
		Monter les corps						mecanicien	GASSEB HOCINE

TABLEAU 3.12 : Gamme opératoire de turbo compresseur cat 3408

	CODIFICATION	TACHES	DUREE (min)				OUTILLAGE	PERSONNEL	NOM DU PERSONNEL
			OPTIMISTE	PESSIMISTE	REALISTE	ESTIMATIVE			
OPERATION	35	RENOVATION ORGANES MOTEUR	405	420	410	411	/	Chef d'atelier ingénieur	HARAKATI MOKHTAR
Turbo compresseur	46	Démontage & vérification:	150	120	130	132	/	mecanicien	LAROUM HAMID
		Démonter les colliers	150	120	130	132	caisse à outils	mecanicien	LAROUM HAMID
		Démonter et vérifier les escargots (admission et échappement)					caisse à outils	mecanicien	LAROUM HAMID
		Démonter le cartridge					caisse à outils	mecanicien	LAROUM HAMID
		Démontage et vérification du rotor	15	30	22	22	caisse à outils	mecanicien	LAROUM HAMID
		Démontage et vérification du corp segment	10	15	13	13	caisse à outils	mecanicien	LAROUM HAMID
		Démontage et vérification des calles 1 et 2	7	13	11	11	caisse à outils	mecanicien	LAROUM HAMID
		Démontage et vérification des bagues 1 et 2	4	6	5	5	caisse à outils	mecanicien	LAROUM HAMID
		Démonter le Circlip	1	1	1	1	caisse à outils	mecanicien	LAROUM HAMID
		Nettoyage:	150	180	165	165	/	mecanicien	LAROUM HAMID
		Montage & Rénovation:	105	120	115	114	caisse à outils	mecanicien	LAROUM HAMID
		Changer les bages et les calles	105	120	115	114	caisse à outils	mecanicien	LAROUM HAMID
		Monter le corp segment					caisse à outils	mecanicien	LAROUM HAMID
		Monter le rotor					caisse à outils	mecanicien	LAROUM HAMID
		Monter le cartridge et escargots					caisse à outils	mecanicien	LAROUM HAMID
		Serrer les colliers					caisse à outils	mecanicien	LAROUM HAMID

TABLEAU 3.13 : Gamme opératoire de l'usinage du moteur cat 3408

	CODIFICATION	TACHES	DUREE (min)				OUTILLAGE	PERSONNEL	NOM DU PERSONNEL
			OPTIMISTE	PESSIMISTE	REALISTE	ESTIMATIVE			
OPERATION	47	USINAGE	2580	2710	2650	2648	/	Chef d'atelier ingénieur	BENHOUCHEIR MOHAMED
Usinage	48	Réctification Vilebrequin:	720	790	750	752	/	thecnicien	AMIROUCH RIDHA
		Contrôle CND	60	60	60	60	Appareillage special	thecnicien	AMIROUCH RIDHA
		Contrôle éventuel et polissage	120	120	120	120		thecnicien	AMIROUCH RIDHA
		Réctification	540	600	570	570	Réctifieuse vilebrequin	thecnicien	AMIROUCH RIDHA
	50	Vérification Arbre à came:	60	60	60	60	/	thecnicien	AMIROUCH RIDHA
		Contrôle CND	60	60	60	60	Appareillage special	thecnicien	AMIROUCH RIDHA
	49	Réctification Bloc Moteur:	1800	1860	1840	1837	/	thecnicien	BARKAN RIDHA
		Réparation Ligne d'arbre	540	600	580	577	Aléseuse horisontale	thecnicien	BARKAN RIDHA
		Réparation des frettes	1260	1260	1260	1260	Aléseuse verticale	thecnicien	BARKAN RIDHA

TABLEAU 3.14 : Gamme opératoire de montage du moteur cat 3408

	CODIFICATION	TACHES	DUREE (min)				OUTILLAGE	PERSONNEL	NOM DU PERSONNEL
			OPTIMISTE	PESSIMISTE	REALISTE	ESTIMATIVE			
OPERATION	51	MONTAGE MOTEUR	910	1185	1052	1051	/	Chef d'atelier ingénieur	LAIB IMRAN
Montage Moteur	52	Montage chemises & arbre à came:	165	205	184	184	/	mecanicien	MALEH KARIM
		Mise en place bloc moteur sur le support	35	40	37	37	/	mecanicien	MALEH KARIM
		Vérification logement chemises	5	10	6	7	Micromètre , Comparateur	mecanicien	MALEH KARIM
		Monter joints torique de chemises	15	20	17	17	/	mecanicien	MALEH KARIM
		Huiler et placer les chemises dans leurs logements	50	60	55	55	/	mecanicien	MALEH KARIM
		Controler le dépassement des chemises par rapport au plan de joint sur le bloc	40	45	43	43	/	mecanicien	MALEH KARIM
		Controler le diamètre intérieur de la chemise: -Ovalisation	10	15	13	13	Micromètre , Comparateur	mecanicien	MALEH KARIM
		-Conicité -Usure							
		Mise en place arbre à came (huiler les bagues, et logements)	10	15	13	13	/	mecanicien	MALEH KARIM
		Contrôle du jeu axial					Micromètre , Comparateur	technicien	NACERI LOCIF
	53	Montage Vilebrequin:	65	85	76	76	/	technicien	NACERI LOCIF
		Vérifier la propreté des orifices de graissage	10	15	13	13	/	technicien	NACERI LOCIF
		Lubrifier les manetons et les tourillons					/	technicien	NACERI LOCIF
		Lubrifier les coussinets des paliers	5	10	7	7	/	technicien	NACERI LOCIF
		poser le vilebrequin					/	technicien	NACERI LOCIF
		Placer les cales latéraux	50	60	56	56	Clé dynamométrique, bras de force	technicien	NACERI LOCIF
		Contrôler le jeu axial					Micromètre , Comparateur	technicien	NACERI LOCIF
	54	Préparation & Montage Pistons:	100	195	117	127	/	technicien	
		Contrôler le jeu de segments	10	15	13	13	/	technicien	NACERI LOCIF
		Huiler les segments pistons et les chemises	15	20	18	18	/	mecanicien	MALEH KARIM
		Tiercer les segments	15	20	17	17	/	mecanicien	MALEH KARIM
		Lubrifier les coussinets des paliers	5	10	7	7	/	mecanicien	MALEH KARIM
		Introduire les pistons (serre segments)					/	mecanicien	MALEH KARIM
		coincider les encoches et monter les chapeaux de bielles	50	60	56	56	Clé dynamométrique, bras de force	mecanicien	MALEH KARIM
		Contrôler le jeu axial(+ ou -)	5	10	6	7	Micromètre , Comparateur	technicien	NACERI LOCIF
		S'assurer que le vilebrequin tourne librement					/	technicien	NACERI LOCIF
	55	Repose bielles	160	204	170	180	/	technicien	NACERI LOCIF
	56	Montage Gicleur :	10	15	13	13	/	mecanicien	MALEH KARIM
		Vérifier la propreté des gicleurs					/	mecanicien	MALEH KARIM
		Placer et orienté les gicleurs dans le sens correct	10	15	13	13	Clé dynamométrique, bras de force	mecanicien	MALEH KARIM
	57	Montage circuit graissage :	20	25	22	22	/	mecanicien	MALEH KARIM
		Monter la pompe à l'huile					Caisse à outils	mecanicien	MALEH KARIM
		Lubrifier L'arbre de la pompe a l'huile					/	mecanicien	MALEH KARIM
		Monter la cripine					Caisse à outils	mecanicien	MALEH KARIM
		Brancher la conduit de sortie couple de serrage :43Nm	20	25	22	22	Clé dynamométrique, bras de force	mecanicien	MALEH KARIM
		Changer les clapets de décharge					/	mecanicien	MALEH KARIM
		Changer le regulateur de la pompe a l'huile					/	mecanicien	MALEH KARIM
	58	Montage avant & arriere :	120	205	141	182	/	technicien	NACERI LOCIF
		Vrifier le jeu radial des bagues de pignon	10	15	13	13	Micromètre , Comparateur	technicien	NACERI LOCIF
		Vérifier le pignon (fissure ; usure des dents)	5	10	7	7	/	technicien	NACERI LOCIF
		Monter les pignon de distribution					Caisse à outils	technicien	NACERI LOCIF
		Repérer le calage	50	60	58	57	/	technicien	NACERI LOCIF
		Contrôler le jeu entre les dents					/	technicien	NACERI LOCIF
		Monter le cache de distribution	15	20	17	17	Caisse à outils	technicien	NACERI LOCIF
		Monter joint SPI avant	10	15	12	12		technicien	NACERI LOCIF
		Monter le support avant	15	20	18	18		mecanicien	NACERI LOCIF
		Monter l'ensemble des poulies	15	20	16	17		mecanicien	NACERI LOCIF
		Montage Cartér & Volant moteur :	85	115	98	99	/	mecanicien	MALEH KARIM
		Placer le roulement sur le volant moteur	5	10	7	7	Présse	mecanicien	MALEH KARIM
	59	Monter le volant moteur	35	40	38	38	Clé dynamométrique, bras de force	mecanicien	MALEH KARIM
		Monter joint SPI arrière	5	10	6	7	/	mecanicien	MALEH KARIM
		Nettoyer la surface d'appui du joint cartér	5	10	8	8	/	mecanicien	MALEH KARIM
		Monter cartér d'huile	25	30	26	27	Clé dynamométrique, bras de force	mecanicien	MALEH KARIM
		Monter L'ensemble d'entraînement pompe d'injection	10	15	13	13	Caisse à outils	mecanicien	MALEH KARIM
		Placer la clavette						mecanicien	MALEH KARIM
								mecanicien	MALEH KARIM
	60	Montage de la culasse :	115	200	131	140	/	mecanicien	MALEH KARIM
		S'assurer que les culasses sont bien nettoyer					/	mecanicien	MALEH KARIM
		Placer le joint des culasses	50	60	56	56	Caisse a outils	mecanicien	MALEH KARIM
		Monter les culasses						mecanicien	MALEH KARIM
		S'assurer que les tiges ne sont pas déformées ou fissurées	15	20	17	17	/	mecanicien	MALEH KARIM
		Monter les tiges culbuteur					Caisse a outils	mecanicien	MALEH KARIM
		Placer la rampe						mecanicien	MALEH KARIM
		Régler le jeu des culbuteurs	50	60	58	57	/	mecanicien	MALEH KARIM
		Monter la Conduite du carburant					Caisse a outils	mecanicien	MALEH KARIM
	61	Circuit de refroidissement:	35	50	43	43	/	mecanicien	MALEH KARIM
		Monter le thermostat	10	15	13	13	Caisse a outils	mecanicien	MALEH KARIM
		Monter pompe à eau	15	20	18	18		mecanicien	MALEH KARIM
		Monter le refroidisseur d'huile (Réfrigérant)	10	15	12	12		mecanicien	MALEH KARIM
	62	Montage accessoires moteur:	80	110	94	94	/	mecanicien	MALEH KARIM
		Monter le filtre à carburant					Caisse a outils	mecanicien	MALEH KARIM
		Monter le filtre à l'huile	15	20	17	17		mecanicien	MALEH KARIM
		Monter le filtre à eau						mecanicien	MALEH KARIM
		Monter les conduites d'injection	20	25	22	22		mecanicien	MALEH KARIM
		Brancher les flexibles d'entrée et sortie	5	10	7	7		mecanicien	MALEH KARIM
		Monter l'after-cooler	15	20	18	18		mecanicien	MALEH KARIM
		Monter le collecteur d'échappement	10	15	13	13		mecanicien	MALEH KARIM
		Monter le reniflard						mecanicien	MALEH KARIM
		Monter la jauge de niveau d'huile	15	20	17	17		mecanicien	MALEH KARIM
		Monter le dispositif de remplissage d'huile						mecanicien	MALEH KARIM
		Organes Moteur:	115	215	133	144	/	mecanicien	MALEH KARIM
		Monter le turbo-compresseur	15	20	17	17	Caisse a outils	mecanicien	MALEH KARIM
	63	Lubrifier et brancher le tuyau du turbo-compresseur	5	10	8	8	/	mecanicien	MALEH KARIM
		Monter pompe d'injection avec calage	40	50	45	45	Caisse a outils	mecanicien	MALEH KARIM
		Monter les injecteurs	15	20	18	18		mecanicien	MALEH KARIM
		Monter la canalisation d'alimentation de la pompe d'injection	10	15	13	13		mecanicien	MALEH KARIM
		Monter l'alternateur						mecanicien	MALEH KARIM
		Monter le support alternateur	10	15	12	12		mecanicien	MALEH KARIM
		Monter les courroies	10	10	10	10		mecanicien	MALEH KARIM
		Monter le démarreur	10	15	10	11		mecanicien	MALEH KARIM

TABLEAU 3.15 : Gamme opératoire du banc d'essais du moteur cat 3408

	CODIFICATION	TACHES	DUREE (min)				OUTILLAGE	PERSONNEL	NOM DU PERSONNEL
			OPTIMISTE	PESSIMISTE	REALISTE	ESTIMATIVE			
OPERATION	64	ESSAIS ET CONTRÔLE	480	510	489	491	/	Chef d'atelier ingénieur	DJENAN SALIM
Banc d'essais	65	Montage & vérification:	275	305	284	286	/	aide mecanicien	TERKI MAROINE
		Poser et installer le moteur sur le banc d'essai	225	240	230	231	Caisse à outils	aide mecanicien	TERKI MAROINE
		Remplissage d'eau ,d'huile et gasoil	25	30	22	24	/	aide mecanicien	TERKI MAROINE
		Vérification des fuites	5	10	7	7	/	aide mecanicien	TERKI MAROINE
		Vérification de prèssion d'huile	10	15	12	12	/	aide mecanicien	TERKI MAROINE
		Ferméture des caches et démarrage moteur	10	10	13	12	Caisse à outils	aide mecanicien	TERKI MAROINE
		Essais & Rodage:	205	205	205	205		thecnicien	KHODJA ABID
		à vide	10	10	10	10	/	thecnicien	KHODJA ABID
		charge 1	60	60	60	60	/	thecnicien	KHODJA ABID
		charge 2	60	60	60	60	/	thecnicien	KHODJA ABID
		Charge 3	30	30	30	30	/	thecnicien	KHODJA ABID
		Charge 4	15	15	15	15	/	thecnicien	KHODJA ABID
		essai de vitesse	10	10	10	10	/	thecnicien	KHODJA ABID
		essai de vitesse 2	10	10	10	10	/	thecnicien	KHODJA ABID
		essai de vitesse 3	10	10	10	10	/	thecnicien	KHODJA ABID

TABLEAU 3.16 : Gamme opératoire de la peinture du moteur cat 3408

	CODIFICATION	TACHES	DUREE (min)				OUTILLAGE	PERSONNEL	NOM DU PERSONNEL
			OPTIMISTE	PESSIMISTE	REALISTE	ESTIMATIVE			
OPERATION	66	PEINTURE	180	225	197	198	/	/	/
Peinture	67	Peinture	150	180	160	161	Pistolet ,Pinceau	peintre	BOUKACHI NADIR
		Expedition du moteur	30	45	37	37	Clark	chauffeur	FALE MOHAMED

Interprétation

Le tableau 3.1 présent dans la page suivant représente la partie démontage du moteur Caterpillar 3408, de sa vidange et son lavage jusqu'à l'expédition de tous ces organes chacun à son poste de rénovation.

Le tableau 3.2 représente la première tâche de l'opération rénovation organes moteur qui consiste à rénover le bloc moteur, ces principales tâches sont le nettoyage et le contrôle métrologique puis sa rénovation.

Le tableau 3.3 de la gamme opératoire représente les différentes tâches effectuées par l'aide mécanicien GASMI FARID dans le poste consacré pour le nettoyage et la préparation de tous les accessoires du bloc moteur.

Une des opérations délicates pour la rénovation de moteurs Caterpillar 3408 est représentée dans le tableau 3.4, le mécanicien qualifié KASSI MOKRANE veille à ce que les culasses soient bien rénovées. Surtout quand il s'agit d'organes intérieurs, tout problème l'or de l'essai du moteur va engendrer la réouverture du moteur.

Le tableau 3.5 représente la partie rénovation de la pompe d'injection commençant pas son démontage et nettoyage puis sa rénovation et son montage jusqu'à la vérification de son bon fonctionnement sur un banc d'essai

Le tableau 3.6 représente la tâche « rénovation pompe à eau » appartenant à l'opération 35 « rénovation organes moteur » ainsi que toutes ses sous taches, assisté par le mécanicien HAMZAOUI MOHAMED avec une estimation de 65 minutes pour l'achèvement de la tâche.

Le tableau 3.7 de la gamme opératoire représente les différentes tâches effectuées pour la rénovation du compresseur d'air du moteur Caterpillar.

Les tableau 3.8 et 3.9 de la gamme opératoire représentent successivement toutes les étapes pour la rénovation du démarreur et de l'alternateur du moteur Caterpillar 3408 c'est la partie électromécanique du moteur géré par l'électromécanicien KAMECHE HAMZA .

La taches numéro 44 « rénovation des bielles » représentée dans le tableau 3.10 fait partie aussi de l'opération 35 « rénovation organes moteur », dans cette tâche le technicien HAMMICHE IDRIS exécute un travail majeur pour vérifier toutes les bielles du moteur avec

des contrôles métrologiques, dans cette taches 1 millimètre de plus ou de moins dans le diamètre des bielles engendrera des dégâts sur le moteur.

Le tableau 3.11 de la gamme opératoire représente toutes les sous taches avec leurs durées pour rénover une pompe à l'huile du moteur Caterpillar 3408

Le tableau 3.12 représente l'ensemble des sous taches de la dernière tâche 46 « rénovation du turbo compresseur » correspondante à l'opération 35 « rénovation organes moteur » estimée à être réaliser en 411 minutes par le mécanicien LAROUM HAMID.

L'opération usinage est représentée dans le tableau 3.13, la rectification du vilebrequin et du bloc moteur et la vérification de l'arbre à came constituent les taches essentielles de cette opération.

Le tableau 3.14 représente la succession des taches pour le montage du moteur Caterpillar 3408

Les deux derniers tableaux 3.15 et 3.16 représentent successivement l'ensemble des essais et contrôle du moteur avant l'expédition au poste de peinture. Ces deux tableaux sont les deux dernières opérations du projet rénovation du moteur Caterpillar 3408.

Conclusion

Dans ce chapitre la gamme opératoire a été réalisée grâce à la coopération du personnel chargé du suivi et l'exécution de la rénovation. Nous avons collecté les informations (tâches, durées et ressources) nécessaires à la réalisation de cette gamme, en assistant aux interventions en temps réel tout en chronométrant les durées de chaque tâche ; des durées optimistes, pessimistes, réalistes ont été évaluées pour calculer les durées estimatives, valeurs essentielles à la réalisation d'une planification stratégique et efficace pour le projet de rénovation du moteur Caterpillar 3408 en utilisant les modèles de planification MPM et GANTT à l'aide du progiciel MS-PROJECT.

La construction de ces gammes de rénovation nous permettra d'établir la planification du projet de rénovation du moteur Caterpillar 3408 dans le chapitre suivant.

Chapitre 4

Application des méthodes de planification MPM et GANTT

Introduction

La résolution d'un problème d'ordonnancement consiste à donner l'ordre dans lequel devront être exécutées les différentes tâches de manière à optimiser une certaine fonction objective, comme rendre la durée d'exécution totale d'un projet aussi petite que possible. Il existe beaucoup de méthodes permettant de résoudre ce problème [planif. et ordon.], elles permettent de faire apparaître clairement et rapidement les données liées à la réalisation d'un projet, telles que :

- les temps, les délais,
- les moyens, ou ressources,
- les coûts.

De plus, ces méthodes peuvent permettre de prévoir au moment opportun, les contrôles qui s'imposent en cours de réalisation (le suivi). Dans le cadre de ce travail nous utiliserons deux méthodes Gantt et MPM à l'aide du logiciel MSPROJECT en se basant sur la Gamme opératoire présenté dans le chapitre précédent.

4.1 Méthodes de planification et d'ordonnancement (MPM et GANTT)

Les méthodes d'ordonnancement des tâches permettent d'avoir une représentation graphique d'une réalisation en représentant chaque opération (ou tâche) par un arc, une liaison, ou un rectangle qui peut être proportionnel ou non à la durée. Ce graphique dans tous les cas permet le positionnement relatif des opérations dans le temps. La réalisation commence par effectuer un ordonnancement en précisant les tâches à accomplir, les ressources à utiliser et la période où ces tâches vont débiter afin de réaliser ce projet dans le meilleur délai, tout en respectant les conditions de déroulement de toutes les opérations pour faire apparaître clairement les données à la réalisation de ce projet, telles que le temps, les délais, les coûts, et les ressources)

4.1.1 Principe de la méthode MPM

Cette méthode permet de réduire la durée totale d'un projet sans prendre en compte les charges et les moyens disponibles. La méthode est une représentation graphique qui permet de bâtir un « réseau ». Ce réseau est constitué par des opérations et des tâches [17]. Elle est symbolisée par un rectangle dans lequel seront indiqués l'action à effectuer et le temps estimé de réalisation de cette tâche, la date de début et de fin.

Le graphe doit comporter un seul « début » et une seule « fin ». Il n'y a pas d'autres règles. C'est ce type de graphe qui est le plus souvent utilisé par les logiciels de planification (comme Microsoft Project).

4.1.2 Le diagramme de GANTT

Est un graphique (chrono gramme) qui consiste à placer les tâches chronologiquement en fonction des contraintes techniques de succession (contraintes d'antériorités). L'axe horizontal des abscisses représente le temps et l'axe vertical des ordonnées représente les tâches. On représente chaque tâche par un segment de droite dont la longueur est proportionnelle à sa durée. L'origine du segment est calée sur la date de début au plus tôt de l'opération et l'extrémité du segment représente la fin de la tâche [18]. Ce type de graphe présente l'avantage d'être très facile à lire, mais présente l'inconvénient de ne pas représenter l'enchaînement des tâches. Cette méthode est généralement utilisée en complément du réseau MPM. On trace le plus souvent le GANTT au plus tôt ou « jalonnement au plus tôt » et éventuellement au plus tard « jalonnement au plus tard ».

4.2 L'importance de la décomposition des tâches

L'opération est constituée de tâches et chaque tâche de sous-tâches. En effet, l'une des clés du succès d'un diagramme de GANTT ou MPM est la décomposition des opérations en tâches et des tâches en sous-tâches et ainsi de suite, car cette hiérarchisation permet de tout énumérer et de tout visualiser en un clin d'œil. De plus, un projet sera réussi si vous avez suivi les tâches dans un ordre précis.

Le logiciel MSProject nous a permis d'ajouter et d'ajuster les tâches, les dates et toute sorte de données permettant de voir la progression et l'enchaînement du projet.

4.3 Les étapes à prendre en compte pour créer un diagramme de GANTT et MPM

- 1) Définir la date de début du projet
- 2) Définir le calendrier du projet. Combien de jours par semaine à y consacrer, le nombre d'heures par jour, etc. ;
- 3) Rentrer les tâches par nom et par durée ;
- 4) Notifier les ressources disponibles et associer à chaque tâche une (ou plusieurs) ressources ;
- 5) Créer des connexions entre les tâches afin de visualiser le rapport qu'elles ont les unes avec les autres ;
- 6) Définir les contraintes ;
- 7) Vérifier le projet en cours de progression, cela vous permettra de déceler d'éventuels problèmes et d'incorporer certaines modifications.

4.3.1 Construction du réseau MPM du projet « rénovation de moteurs Caterpillar 3408 » à l'aide du logiciel MSproject

Méthodologie de construction du réseau MPM

Le partitionnement des tâches en fonction des ressources a été réalisé précédemment au chapitre 3, ainsi que la détermination des antériorités. Le rang ou niveau des tâches nous permet la construction du réseau en positionnant le début des différentes tâches, le calcul de la durée de projet, des dates de début et de fin des tâches et le chemin critique est détaillée sur la figure 4.1.

4.3.2 Construction du diagramme de GANTT du projet « rénovation moteur Caterpillar 3408 » à l'aide du logiciel MSproject

Méthodologie de construction du diagramme de GANTT

Les tâches sont placées chronologiquement en fonction des contraintes techniques de succession sur l'axe des ordonnées, alors que le temps réparti est porté sur l'axe des abscisses. Nous représentons chaque tâche par un segment de droite, sa longueur est proportionnelle à sa durée ; l'origine du segment est calée sur la date de début au plus tôt de l'opération et l'extrémité du segment représente la fin de tâche. La figure 4.2 illustre la chronologie des tâches du projet sur le diagramme de GANTT.

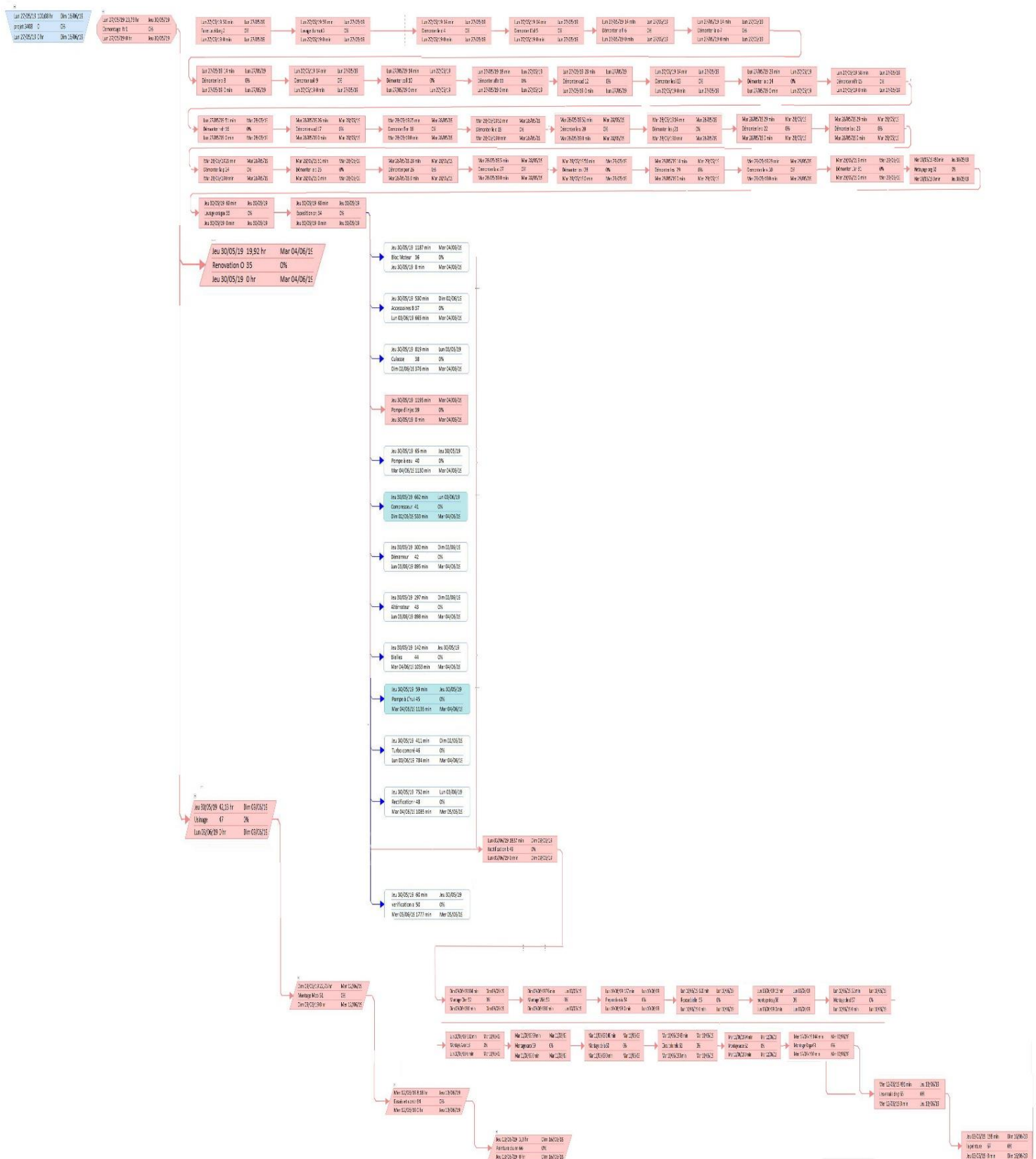


Figure 4.1 : Le réseau MPM du projet CAT 3408

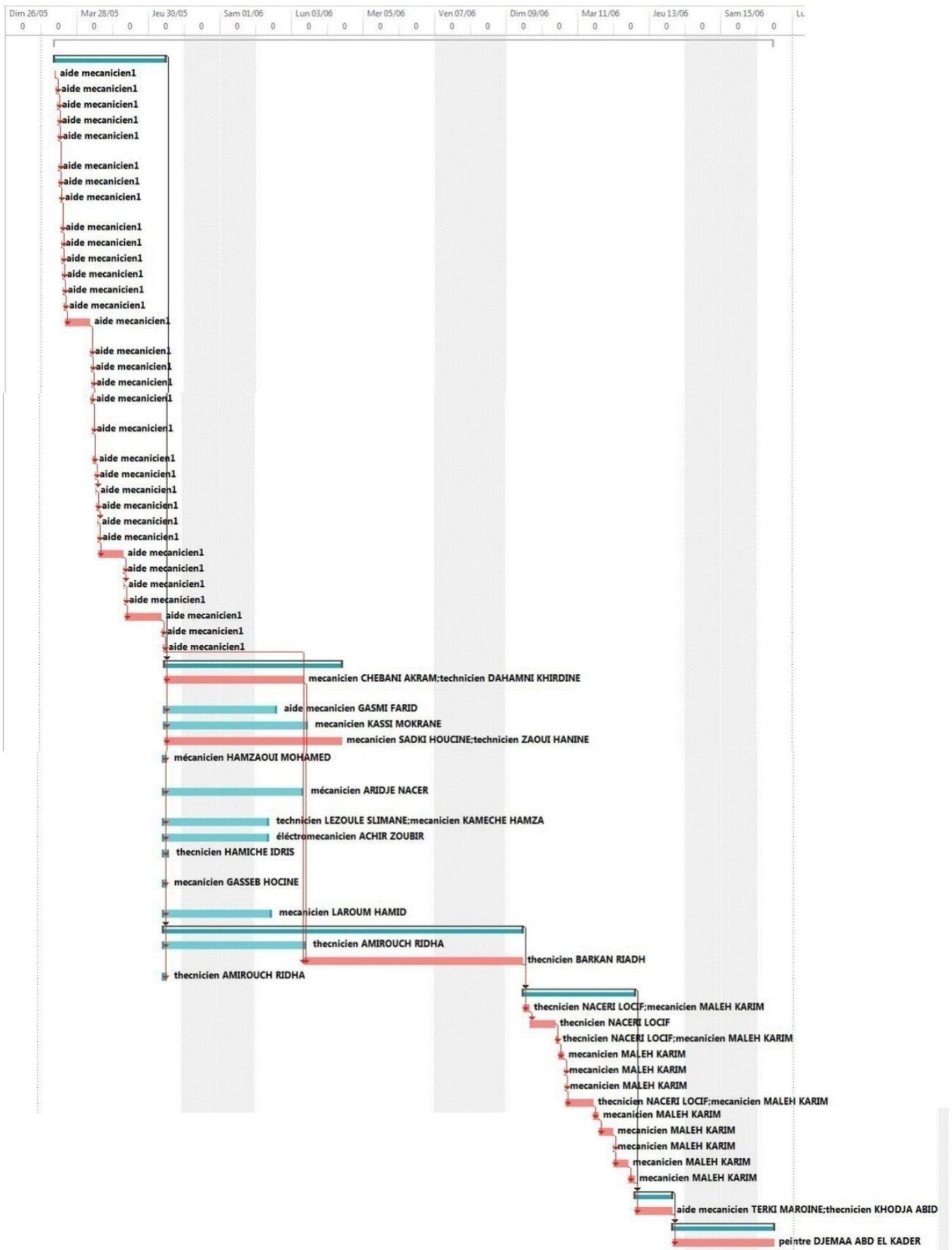


Figure 4.2 : Le diagramme de GANTT du projet CAT 3408

4.4 Interprétation

4.4.1 Opération de code « 1 » « Démontage moteur »

Cette opération comporte plusieurs tâches qui se succèdent : en commençant par faire la vidange après avoir posé le moteur sur le bain, ensuite le lavage, démontage du démarreur, démontages d'alternateur, ainsi de suite jusqu'à la tâche de « code 34 » expédition organes moteur. Toutes ces tâches sont des tâches critiques et tant qu'elles se succèdent elles composent le chemin critique ; donc, l'opération de « code 1 » est une opération critique.

L'équipe de démontage composée de plusieurs aides mécaniciens exécutent cette opération en utilisant l'outillage nécessaire (caisse à outils, support, karcher, bras de force, machine à laver) afin de terminer cette dernière dans les temps estimatifs.

Le temps estimatif de cette opération est le résultat de la somme des temps estimatifs de chaque tâche. Pour l'exécution de l'opération de code « 1 » il faut 1426 min ce qui correspond à 23,77 heures.

Sur le diagramme de Gantt, l'opération « Démontage moteur » est représentée en deuxième ligne. La longueur représente la durée de l'opération selon l'échelle du temps choisis.

Sur le réseau MPM, l'opération « Démontage moteur » de code « 1 », est représentée par une case en première ligne deuxième colonne. Cette case contient la durée estimative 1426 min, la date du début au plus tôt 27/05/2019 et au plus tard 27/05/2019, la date de fin au plus tôt 30/05/2019 et au plus tard 27/05/2019. Le pourcentage de l'achèvement de l'opération est de 0% et la marge est de 0 min.

4.4.2 Opération de code « 35 » « Rénovation organes moteur »

Cette opération succède à l'opération précédant et comporte aussi plusieurs tâches mais cette fois en parallèle : La première tâche de cette opération est « Bloc moteur » de code « 36 », elle comporte un ensemble de sous-tâches (voir le tableau II), le bloc moteur sera nettoyé et contrôlé dans le but de prendre la décision de le rénover ou le réformer. En cas de rénovation, le bloc doit être rectifié, il est transféré au poste d'usinage

Le poste de contrôle du bloc moteur comporte un mécanicien, un technicien et un chef d'atelier ingénieur. Le temps estimatif de cette tâche est de 691 min.

Sur le diagramme de GANTT cette tâche est représentée sur la 37^{ème} ligne, elle est considérée comme une tâche non critique. La longueur représente la durée de l'opération selon l'échelle du temps choisis.

Sur le réseau MPM la tâche « Bloc moteur » de code « 36 », est représenté sur la 6^{ème} ligne 5^{ème} colonne, avec une durée estimative de 691 min ; la date du début au plus tôt 30/05/2019 et au plus tard 30/05/2019 ; la date de fin au plus tôt 30/05/2019 et au plus tard 30/05/2019 ; le pourcentage de l'achèvement 0% et la marge de la tâche est de 8 min.

En parallèle la tâche « Accessoire bloc moteur » de code « 37 » comporte aussi un ensemble de sous tâches (Nettoyage et Préparation du pipe d'admission turbo, tuyaux de graissage turbo, réfrigérant moteur) (voir le tableau III). L'ensemble des accessoires du bloc seront nettoyés et préparés ou réformés directement. Cette tâche est considérée comme tâche critique vu que sa marge est de 0 et sa durée estimative est de 530 min.

Sur le diagramme de GANTT cette tâche est représentée sur la 38^{ème} ligne et sa longueur représente sa durée selon l'échelle du temps choisis.

Sur le réseau MPM la tâche « Accessoires bloc moteur » de code « 37 » est représentée sur la 7^{ème} ligne 5^{ème} colonne, contenant la durée estimative 530 min ; la date du début au plus tôt 30/05/2019 et au plus tard 03/06/2019 ; la date de fin au plus tôt 03/06/2019 et au plus tard 04/06/2019 ; le pourcentage de l'achèvement est 0% et la marge de la tâche est de 665min.

La tâche « Rénovation culasse » de code « 38 » est en parallèle. Elle est composée de plusieurs sous-tâches (voir tableau IV), Nettoyage et lavage de la culasse à l'extérieur, Contrôle de surfacage du plan de joint, etc. La culasse va être rénovée ou reformée. Cette tâche est considérée comme tâche non critique vu que sa marge est supérieure à 0, la durée estimative de cette tâche est de 819 min.

Sur le diagramme de GANTT cette tâche est représentée sur la 39^{ème} ligne et sa longueur représente sa durée selon l'échelle du temps choisis.

Sur le réseau MPM la tâche « Rénovation culasse » de code « 38 », est représentée sur la 8^{ème} ligne 5^{ème} colonne, contenant la durée estimative de 819 min, la date du début au plus tôt 30/05/2019 et au plus tard 02/06/2019, la date de fin au plus tôt 03/06/2019 et au plus tard 04/06/2019, le pourcentage de l'achèvement 0% et la marge de la tâche est 376 min.

Le reste des tâches appartenant à l'opération de code « 35 » (pompe d'injection, pompe à eau, compresseur d'air, démarreur, alternateur, bielles, pompe à l'huile, et le turbo

compresseur) sont toutes en parallèles avec les trois tâches (Bloc-moteur, Accessoires bloc moteur, Rénovation culasse) citées auparavant, elles comportent des sous tâches. Chacune des tâches à sa propre durée estimative, la date du début au plus tôt et au plus tard, la date de fin au plus tôt et au plus tard, le code, et le pourcentage de l'achèvement de l'opération.

Remarque : la tâche de code « 39 » « pompe d'injection » est considérée comme tâche critique pour l'opération de code « 35 », ce qui rend l'opération critique.

4.4.3 Opération de code « 47 » « Usinage »

Cette opération est en parallèle avec l'opération précédente « Rénovation organes moteur », elle est représentée sur le diagramme de GANTT dans la 48^{ème} ligne et sur le réseau MPM dans la 17^{ème} ligne 3^{ème} colonne ; Elle contient une durée estimative de 2648 min, la date du début au plus tôt 30/05/2019 et au plus tard 03/06/2019, la date de fin au plus tôt 09/06/2019 et au plus tard 09/06/2019, le pourcentage de l'achèvement 0% et la marge de l'opération de 0 min.

Cette opération est considérée comme opération critique et elle comporte 3 tâches en parallèles :

La tâche « Rectification Vilebrequin » de code « 48 », le Vilebrequin sera rectifié à condition que la profondeur de l'égratignure ne dépasse pas 1mm (selon les normes du constructeur), sinon il sera réformé.

Sur le diagramme de GANTT cette tâche est représentée sur la 49-ème ligne. La longueur représente la durée de l'opération selon l'échelle du temps choisis.

Sur le réseau MPM la tâche « Rectification Vilebrequin » de code « 48 » est représentée sur la 17^{ème} ligne 5^{ème} colonne, contenant une durée estimative de 752 min, la date du début au plus tôt 30/05/2019 et au plus tard 04/06/2019, la date de fin au plus tôt 03/06/2019 et au plus tard 05/06/2019 le pourcentage de l'achèvement 0% et la marge de la tâche est de 1085 min.

La tâche « Rectification Bloc Moteur » de code « 49 », le bloc sera rectifié selon les normes du constructeur. Cette tâche succède la tâche de code « 36 » « Rénovation bloc moteur ».

Sur le diagramme de GANTT cette tâche est représentée sur la 50^{ème} ligne et sa longueur représente la durée de l'opération selon l'échelle du temps choisis.

Sur le réseau MPM la tâche «Réctification bloc moteur » de code « 49 », est représentée sur la 18^{ème} ligne 5^{ème} colonne contenant une durée estimative de 1837 min, la date du début au plus tôt 06/05/2019 et au plus tard 03/06/2019, la date de fin au plus tôt 09/06/2019 et au plus tard 09/06/2019 le pourcentage de l'achèvement 0% et la marge de la tâche est de 0 min. Cette tâche est considérée comme tâche critique.

La tâche « Vérification Arbre à came » de code « 50 », l'arbre à came subira le contrôle CND s'il y a la moindre défaillance il sera réformé.

Sur le diagramme de GANTT cette tâche est représentée sur la 51^{ème} ligne. La longueur représente la durée de l'opération selon l'échelle du temps choisis.

Sur le réseau MPM la tâche « vérification Arbre à came » de code « 50 », est représentée sur la 19^{ème} ligne 5^{ème} colonne, contenant une durée estimative de 60min, la date du début au plus tôt 30/05/2019 et au plus tard 05/06/2019, la date de fin au plus tôt 30/05/2019 et au plus tard 05/06/2019, le pourcentage de l'achèvement 0%, et la marge de la tâche est de 1777 min.

4.4.4 Opération de code « 51 » « Montage moteur »

Cette opération succède à l'opération précédente, l'équipe de montage exécute le montage tâche par tâche dans le but de monter le moteur dans les délais estimatifs en tenant compte des valeurs du constructeur.

L'opération de code « 51 » est représentée sur le diagramme de GANTT sur la 52^{ème} ligne et sur le réseau MPM dans la 20^{ème} ligne 4^{ème} colonne, sa durée estimative est de 1051 min, la date du début au plus tôt 09/05/2019 et au plus tard 09/06/2019, la date de fin au plus tôt 12/06/2019 et au plus tard 12/06/2019, le pourcentage de l'achèvement 0%, et la marge de l'opération est de 0 min. Cette opération est critique.

L'ensemble des tâches de cette opération sont des tâches critiques, elles se succèdent pour former le chemin critique de l'opération « Montage moteur ».

4.4.5 Opération de code « 64 » « Essais et contrôle »

Cette opération succède à celle d'avant, l'opérateur chargé du rodage, contrôle et essai le moteur pour assurer son bon fonctionnement, ensuite il entame la phase de rodage.

L'opération est représentée sur le diagramme de GANTT dans la 65^{ème} ligne et sur le réseau MPM dans la 23^{ème} ligne 6^{ème} colonne. Sa durée estimative est de 491 min, la date du début au plus tôt 12/06/2019 et au plus tard 12/06/2019, la date de fin au plus tôt 13/06/2019 et au plus tard 13/06/2019, le pourcentage de l'achèvement 0%, et la marge de l'opération est de 0 min. Cette opération est critique.

4.4.6 Opération de code « 66 » « Peinture »

C'est la dernière opération du projet où le moteur est expédié à l'atelier de peinture. L'opération est représentée sur le diagramme de GANTT dans la 66^{ème} ligne et sur le réseau MPM dans la 24^{ème} ligne 7^{ème} colonne. Sa durée estimative est de 198 min, la date du début au plus tôt 13/06/2019 et au plus tard 13/06/2019, la date de fin au plus tôt 16/06/2019 et au plus tard 16/06/2019, le pourcentage de l'achèvement 0%, et la marge de l'opération est de 0 min. Cette opération est critique.

4.4.7 Projet 3408

L'ensemble des opérations et tâches critiques précédentes forme le chemin critique du projet dans les deux diagrammes GANTT et MPM. L'ensemble commence le 27/05/2019 et se termine le 16/06/2019 et la durée estimative est de 20 jours.

4.5 Planification des ressources

Une ressource peut être affectée à plusieurs tâches qui se déroulent en parallèle. Si à un moment donné, la somme des affectations dépasse le nombre d'unités de la ressource, le programme détecte une surutilisation des ressources. La ressource en surcharge est alors inscrite en rouge dans le tableau des ressources et dans l'utilisation des ressources. De même le Graphe des ressources, donne la possibilité de déterminer avec précision la surcharge de la ressource. En effet, le graphe des ressources présente sous forme graphique la répartition du temps de travail des ressources sur une période donnée.

En utilisant l'article de menu du logiciel MSproject, on visualise le taux d'utilisation et de surutilisation de chaque ressource. Il faut vérifier la surcharge indiquée par le graphe des

ressources en fonction de l'échelle de temps adoptée. En effet, plus l'échelle est petite et plus les chances de surcharge sont nombreuses, car le logiciel ne tient compte que d'une surcharge occasionnelle pour annoncer une surutilisation. A l'inverse, si on agrandit l'échelle (semaines/jours), on peut constater que la ressource équilibre sa charge de travail durant le mois. Face à une surutilisation des ressources, il convient impérativement de résoudre ces conflits grâce à un audit des ressources. Plusieurs solutions peuvent être envisagées, soit manuelle, soit informatique, tout dépend des contraintes fixées au départ en vue de la réalisation du projet et de la marge de manœuvre dont on dispose pour modifier tel ou tel point.

Dans ce qui suit nous présentons quelques exemples de la planification des ressources du projet « rénovation du moteur Cat 3408 » :

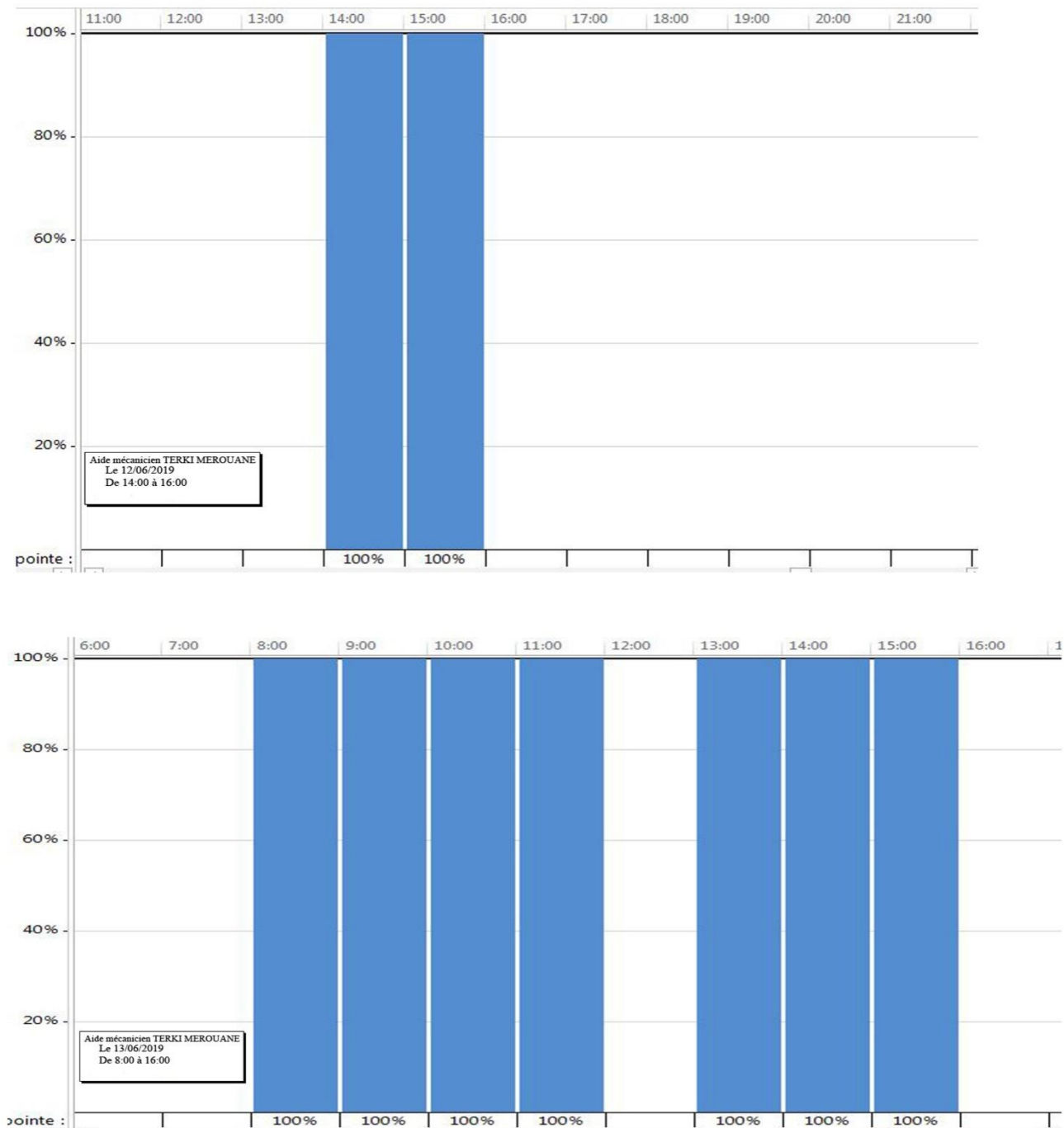


Figure 4.3 : Les temps alloués à l'aide mécanicien TERKI MEROUANE

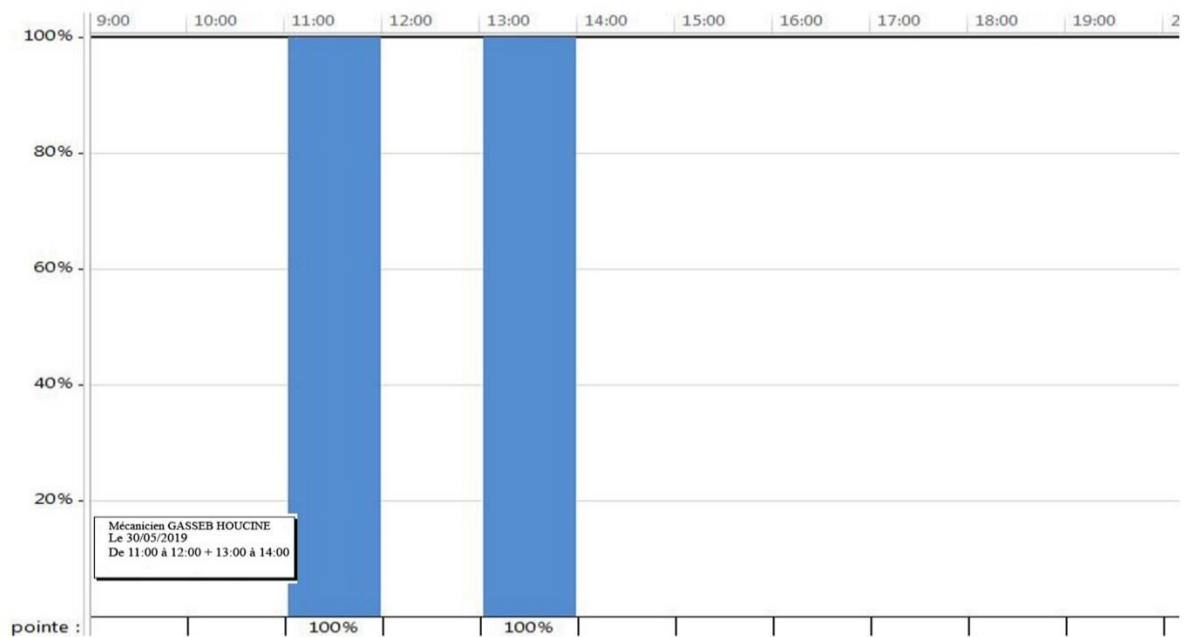


Figure 4.4 : Les temps alloués au mécanicien GASSEB HOUCINE

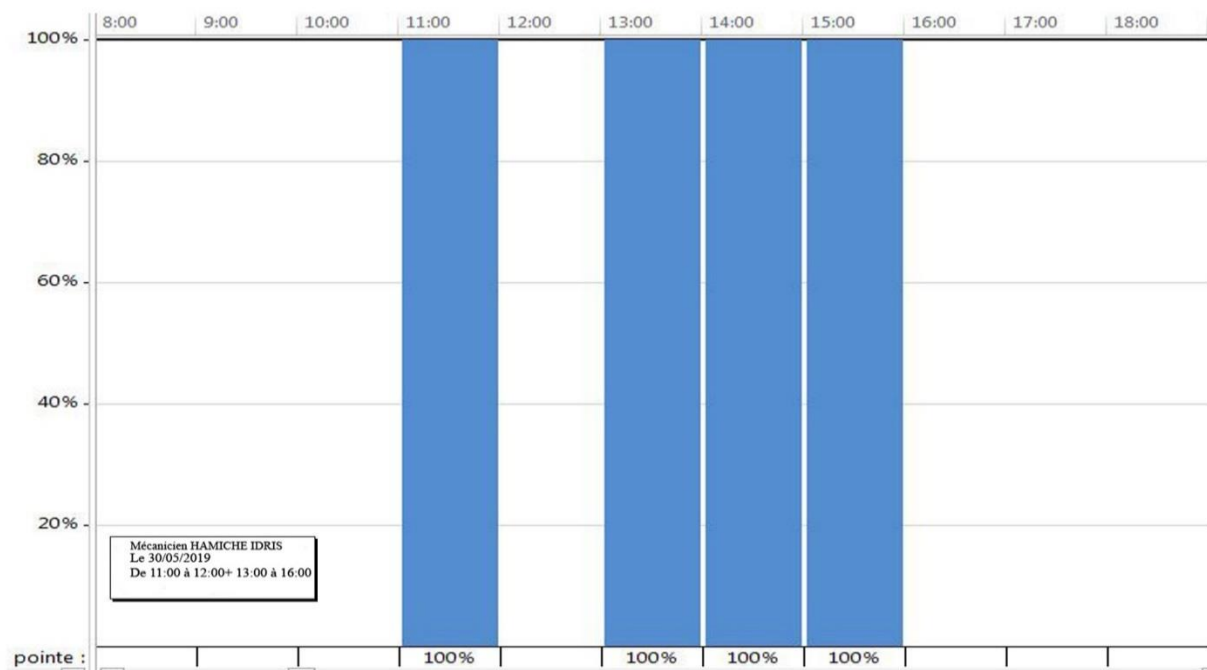


Figure 4.5 : Les temps alloués au mécanicien HEMMICHE IDRIS

4.5.1 Interprétation des graphes de ressources

Sur ces figures on peut déduire les temps alloués de chaque ouvrier et aussi les jours exacts de l'exécution des tâches du projet :

Sur la figure 4.3 on peut remarquer que le mécanicien TERKI MEROUANE travaille sur le Projet 3408 le 30/05/2019 de 11h à 12h et de 13h à 14h.

Sur la figure 4.4, le technicien GASSEBE HOCINE travaille sur le Projet 3408 le 30/05/2019 de 11h à 12h et de 13h à 16 h.

Sur la figure 4.5 l'aide mécaniciens HAMICHE IDRIS travaille sur le Projet 3408 le mardi 12/06/2019 de 14h à 16h et le 13/06/2019 de 8h à 16h.

Le graphe des ressources permet de suivre et visualiser le déroulement de l'exécution des tâches et opérations du projet et permet aussi de déterminer pour chaque membre du personnel un planning temporel sur-mesure pour accomplir l'ensemble des tâches qui lui ont été attribuées, puis le libérer pour entamer un autre projet.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons planifié le projet « Rénovation du moteur Cat 3408 » en utilisant les deux méthodes GANTT et MPM dans le but d'offrir à la société la planification la plus appropriée et assurer un suivi facile, efficace, rapide en simplifiant la visualisation et l'affichage des résultats sur des graphes standardisés.

D'après nos résultats, nous avons constaté que le diagramme de GANTT est facile à lire. Mais le nombre considérable de tâches et d'opérations rend l'affichage plus complexe et le suivi difficile. Ajouté à cela, ce diagramme n'offre pas la possibilité d'injecter les contraintes instantanées durant le déroulement du projet.

Cependant malgré la complexité du réseau MPM il contient plus d'information par-rapport au diagramme de GANTT. En cas de contraintes durant le déroulement du projet le décalage du reste des opérations sera fait comme suite :

- En cas de tâches en parallèles : le logiciel arrête la tâche qui contient la contrainte et non le projet entier.
- En cas de tâches en série le projet s'arrêtera automatiquement jusqu'à résolution de la contrainte.

A l'issue de notre étude, nous pouvons recommander la méthode MPM pour la société ALREM-COSIDER, qui paraît la plus appropriée dans ce cas de figure.

Conclusion Générale

Nous avons orienté notre travail dans ce mémoire sur l'apport d'une valeur ajoutée qui se résume dans l'implémentation des méthodes de planification sous forme de recommandation.

Nous avons essayé d'analyser le processus de production au sein de la société pour l'installation d'un système de planification pour un de ces projets, celui de la Rénovation du moteur Caterpillar 3408, en utilisant des techniques d'analyse de réseau, la méthode « MPM », et la méthode graphique « GANTT », permettant ainsi d'optimiser le temps de configuration des processus.

L'expérience du personnel des ateliers de rénovation nous a permis de mieux comprendre et cerner beaucoup de paramètres. Le personnel des ateliers nous a été d'une aide majeure pour la création d'une gamme opératoire du moteur Caterpillar 3408. A l'aide de cette gamme nous avons pu proposer une planification par l'application des deux méthodes « MPM » et « GANTT » qui proposent des solutions aux contraintes de l'entreprise, et aussi l'élaboration des graphes, permet de visualiser les cheminements de toutes les activités et tâches du projet. Ce sont des guides de visualisation, ils permettront à l'ingénieur d'anticiper la durée des projets bien à l'avance.

Cette étude nous a permis de développer un raisonnement constructif d'ingénieurs aptes à réaliser une comparaison qui pourrait permettre de choisir la méthode la plus appropriée qui serait implémentée au sein de la société. C'est à travers l'application de ces méthodologies que l'entreprise Cosider pourra par la suite atteindre un meilleur rendement, et faire face à des défis d'avenir.

L'Algérienne de Rénovation, d'Entretien et de Maintenance, ALREM-COSIDER de Rouiba a été dans ce projet un lieu très impactant où on a pu acquérir une expérience enrichissante sur le plan théorique et pratique. En plus de bénéficier de sessions d'accompagnement de la part des ingénieurs de la société qui ont d'ailleurs été eux aussi majoritairement étudiants au sein de notre faculté, Cette période nous a offert un apport supplémentaire en connaissances techniques et relationnelles au sein du milieu industriel.

Références bibliographiques

- [1] Département DTC, ALREM COSIDER, *Présentations*, Documentation et présentation de la société de rénovation ALREM.
- [2] Miklós Hajdu, Gabriella Szenik ET GáborBardócz, *application of evaluation lines in project Planning and Control*, Greece, 2012
- [3] Charif Mohamed Elamine, *La planification et la conception d'un projet architectural à usage de transport urbaine*, USTHB, ALGERIE, 2016
- [4] Remon Fayek, Aziz, *Enhanced PERT for program analysis, control and evaluation*, Rapport 2013.
- [5] Peter B. Petersen, *The evolution of the Gantt diagrams*, Edition 1999, BF0209.
- [6] bebouzide F, *Contribution à l'étude de la performance et de la robustesse des ordonnancements conjoins production/maintenance-cas du flow shop*, Thèse de doctorat en automatique et informatique de l'université de France comté, France.2005
- [7] Berrichi A, *La gestion a deux niveaux avec optimisation de la production et de la maintenance sous diverses contraintes : cas mono et multicritère*, Thèse de doctorat de l'Université M'hamed Bouguara de Boumerdes (UMBB), Algerie, 2009.
- [8] Giard V, *Gestion de production*, Paris, Economica, 1988.
- [9] Amodéo, *Contribution à la simplification et à la commande des réseaux des pitristocastique*, Application au système de production, Thèse de doctorat en productique soutenu à l'INPG, Grenoble France 1999.
- [10] Haran G, *Méthode P.E.R.T : Gestion et ordonnancement des projets par la méthode du chemin critique*, EYROLLES, 1995.
- [11] Bavier G, *les techniques d'ordonnancement*,
Cite <http://www.pida.acmartinic.fr/ecojets/ressource/cour/ordo/thecordo.pdf>
- [12] Giard V, *Gestion de la production et des Flux*, Paris. Economica, 129 p, 2003.
- [13] Gratacap A et Medan P, *Management de la production*, Dunod, 2005.

- [14] Smith D, Fiabilite, *Maintenance et Risque*, [Livre], Paris : Dunod, 2006.
- [15] McGraw Hill, Ebeling C. E. *An introduction to reliability and maintainability engineering*, USA, 1997.
- [16] Muhammad Kholil et al, *Optimization of Production Process Time with Network/PERT Analysis, Technique and SMED Method*, 2018 IOP Conf. Ser: Mater. Sci. Eng. 453 012050
- [17] Pierre CÉLIER, *Professeur de l'ENSET de Mohammedia, Méthode des Potentiels et antécédentes Métra*, 2004
- [18] Pierre CÉLIER, *Professeur de l'ENSET de Mohammedia, Le diagramme de Gantt*, 2006
- [19] C. JOSSIN, *Maintenance : Planification et Ordonnancement* [http://lycees.ac-rouen.fr/modeste-leroy/spip/IMG/pdf/ PLANIFICATION et Ordonnancement-2.pdf](http://lycees.ac-rouen.fr/modeste-leroy/spip/IMG/pdf/PLANIFICATION_et_Ordonnancement-2.pdf)
- [20] Berger A, *Grandeurs et décadences des systèmes de planification*, 2009
- [21] DERADRA Nesrine, KEDJAR Nawal, *Ordonnancement du projet de rénovation de la base de vie de la station de pompage SP3-OB1 (W. M'Sila)*, Mémoire MASTER en Recherche Opérationnelle, Option : Modélisation mathématique et Evaluation des Performances des Réseaux, Université Abderahmane Mira de Béjaia, Faculté des Sciences Exactes, soutenu en 2017.
- [22] ISSEMLELT Hassiba, KELLAL Katia, *Les méthodes PERT et MPM pour l'ordonnancement des taches d'un projet, mémoire de master, Option : Recherche Opérationnelle Modélisation et Aide à la Décision (ROMAD)*, Soutenu à l'UMBB, le 25/06/2016,
- [23] Gérard CASANOVA, *Leçon 3 : Ordonnancement : Planification*, URL : http://www.cetice.u-psud.fr/aunege/gestion_flux/res/lecon3.pdf

Annexes

Annexe 1

Annexe 1 : Les niveaux de maintenance (AFNOR) [14]

Niveau	Actions	Intervenants	Documentation associée	Moyens logistiques
1	▶ Réglages, contrôles et inspections simples ▶ Opérations élémentaires de maintenance préventive ▶ Remplacement consommables et accessoires	▶ Exploitant (opérateur, régleur...)	▶ Modes opératoires d'automaintenance ▶ Procédures assurance qualité	▶ Petit outillage ▶ Consommables
2	▶ Maintenance préventive systématique ▶ Réparations par échanges standards simples	▶ Technicien ou exploitant habilité (régleur, chef de ligne, conducteur...)	▶ Procédures détaillées ▶ Instructions de maintenance ▶ Documents de gestion	▶ Équipements de soutien d'utilisation simple ▶ Pièces de rechange portables
3	▶ Maintenance corrective : diagnostic dépannage, réparation ▶ Maintenance préventive complexe	▶ Technicien de maintenance qualifié	▶ Procédures détaillées ▶ Dossier machine ▶ Documents de gestion	▶ Équipements de soutien complexes ▶ Outillages, moyens de contrôle et d'essais, pièces de rechange
4	▶ Travaux importants de Maintenance corrective ou préventive ▶ Améliorations importantes	▶ Techniciens spécialisés et professionnels d'un atelier central de maintenance ▶ Société spécialisée	▶ Dossier machine ▶ Documentations spécifiques ▶ Dossier de préparation ▶ Documents de gestion	▶ Gros outillage ▶ Moyens importants de contrôle et/ou d'essai ▶ Pièces de rechange et sous-ensembles
5	▶ Rénovation ▶ Reconstruction ▶ Gros travaux d'amélioration	▶ Constructeur du matériel ou société spécialisée	▶ Documentation spécifique (constructeur)	▶ Moyens logistiques importants et/ou spécifiques

Tableaux des niveaux de maintenance (source AFNOR)

Annexe 2

3. LA METHODE M.P.M.

3.1. Principe de la méthode : A l'identique de la méthode PERT cette méthode permet de réduire la durée totale d'un projet. On étudie les délais sans prendre en compte les charges et les moyens disponibles.

3.2. Notions de base :

La méthode est une représentation graphique qui permet de bâtir un « réseau ».

Ce réseau est constitué par des tâches (ou étapes).

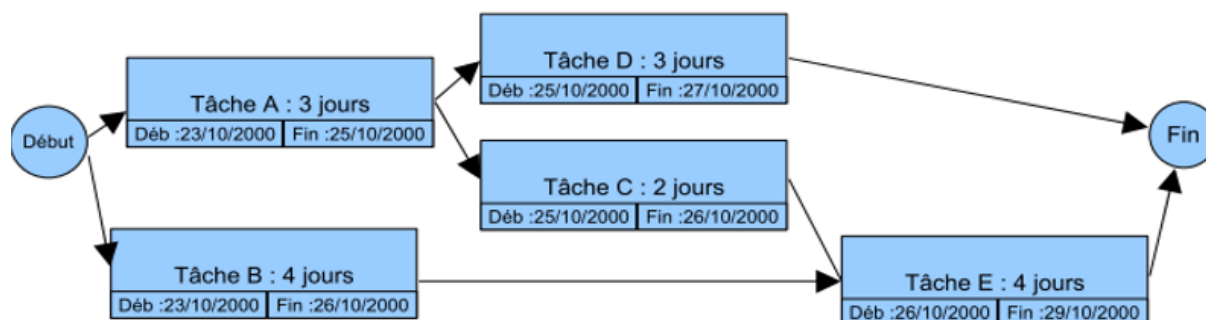
Tâche : Déroulement dans le temps d'une opération. La tâche est pénalisante car elle demande toujours une certaine durée, des moyens (ou ressources) et coûte de l'argent.

Contrairement au réseau PERT, ici elle est symbolisée par un rectangle dans lequel seront indiqués l'action à effectuer et le temps estimé de réalisation de cette tâche, la date de début et de fin.



Liaison orientées : Elles représentent les contraintes d'antériorités des tâches.

Exemple de réseau :



Calculs sur le graphe :

La méthode MPM comme la Méthode PERT a pour but de planifier la durée d'un projet, aussi nous devons mener des calculs sur le graphe afin d'en déduire des renseignements sur son exécutabilité.

2.3. Normalisation du [20] he.

Le graphe doit comporter un seul « début » et une seule « fin ». Il n'y a pas d'autres règles. **C'est ce type de graphe qui est le plus souvent utilisé par les logiciels de**

2.3. Normalisation du graphe.

Le graphe doit comporter un seul « début » et une seule « fin ». Il n'y a pas d'autres règles. **C'est ce type de graphe qui est le plus souvent utilisé par les logiciels de planification (comme Microsoft Project).**

2.4. Méthodologie de construction d'un réseau MPM. (Identique à celle du réseau PERT)

- Établir la liste des tâches (faire le partitionnement des tâches en fonction des ressources).
- Déterminer des antécédents : tâches immédiatement antérieures, et tâches antérieures.
- **Déterminer les niveaux d'exécution ou rang des tâches** (très facile avec cette méthode).
- Construire le réseau MPM.
- Calculer la durée du projet, les dates début et de fin des tâches. Déterminer le chemin critique. Impossible ici de mettre en évidence les marges : voir diagramme de Gantt.

4. Le diagramme de GANTT

Le diagramme de GANTT est un graphique (chrono gramme) qui consiste à placer les tâches chronologiquement en fonction des contraintes techniques de succession (contraintes d'antécédents).

L'axe horizontal des abscisses représente le temps et l'axe vertical des ordonnées les tâches.

On représente chaque tâche par un segment de droite dont la longueur est proportionnelle à sa durée. L'origine du segment est calée sur la date de début au plus tôt de l'opération (« jalonnement au plus tôt ») et l'extrémité du segment représente la fin de la tâche.

Ce type de graphe présente l'avantage d'être très facile à lire, mais présente l'inconvénient de ne pas représenter l'enchaînement des tâches. Cette méthode est généralement utilisée en complément du réseau PERT ou MPM. On trace le plus souvent le GANTT au plus tôt ou « jalonnement au plus tôt » et éventuellement au plus tard « jalonnement au plus tard » [20]

Exemple :

Tâches	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Durée	1	2	1	3	2	5	2	5	2	1	4	5	4
Antécédents	-	-	A	-	B	E	C, D	-	H	-	I, J	F, G	K, L

Réseau MPM :

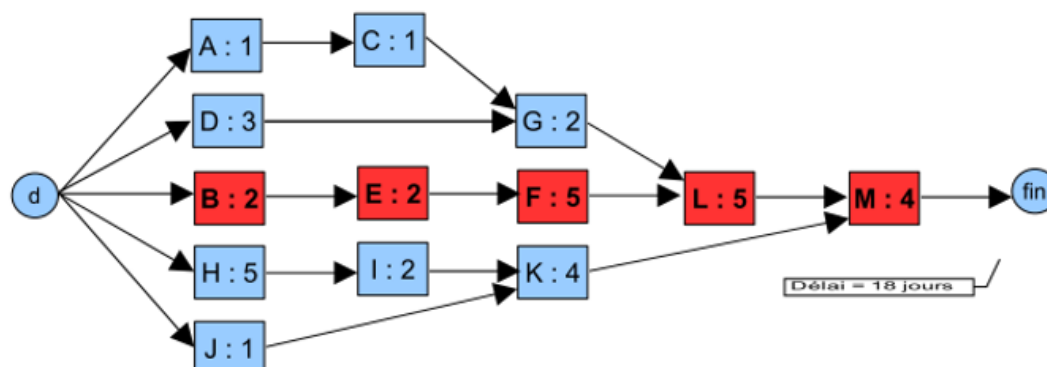


Diagramme de Gantt : (sur tableur) « GANTT au plus tôt »

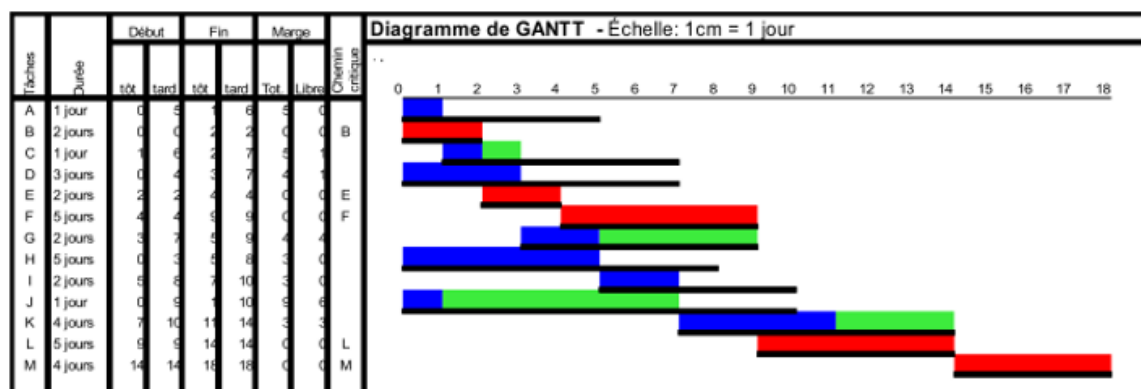
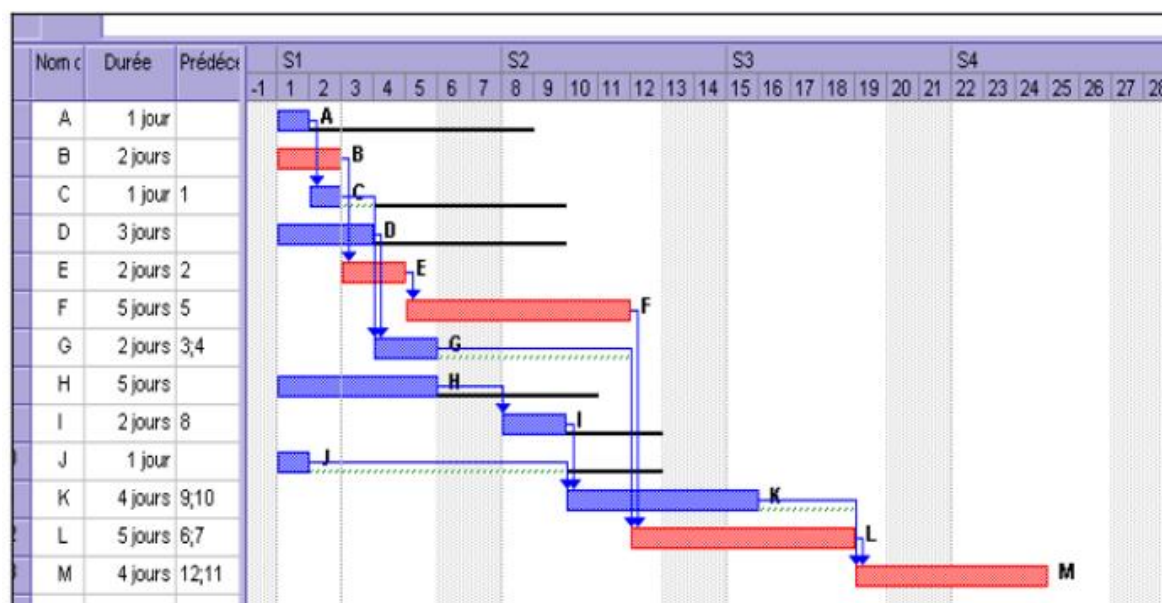


Diagramme de Gantt : (avec Microsoft PROJECT) « GANTT au plus tôt »

Diagramme de Gantt : (avec Microsoft PROJECT) « GANTT au plus tôt »

Analyse :

- Le projet est réalisable en 18 jours ouvrés. Ici, avec les fins de semaines non travaillées il faudra 3 semaines et 3 jours.
- Les tâches normales sont représentées en bleu.
- Les tâches critiques sont représentées en rouge : B, E, F, L, et M.
- On distingue les marges totales en noir, et les marges libres en vert.
Les tâches C, G, J, et K font apparaître de la Marge Libre.

Remarques : Le diagramme de GANTT sera modifié au fur et à mesure de l'avancement du projet. Il faut mettre à jour ce diagramme régulièrement. Le chemin critique peut évoluer en fonction de l'avancement, du retard, ou de toute modification sur une tâche. Les chemins « sub-critiques » ou « presque critiques » peuvent alors devenir critiques. [20]

Annexe 3

Le logiciel Ms Project