

N° d'ordre : .....

Série : .....

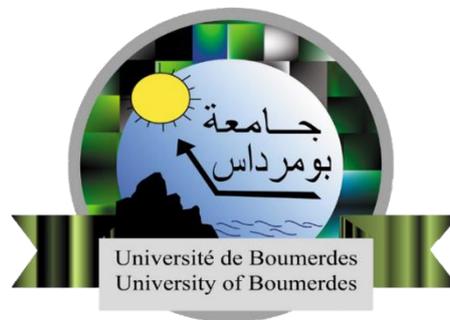
**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES**

**Faculté des sciences de l'ingénieur**

**Département Génie Industriel**

**Filière : Génie Industriel**



## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

En vue de l'obtention du diplôme Master en Génie Mécanique

Option : Génie Industriel

### **Thème**

---

**Amélioration de la planification de la maintenance préventive au niveau de  
Métro El Djazair**

---

**Réalisé par :**

**ZENILE IMAD EDDINE**

**Promoteur :**

**Dr.SIGUERDJIDJENE HAKIM**

**Promotion : 2023/2024**

## **Remerciements**

Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance à notre directeur de mémoire **Dr.SIGUERDJIDJENE HAKIM** Merci de nous avoir encadrés, orientés, aidés et conseillés.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé nos réflexions et ont accepté à nous rencontrer et répondre à nos questions durant la réalisation de notre projet de fin d'études. Parmi eux le personnel de l'entreprise Métro El Djazair qui en accepter de faire une collaboration pour la réalisation de ce projet.

À tous ces intervenants, on présente nos remerciements, notre respect Nous ajoutons que la réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui nous voudrions témoigner toute notre reconnaissance et aussi pour la bonne compressive qui entourer le groupe et surtout l'esprit de travail d'équipe.

Nous voudrions également remercier les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour tous leurs remarques et critiques.

Nous tenons aussi à remercier monsieur le chef du département et au chef de filière, à l'Université de Boumerdes ainsi que tout le personnel et les enseignants du département pour leur soutien inestimable. Aussi tous les professeurs et les enseignaient de notre spécialité génie industriel nous passerons un remerciement spécial pour tous ce qui on donner pour nous durant notre parcours d'étude à l'université M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES.

## **Résumé**

Dans le monde de l'industrie, la planification est un point important dans la gestion des tâches de l'entreprise, car il s'agit d'identifier de nombreux facteurs clés en fonction des délais, des priorités et des dates de début des opérations. Mais l'évolution du monde dans ce domaine et la concurrence qui émerge sur le marché ont rendu la planification difficile. Les méthodes organisationnelles sont donc incluses comme une étape importante dans la gestion des tâches. Ils ont prouvé qu'ils peuvent améliorer la productivité et mieux planifier de manière intelligente et plus efficace. Ceci est certifié par les entreprises qui ont adopté l'idée de les utiliser.

L'objectif principal de notre étude de cas est donc de mener une étude en utilisant des méthodes organisationnelles (PERT, Gantt) où nous comparerons le fonctionnement des fonctions de maintenance préventive du métro d'Alger en utilisant des méthodes organisationnelles et sans méthodes organisationnelles, Puis, à travers les résultats de nos expériences, nous montrons que l'ordonnancement des tâches par des méthodes organisationnelles est plus efficace.

Dans le cadre de cette thèse, nous avons introduit quelques concepts de maintenance et d'ordonnancement, puis nous avons parlé la méthode PERT et Diagramme de Gantt où nous avons identifié toutes les étapes et l'avons ensuite appliquée à notre étude.

Les résultats montrent que la méthode PERT et Diagramme de Gantt fonctionnent mieux et que nous avons réalisé un gain du temps qu'elles peuvent être utilisées pour d'autres tâches ou dans le développement de tâches existantes. On peut observer que les tâches organisationnelles peuvent réduire le temps de travail moyen sur les tâches de maintenance préventive en détectant les lacunes et en améliorant l'utilisation du temps.

## **Abstract**

In the industrial world, planning is an important point in the management of company tasks, as it involves identifying many key factors based on deadlines, priorities and start dates of operations. But the evolution of the world in this field and the competition that is emerging in the market have made planning difficult. Organizational methods are therefore included as an important step in task management. They have proven that they can improve productivity and plan smarter and more efficiently. This is certified by companies that have adopted the idea of using them.

The main objective of our case study is therefore to conduct a study using organizational methods (PERT, Gantt) where we will compare the functioning of the preventive maintenance functions of the Algiers metro using organizational methods and without organizational methods, then, through the results of our experiments, we show that task scheduling by organizational methods is more efficient.

In this thesis, we introduced some maintenance and scheduling concepts, then we talked about the PERT and Gantt Chart method where we identified all the steps and then applied it to our study.

The results show that the PERT and Gantt Chart method work better and that we have saved time that they can be used for other tasks or in the development of existing ones. It can be observed that organizational tasks can reduce the average working time on preventive maintenance tasks by detecting gaps and improving time utilization.

## ملخص

في العالم الصناعي، يعد التخطيط نقطة مهمة في إدارة مهام الشركة، لأنه ينطوي على تحديد العديد من العوامل الرئيسية بناءً على المواعيد النهائية والأولويات ومواعيد بدء العمليات. لكن تطور العالم في هذا المجال والمنافسة الناشئة في السوق جعلت التخطيط صعبًا. ولذلك فإن الأساليب التنظيمية مدرجة كخطوة هامة في إدارة المهام، وتحسين الإنتاجية والتخطيط بشكل أكثر ذكاءً وكفاءة وهذا معتمد من قبل الشركات التي تبنت فكرة استخدامها.

وبالتالي، فإن الهدف الرئيسي لدراستنا الإفرادية هو إجراء دراسة باستخدام أساليب تنظيمية (PERT, Gantt) حيث سنقارن أداء وظائف الصيانة الوقائية لمترو الجزائر باستخدام أساليب تنظيمية وبدون استخدامها، ثم من خلال نتائج تجاربنا نُظهر أن جدولة المهام بالطرق التنظيمية أكثر كفاءة.

في هذه الأطروحة، قدمنا بعض مفاهيم الصيانة والجدولة، ثم تحدثنا عن طريقة PERT ومخطط Gantt مع تحديد جميع الخطوات ومن ثم طبقناها على دراستنا.

تُظهر النتائج أن طريقة PERT ومخطط Gantt تعمل بشكل أفضل وأنا وفرنا الوقت الذي يمكن استخدامه في مهام أخرى أو في تطوير المهام الحالية. ويمكن ملاحظة أن المهام التنظيمية يمكن أن تقلل من متوسط وقت العمل في مهام الصيانة الوقائية عن طريق كشف الثغرات وتحسين استخدام الوقت.

**SOMMAIRE**

Remerciements .....	02
Résumé .....	03
Abstract .....	04
ملخص .....	05
Sommaire .....	06
List des figures .....	09
List des tableaux.....	11
Introduction générale.....	12
<b>Chapitre I Généralité sur la maintenance</b>	
I.1. Introduction.....	15
I.2. Signification de la maintenance .....	15
I.3. Les différentes méthodes de maintenance .....	16
I.3.1. La maintenance corrective .....	16
I.3.2. La maintenance préventive .....	17
I.3.3. La maintenance systématique .....	17
I.4. Importance de la maintenance.....	21
I.5. L'ordonnancement de la maintenance .....	22
I.5.1. Définition et rôle de l'ordonnancement .....	22
I.5.2. Missions de l'ordonnancement .....	22
I.5.3. Avantages de l'ordonnancement dans la maintenance préventive.....	23
I.6. Intégration des méthodes PERT et Gantt dans la maintenance préventive.....	24
I.7. Conclusion .....	25
<b>Chapitre II Les méthodes d'ordonnancement</b>	
II.1. Introduction.....	26
II.2. Méthode PERT .....	26
II.2.1. Origine et objectif de la méthode PERT .....	26

II.2.2. Principes de la méthode PERT .....	26
II.2.3. Historique de la méthode PERT .....	27
II.2.4. But de la méthode PERT .....	27
II.2.5. Rôle du réseau PERT .....	28
II.2.6. Domaine d'application de la méthode PERT .....	28
II.2.7. Conditions de mise en œuvre.....	29
II.2.8. Les étapes de réseau PERT .....	30
II.2.9. Les avantages de la méthode PERT.....	35
II.3. Diagramme de Gantt.....	36
II.3.1. Définition.....	36
II.3.2. Historique .....	36
II.3.3 Types de diagrammes de Gantt.....	37
II.3.4. Utilisation .....	37
II.3.5. Les avantages du diagramme de Gantt .....	40
II.4. La relation entre méthode PERT et diagramme de Gantt.....	41
II.5. Conclusion .....	43
 <b>Chapitre III Étude de cas</b>	
III.1. Introduction .....	44
III.2. Terrain de recherche (Métro El Djazaïr) .....	44
III.3. Plan de la maintenance préventive .....	48
III.4. Formulation des entrées et des hypothèses.....	50
III.5. Les tâches et les ressources (techniciens).....	51
III.6. Les tâches et les ressources sans ordonnancement.....	54
III.7. Étude de cas : les tâches et les ressources avec ordonnancement .....	55
III.7.1. Définition du EdrawMax.....	55
III.7.2. Définition du MS Project.....	55
III.7.3. Réseau PERT.....	55
III.7.3.1. Détermination des tâches.....	55

---

III.7.3.2. Répartition des tâches.....	54
III.7.3.3. Détermination des antériorités.....	59
III.7.3.4. Traçage du réseau PERT .....	59
III.7.3.5. L'interprétation du réseau.....	62
III.7.3.6. Résultat .....	67
III.7.3.7. Détermination du chemin critique .....	70
III.7.3.8. Marges libres .....	71
III.7.3.9. Marges totales.....	74
III.7.4. Diagramme de Gantt.....	77
III.7.5. Interprétation les diagrammes .....	80
III.7.6. Analyse des résultats .....	81
III.7.7. Planification des ressources.....	83
III.7.8. Interprétation .....	84
III.8. Solution proposée .....	85
III.9. Conclusion.....	85
Conclusion générale .....	87
Bibliographie.....	88
Annexe 1 .....	90
Annexe 2 .....	91

**LIST DES FIGURES**

Fig. I.1 Représentation synthétique de la maintenance .....	22
Fig. II.1 Désignation des tâches et leur durée .....	33
Fig. II.2 Indiquez les dates au plus tôt.....	33
Fig. II.3 Renseignez les dates au plus tard .....	34
Fig. II.4 Définition du chemin critique.....	36
Fig. II.5 Diagramme de Gantt simple.....	38
Fig. II.6 Diagramme de Gantt- l'organisation de travail.....	41
Fig. II.7 Diagramme de Gantt sur MS Project .....	42
Fig. II.8 Construction d'un diagramme de Gantt sur MS Project.....	42
Fig.III.1 Les stations du métro d'Alger .....	45
Fig.III.2 Les directions de l'entreprise .....	46
Fig.III.3 Organigramme de la maintenance.....	47
Fig.III.4 Programmation de la maintenance .....	49
Fig.III.5 Réseau PERT VS1 équipe du matin.....	59
Fig.III.6 Réseau PERT VS1 équipe du soir.....	60
Fig.III.7 Réseau PERT VS3 équipe du matin.....	60
Fig.III.8 Réseau PERT VS3 équipe du soir.....	61
Fig.III.9 Réseau PERT VS6 équipe du matin.....	61
Fig.III.10 Réseau PERT VS6 équipe du soir.....	62
Fig.III.11 Réseau PERT complet VS1 équipe du matin.....	67
Fig.III.12 Réseau PERT complet VS1 équipe du soir.....	67
Fig.III.13 Réseau PERT complet VS3 équipe du matin.....	68
Fig.III.14 Réseau PERT complet VS3 équipe du soir.....	68
Fig.III.15 Réseau PERT complet VS6 équipe du matin.....	69

Fig.III.16 Réseau PERT complet VS6 équipe du soir.....	70
Fig.III.17 Planification des tâches VS1 équipe du matin .....	78
Fig.III.18 Planification des tâches VS1 équipe du soir .....	78
Fig.III.19 Planification des tâches VS3 équipe du matin .....	78
Fig.III.20 Planification des tâches VS3 équipe du soir .....	79
Fig.III.21 Planification des tâches VS6 équipe du matin .....	79
Fig.III.22 Planification des tâches VS6 équipe du soir .....	79
Fig.III.23 Planification des ressources VS1 .....	83
Fig.III.24 Planification des ressources VS3 .....	84
Fig.III.25 Planification des ressources VS6 .....	84

**LIST DES TABLEAUX**

Tableau. I.1 Comparer les différents types de maintenance.....	23
Tableau. II.1 Tableau d'antériorités.....	32
Tableau. II.2 Les marges des tâches.....	36
Tableau.III.1 Les stations du métro d'Alger.....	45
Tableau.III.2 Planification des interventions.....	48
Tableau.III.3 Tableau des tâches et ressources VS 1.....	51
Tableau.III.4 Tableau des tâches et ressources VS 3.....	52
Tableau.III.5 Tableau des tâches et ressources VS 6.....	83
Tableau.III.6 Marge libre VS1 équipe du matin.....	71
Tableau.III.7 Marge libre VS1 équipe du soir.....	72
Tableau.III.8 Marge libre VS3 équipe du matin.....	72
Tableau.III.9 Marge libre VS3 équipe du soir.....	73
Tableau.III.10 Marge libre VS6 équipe du matin.....	73
Tableau.III.11 Marge libre VS6 équipe du soir.....	74
Tableau.III.12 Marge totale VS1 équipe du matin.....	75
Tableau.III.13 Marge totale VS1 équipe du soir.....	75
Tableau.III.14 Marge totale VS3 équipe du matin.....	75
Tableau.III.15 Marge totale VS3 équipe du soir.....	76
Tableau.III.16 Marge totale VS6 équipe du matin.....	76
Tableau.III.17 Marge totale VS6 équipe du soir.....	77

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

Dans le contexte actuel de compétition industrielle, la planification a permis aux systèmes de transport tels que le métro d'Alger de fonctionner avec une intervention humaine minimale. Dans ce contexte, la maintenance de ces systèmes est devenue une fonction essentielle. Plus de disponibilité, une fiabilité accrue, zéro panne, des temps d'arrêt minimaux... tels sont les mots d'ordre. La maintenance repose en grande partie sur l'état des mécanismes nécessaires au fonctionnement. Personne n'ignore l'importance d'un entretien régulier pour la disponibilité des systèmes. Cependant, lorsqu'il s'agit d'assurer la sécurité des biens, des personnes et de l'environnement, l'entretien s'avère notoirement insuffisant et nécessite des approches plus fines développées dans les stratégies de maintenance. Ainsi, la maintenance préventive vise à réduire la probabilité de défaillance d'une unité fonctionnelle.

Les actions peuvent être déclenchées selon un calendrier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unités d'utilisation (maintenance systématique) et/ou à partir de critères prédéterminés significatifs de l'état de dégradation (seuils de maintenance conditionnelle). Cette dernière permet de programmer l'arrêt indispensable du système en perturbant le moins possible le service tout en tenant compte de la disponibilité de l'équipe d'intervention et de l'approvisionnement en pièces de rechange. Nos travaux portent sur ce dernier type de maintenance.

La planification des tâches de maintenance préventive est essentielle pour le métro d'Alger. En fait, la maintenance préventive aide à maintenir les capacités opérationnelles de l'équipement et améliore l'efficacité de l'entreprise. Elle permet également de préserver la vie des moyens de production et donc leur valeur patrimoniale « **Mieux vaut prévenir que guérir** ».

Cette approche réduit le besoin de processus correctifs, ce qui entraîne des économies importantes et permet aux équipements de rester productifs et durables. En outre, l'ordonnement des fonctions de maintenance préventive réduit le nombre de coupures de production imprévues dues à des pannes ou des pannes, améliorant ainsi le fonctionnement de leurs services.

Pour améliorer la maintenance préventive, il est essentiel de mettre en place des méthodes organisationnelles efficaces. Les méthodes PERT (Program Evaluation and Review Technique)

et GANTT (Gantt Chart) sont deux outils puissants qui peuvent aider à optimiser la planification et l'exécution des tâches de maintenance préventive. Ces méthodes permettent de visualiser et de gérer les délais, les ressources et les dépendances entre les différentes étapes du processus de maintenance, ce qui facilite la coordination et la supervision des équipes.

Alors notre but de recherche est de déterminer notre question de recherche qui peut être formulé comme suit :

**Peut-on utiliser des méthodes organisationnelles afin d'améliorer l'efficacité de la maintenance préventive par rapport à la méthode d'organisation émise par l'expérience du technicien ?**

Pour cela, nous avons clairement défini les questions et les hypothèses auxquelles il faut répondre :

- **Est-ce que l'ordonnancement joue un rôle dans la maintenance ?**
  - **Hypothèse :** L'absence de l'ordonnancement peut entraîner une détérioration de la qualité de la maintenance.
- **Quelles sont les méthodes organisationnelles qui peuvent être utilisées pour améliorer l'ordonnancement dans la maintenance préventive ?**
  - **Hypothèse :** L'ordonnancement des tâches peut être amélioré en utilisant des méthodes organisationnelles telles que la méthode PERT et diagramme de Gantt.
- **Après avoir comparé l'ordonnancement des tâches effectué par les techniciens avec l'ordonnancement optimal des tâches, quelles sont les différences ?**
  - **Hypothèse :** Il pourrait y avoir des différences significatives en termes d'efficacité et de productivité entre l'ordonnancement des tâches effectué par les techniciens et l'ordonnancement optimal des tâches.

Alors notre mémoire sera présenté en trois chapitre, comme premier chapitre nous avons présenté d'une manier générale les notion la maintenance et l'ordonnancement, puis dans un deuxième chapitre nous allons donner des informations sur la méthode PERT et le diagramme de Gantt avec les détails, le troisième sera consacré pour la recherche effectuer, et discuter les résultats obtenus.

# **CHAPITRE I : Généralité sur la maintenance**

## **I.1. Introduction**

Dans le monde de l'industrie et du transport, nous trouvons des machines et des installations de plus en plus efficaces et complexes.

Exigences de sécurité accrues, coûts d'exploitation réduits et contrôle de la disponibilité des équipements, pionnier de la maintenance des systèmes.

Etude de la gestion de la maintenance et de la production est basé sur l'approche de détermination les types de la maintenance est les approches a utilisé tell que la méthode PERT et diagramme de Gantt [1].

Le problème est plutôt de créer un minimum d'entretien sans compromettre les performances de l'outil de production, la qualité des produits fabriqués, la sécurité et l'équipement des hommes et la protection de l'environnement.

Alors, dans ce chapitre, nous introduisons l'approche de maintenance, nous donnons les différents types de maintenance et présentons l'importance de la maintenance.

## **I.2. Signification de la maintenance**

AFNOR définit la maintenance comme étant "l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé" (norme X 60-010) [2].

Le terme "maintenir" contient la notion de "prévention" sur un système en fonctionnement. Le terme "rétablir" contient la notion de "correction" consécutive à une perte de fonction. Un "état spécifié" ou un "service déterminé" implique la prédétermination des objectifs à atteindre, avec quantification des niveaux caractéristiques.

L'institut allemand de normalisation DIN définit la maintenance comme "l'ensemble des mesures visant à maintenir ou à rétablir l'état prévu d'un bien ainsi qu'à constater et à juger l'état actuel" (norme 31051).

### I.3. Les différentes méthodes de maintenance

D'après les normes AFNOR X 60010 et 60011, on peut distinguer essentiellement deux méthodes de maintenance (voir figure I-1) :

- **La maintenance corrective**, effectuée après défaillance du matériel.
- **La maintenance préventive**, effectuée dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un matériel.

Elle peut opérer :

- Selon un échéancier établi d'après le temps ou le nombre d'unités d'usage : c'est **la maintenance systématique**.
- Ou en fonction d'un type d'événement prédéterminé et révélateur de l'état de dégradation du matériel (information d'un capteur de mesure, mesure d'une usure, etc.) : c'est **la maintenance conditionnelle**.

#### I.3.1 La maintenance corrective

Il s'agit d'une "opération de maintenance effectuée après défaillance" (norme AFNOR X 60010). La maintenance corrective correspond à une attitude défensive dans l'attente d'une défaillance aléatoire. Elle s'applique automatiquement aux défaillances soudaines, comme par exemple la rupture brusque d'une pièce mécanique. Hormis ce cas, ce type de maintenance sera réservé à du matériel peu coûteux, non stratégique pour la production, et dont la défaillance aurait peu d'influence sur la sécurité.

La maintenance corrective comprend deux types d'interventions

- **Le dépannage** : appelé aussi maintenance palliative, est une intervention immédiate et rapide visant une remise en état provisoire du matériel. Cette intervention peut être parfaitement justifiée pour des matériels secondaires, sans incidence directe sur la production ; mais elle peut devenir nécessaire par manque de temps dans le cas où on ne peut pas arrêter la production ou par absence de pièces de rechange. Le dépannage est une pratique fréquente en cours de mise au point, de rodage ou au contraire en fin de vie du matériel. Le dépannage est caractérisé par une faible sécurité puisque la défaillance peut survenir à n'importe quel moment ; il est donc nécessaire d'effectuer une réparation le plus tôt possible.

- **La réparation** : appelée aussi maintenance curative, est une remise en état définitive du matériel, soit directement après une défaillance soit après un dépannage. La réparation se caractérise par une sécurité élevée puisque le risque de défaillance est fortement diminué par rapport au dépannage, et le matériel retrouve pratiquement ses caractéristiques de fonctionnement.

### **I.3.2. La maintenance préventive**

"La maintenance préventive est effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu" (norme AFNOR X 60010). Les interventions sont prévues, préparées et programmées avant la date probable d'apparition d'une défaillance.

Dans la maintenance préventive, on trouve dans une première phase des visites périodiques permettant de suivre l'état du matériel et de connaître les lois de dégradation et les seuils d'admissibilité. Dans une deuxième phase, lorsque le comportement du matériel sera connu, on évoluera vers la maintenance systématique.

#### **I.3.2.1. La maintenance systématique**

C'est une « maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage » (norme AFNOR X 60010).

Les interventions sont effectuées à intervalles fixes (par exemple après un certain nombre d'heures de fonctionnement ou nombre de kilomètres, etc.). Ces intervalles sont déterminés d'abord sur la base des préconisations du constructeur, puis ensuite en se basant sur les résultats recueillis lors des visites préventives périodiques.

La maintenance systématique s'applique surtout pour :

- Des composants et sous-ensembles du matériel dont les durées de vie sont bien connues.
- Des équipements soumis à une législation impérative (chaudières, appareils sous pression, ascenseurs, etc.).
- Des équipements à coûts de défaillance élevés (par exemple des équipements faisant partie d'une chaîne de production).

- Des équipements dont une défaillance met en cause la sécurité du personnel ou des usagers.

Les avantages de la maintenance systématique sont :

- Les interventions et les arrêts sont programmés en accord avec la production.
- Le coût de chaque intervention est connu, donc la gestion financière du service maintenance est facilitée.

Les inconvénients de la maintenance systématique sont :

- Le coût des interventions peut fortement augmenter car leur périodicité est calée sur la durée de vie minimum des équipements.
- Le démontage d'un matériel pour un remplacement systématique d'une pièce nécessite souvent le changement d'autres pièces par précaution, ce qui augmente encore le coût de l'intervention. De même, la fiabilité des machines après remontage se trouve parfois réduite du fait d'erreurs humaines.

### **I.3.2.1. La maintenance conditionnelle**

C'est "une maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé (autodiagnostic, information donnée par un capteur, mesure d'une usure, etc.) révélateur de l'état de dégradation d'un bien » (norme AFNOR X60010).

Cette forme de maintenance permet d'assurer le suivi du matériel pendant son fonctionnement dans le but de prévenir les défaillances attendues.

Elle n'implique pas la connaissance de la loi de dégradation et le démontage du matériel.

L'intervention n'a lieu que si certains paramètres mesurables atteignent un seuil critique prédéterminé et révélateur d'une défaillance imminente.

Pour pratiquer une maintenance conditionnelle, il est nécessaire que les matériels prêtes, c'est-à-dire il faut trouver une corrélation entre un paramètre mesurable et l'état du matériel. Comme exemple de paramètres, on peut citer :

- Des paramètres physiques (pression, débit, température, tension, intensité, etc.).

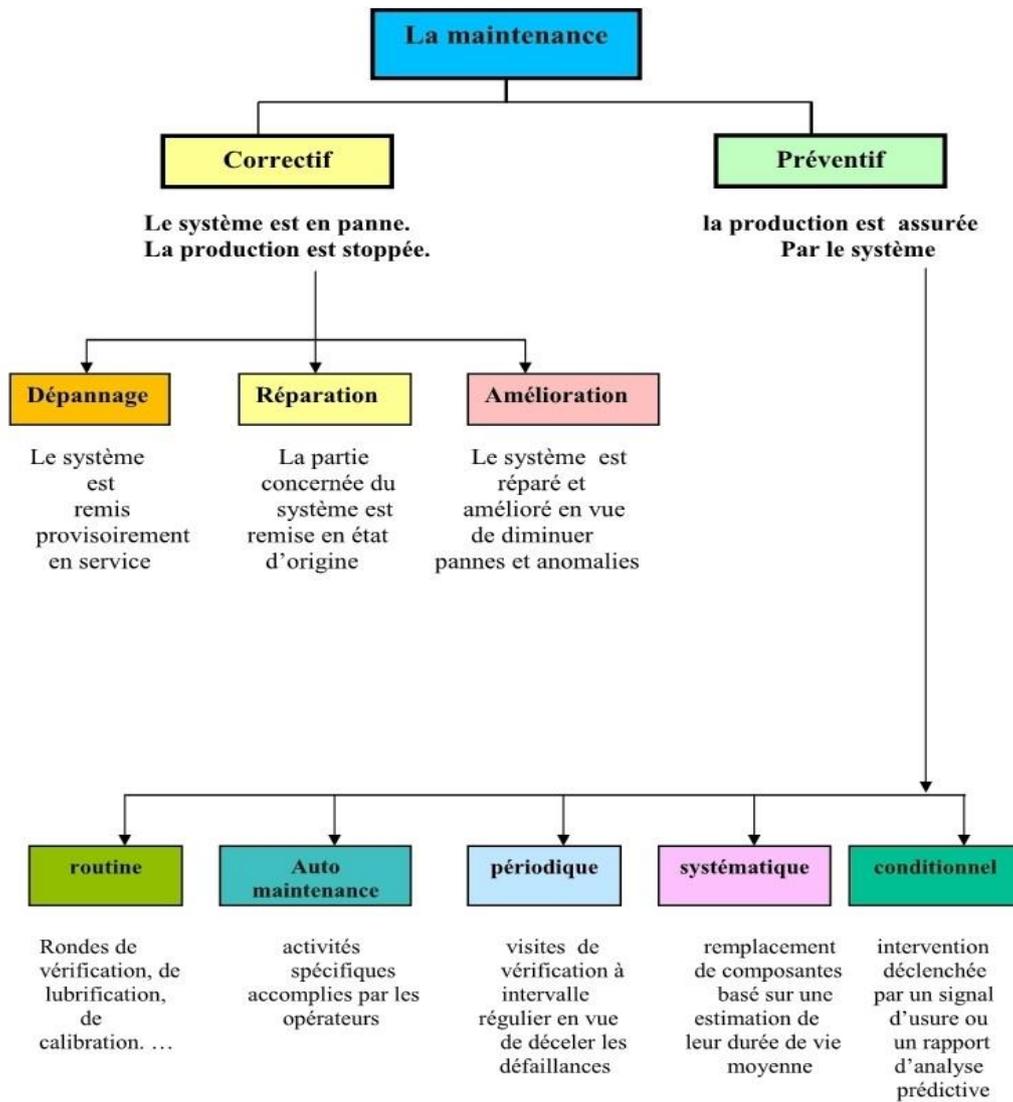
- Le niveau d'huile.
- La fréquence de vibration ou le niveau de vibrations et de bruits.
- Les mesures de jeux mécaniques.
- La teneur en résidus d'usure des lubrifiants (cette teneur permet un diagnostic dans le cas des moteurs et circuits hydrauliques).

Les avantages de la maintenance conditionnelle sont :

- L'utilisation des organes de matériel au maximum de leur possibilité, ce qui permet d'éviter le gaspillage des pièces de rechange et de réduire leur stock.
- L'élimination des défaillances inattendues, d'où une fiabilité et une productivité supérieures.
- La réduction des arrêts de production.
- La réduction de la durée et du coût des interventions, puisque celles-ci sont planifiées.

La mise en place d'une maintenance conditionnelle nécessite :

- Une recherche des points de surveillance du matériel et des paramètres à mesurer. L'établissement des seuils d'admissibilité pour chaque paramètre.
- Le choix et l'achat de l'instrumentation de mesure.
- La formation d'un personnel qualifié pour les relevés de mesures et leur exploitation [3].



**Fig. I. 1 : Représentation synthétique de la maintenance**

Et ici nous trouvons un tableau qui comparer les différents types de maintenance :

**Tableau. I. 1 : comparer les différents types de maintenance**

Type de maintenance	Objectif	Périodicité	Coût	Outils et méthodes	Avantages	Inconvénients
<b>Maintenance préventive</b>	Prévenir les problèmes	Régulière	Économique	Planification régulière, contrôle des paramètres clés	Réduction des panne, prolongation de la vie des équipements	Coûts de gestion des stocks et achats inutiles
<b>Maintenance corrective</b>	Résoudre les problèmes	Après panne	Plus élevé	Réparation des composants défectueux	Réduction des temps d'arrêt	Risque de panne récurrente
<b>Maintenance conditionnelle</b>	Prévenir les problèmes	Basée sur l'état réel	Économique	Surveillance des paramètres clés	Réduction des coûts de maintenance	Risque de panne si la surveillance est inefficace
<b>Maintenance prévisionnelle</b>	Prévenir les problèmes	Basée sur les données historiques	Plus élevé	Planification basée sur les données historiques	Réduction des temps d'arrêt	Coûts de gestion des stocks et achats inutiles

#### I.4. Importance de la maintenance

La maintenance est un facteur clé de compétitivité dans le secteur du transport. Elle joue un rôle stratégique pour les entreprises de transport en optimisant l'exploitation de leur flotte de véhicules, en assurant leur bon fonctionnement et leur disponibilité en bon état, tout en réduisant les coûts et les impacts sur l'environnement [5].

La maintenance préventive est un pilier essentiel de toute stratégie de gestion d'équipement efficace, permettant de réduire les risques de pannes imprévues et d'optimiser la durée de vie des équipements [6].

Les avantages de la maintenance préventive incluent la réduction des coûts de maintenance curative, la sécurité accrue, la création d'un historique complet des opérations de maintenance pour chaque équipement, et la facilitation de la prise de décision grâce à l'historique de maintenance [7].

En utilisant des logiciels de gestion de la maintenance (GMAO), les entreprises du transport et de la logistique peuvent améliorer la maintenance curative et préventive de leurs équipements, véhicules ou machines, piloter la gestion des stocks de pièces détachées au plus près des besoins, et réduire considérablement le temps d'immobilisation imprévu [8].

## **I.5. L'ordonnancement de la maintenance préventive**

L'ordonnancement est une fonction essentielle dans la maintenance préventive, car elle permet de planifier et de synchroniser les interventions de maintenance pour assurer le bon fonctionnement des équipements et des installations. Dans ce chapitre, nous allons explorer les principes fondamentaux de l'ordonnancement dans le contexte de la maintenance préventive, ainsi que les avantages qu'il apporte à l'efficacité et à la productivité des entreprises.

### **I.5.1. Définition et rôle de l'ordonnancement**

L'ordonnancement est défini comme la fonction qui permet l'intervention optimale, à l'heure  $H$  et avec tous les moyens nécessaires, pour assurer le bon fonctionnement des équipements et des installations. Il représente la fonction "chef d'orchestre" dans un service maintenance caractérisé par l'extrême variété des tâches en nature, en durée, en urgence et en criticité.

### **I.5.2. Missions de l'ordonnancement**

Les missions de l'ordonnancement dans la maintenance préventive sont multiples :

1. Prévoir la chronologie du déroulement des différentes tâches : L'ordonnancement permet de définir les étapes à suivre pour chaque intervention de maintenance, ainsi que les délais et les ressources nécessaires pour leur exécution efficace.
2. Optimiser les moyens nécessaires en fonction des délais et des chemins critiques : L'ordonnancement permet de déterminer les ressources et les moyens nécessaires pour chaque intervention, en fonction des délais et des chemins critiques.
3. Ajuster les charges aux capacités connues : L'ordonnancement permet de s'assurer que les ressources et les moyens disponibles sont adaptés aux besoins de chaque intervention.
4. Lancer les travaux au moment choisi, en rendant tous les moyens nécessaires disponibles : L'ordonnancement permet de planifier les interventions de maintenance pour minimiser les perturbations et les coûts.

5. Contrôler l'avancement et la fin des travaux : L'ordonnancement permet de suivre l'avancement des interventions de maintenance et de s'assurer que les objectifs sont atteints.

### **I.5.3. Avantages de l'ordonnancement dans la maintenance préventive**

L'ordonnancement dans la maintenance préventive offre plusieurs avantages, notamment :

1. **Amélioration de l'efficacité** : L'ordonnancement permet de planifier et de synchroniser les interventions de maintenance pour minimiser les perturbations et les coûts.
2. **Réduction des coûts** : L'ordonnancement permet de réduire les coûts liés à la maintenance en minimisant les perturbations et les arrêts non programmés.
3. **Amélioration de la disponibilité** : L'ordonnancement permet de s'assurer que les équipements et les installations sont disponibles à tout moment, ce qui est essentiel pour la production et la productivité.
4. **Amélioration de la qualité** : L'ordonnancement permet de planifier et de synchroniser les interventions de maintenance pour assurer la qualité des équipements et des installations.

## **I.6. Intégration des méthodes PERT et Gantt dans la maintenance préventive**

L'intégration des méthodes PERT (Program Evaluation and Review Technique) et Gantt dans la maintenance préventive est une approche efficace pour planifier et gérer les activités de maintenance de manière efficace.

Les deux méthodes sont des outils de planification et de gestion de projet qui peuvent être utilisés conjointement pour améliorer la planification, la coordination et la mise en œuvre des activités de maintenance préventive.

### **I.6.1. Gantt Chart**

Le Gantt chart est un outil visuel qui permet de représenter les tâches et les délais dans un tableau, avec des barres horizontales qui indiquent la durée de chaque tâche et des lignes verticales qui représentent les différentes tâches.

Cela permet aux opérateurs de maintenance de visualiser les tâches à accomplir, les délais et les ressources nécessaires pour chaque tâche, ce qui facilite la planification et la coordination des activités de maintenance.

### **I.6.2. PERT**

La méthode PERT est une technique de planification de projet qui utilise des diagrammes pour représenter les tâches et les délais. Elle est particulièrement utile pour les projets complexes qui impliquent de nombreuses tâches et dépendances entre ces tâches.

Les diagrammes PERT peuvent être utilisés pour identifier les dépendances entre les tâches, les délais et les ressources nécessaires pour chaque tâche, ce qui permet aux opérateurs de maintenance de planifier et de gérer les activités de manière efficace.

### **I.6.3. Intégration des Méthodes**

L'intégration des méthodes PERT et Gantt dans la maintenance préventive permet de bénéficier des avantages de chaque méthode. Les diagrammes PERT peuvent être utilisés pour identifier les dépendances entre les tâches et les délais, tandis que les Gantt charts peuvent être utilisés pour visualiser les tâches et les délais dans un tableau. Cela permet aux opérateurs de maintenance de planifier et de gérer les activités de manière efficace, en prenant en compte les dépendances entre les tâches et les délais.

### I.6.4. Avantage

L'intégration des méthodes PERT et Gantt dans la maintenance préventive offre plusieurs avantages, notamment :

- **Planification efficace** : Les deux méthodes permettent de planifier les activités de maintenance de manière efficace, en prenant en compte les dépendances entre les tâches et les délais.
- **Coordination** : Les diagrammes PERT et les Gantt charts permettent de coordonner les activités de maintenance entre les différents opérateurs et les différents sites.
- **Suivi** : Les deux méthodes permettent de suivre l'avancement des activités de maintenance et de détecter les problèmes potentiels avant qu'ils ne se produisent.
- **Optimisation** : Les diagrammes PERT et les Gantt charts permettent d'optimiser les ressources et les délais, en identifiant les tâches qui peuvent être exécutées en parallèle et celles qui nécessitent une attention immédiate.

### I.7. Conclusion

En résumé, la maintenance est un ensemble d'actions techniques, administratives et de management destiné à maintenir ou rétablir un bien dans un état fonctionnel. Elle est divisée en deux grandes familles : la maintenance corrective et la maintenance préventive, et a pour objectifs de garantir la disponibilité du matériel, protéger le parc matériel, sécuriser le personnel et améliorer l'image de marque de l'entreprise.

L'ordonnancement des tâches joue un rôle crucial dans la maintenance préventive. Les diagrammes PERT permettent d'identifier les dépendances entre les tâches et les délais, tandis que les diagrammes de Gantt permettent de visualiser les tâches et les délais dans un tableau. Cela permet aux opérateurs de maintenance de planifier et de gérer les activités de manière efficace, en prenant en compte les dépendances entre les tâches et les délais.

En intégrant ces deux méthodes, les opérateurs de maintenance peuvent bénéficier d'une planification plus efficace, d'une coordination plus étroite et d'une mise en œuvre plus efficace des activités de maintenance préventive. Cela permet d'améliorer la sécurité, la qualité et la disponibilité des équipements, ainsi que la satisfaction des clients.

En conclusion, l'intégration de l'ordonnancement des tâches dans la maintenance préventive est une approche efficace pour améliorer la planification, la coordination et la mise en œuvre des activités de maintenance préventive.

# **CHAPITRE II : Les méthodes d'ordonnancement**

## **II.1. Introduction**

La planification et la gestion de projet sont des étapes clés pour le succès d'une entreprise. Dans ce contexte, deux outils de gestion de projet sont particulièrement populaires et efficaces : la méthode PERT (Program Evaluation and Review Technique) et le diagramme de Gantt. La méthode PERT est une approche analytique qui permet de décomposer un projet en ses différentes tâches et de déterminer les délais et les dépendances entre elles. Le diagramme de Gantt, quant à lui, est un outil visuel qui permet de représenter les tâches et les délais d'un projet de manière claire et concise. Dans ce chapitre, nous allons explorer en détail ces deux approches, leurs principes, leurs avantages et leurs applications pratiques, afin de comprendre comment ils peuvent être utilisés ensemble pour gérer efficacement un projet.

## **II.2. Méthode PERT**

### **II.2.1. Origine et Objectif de la méthode PERT**

La méthode PERT (Program Evaluation and Review Technique) a été développée à la fin des années 1950 par la marine américaine pour gérer des projets complexes impliquant de nombreux fournisseurs et sous-traitants, comme le projet POLARIS [9].

L'objectif de la méthode PERT est de trouver la meilleure organisation possible pour mener à bien un projet dans les meilleurs délais, en planifiant visuellement l'enchaînement des tâches à réaliser.

### **II.2.2. Principes de la méthode PERT**

PERT est une méthode conventionnelle utilisable en gestion de projet, ordonnancement et planification [10].

Elle permet de représenter et d'analyser de manière graphique les tâches d'un projet et leurs interdépendances [9].

PERT utilise trois estimations de temps pour chaque tâche : le temps le plus court, le temps le plus probable et le temps le plus long [11].

PERT permet d'identifier le chemin critique, c'est-à-dire la séquence de tâches ayant le plus grand impact sur la durée totale du projet [9] [11].

### **II.2.3. Historique de la méthode PERT**

La méthode PERT (Program Evaluation and Review Technique) a été inventée en 1958 dans le cadre du projet de la marine américaine Polaris, dans le but de réduire significativement le délai de 7 ans initialement prévu [12]. Cette méthode a été développée pour gérer des projets complexes impliquant de nombreux fournisseurs et sous-traitants, comme le projet POLARIS [12]. Elle a été utilisée pour améliorer l'ordonnancement et la planification des tâches, en permettant de représenter de manière graphique le réseau de tâches d'un projet, d'identifier le chemin critique et les marges possibles, et d'optimiser le positionnement des tâches dans le temps [12].

La méthode PERT a été créée à la fin des années 1950 pour servir au projet du sous-marin nucléaire Polaris de la marine américaine [13]. Elle a permis à la marine de réduire le délai de développement de deux ans [13]. Cette méthode a été utilisée pour la première fois dans le domaine de la construction navale, mais elle a rapidement été adoptée dans d'autres secteurs, tels que l'industrie aéronautique, l'automobile, les télécommunications, etc [14].

La méthode PERT a été conçue pour répondre à un besoin spécifique : réduire les délais de projet sans compromettre la qualité [15]. Elle a été utilisée pour planifier et gérer des projets de grande envergure, tels que la construction de centrales électriques, de routes, de ponts, etc [15].

### **II.2.4. But de la méthode PERT**

Le but de la méthode PERT est :

- Définir le délai total d'accomplissement de l'œuvre et éventuellement proposer des moyens pour le réduire.
- Connaitre les conséquences du changement de la durée d'une tâche partielle.
- Evaluer les moyens à mettre en œuvre.
- Etablir une relation entre les délais et les coûts.

### II.2.5. Rôle du réseau PERT

a) Le PERT présente d'une façon visuelle l'enchaînement logique des tâches en vue :

- D'en faciliter la coordination et le contrôle,
- D'améliorer les prévisions de durée et de coût.

b) Le tracé du réseau PERT permet de connaître le chemin critique (c'est-à-dire le chemin le plus long entre la première et la dernière étape) et par conséquent :

- La durée totale du projet,
- Les tâches pour lesquelles tout retard entraîne l'allongement du projet.

### II.2.6. Domaine d'application de la méthode PERT

Le domaine d'application de la méthode PERT (Program Evaluation and Review Technique) est vaste et s'étend à divers secteurs tels que l'ingénierie, les services bancaires, les services publics, le développement de logiciels, la construction, etc [16]. Cette méthode est largement utilisée pour planifier et organiser des projets complexes qui nécessitent une planification minutieuse et une gestion efficace [16]. Elle permet de représenter graphiquement les tâches et leurs interdépendances, d'identifier les connexions entre les différentes tâches, les temps d'exécution, et les interdépendances, facilitant ainsi la gestion du projet [16].

- Dans le Bâtiment (grands ensembles, hôpitaux, etc. ...)
- Dans les Travaux Public (routes, ponts, etc. ...)
- Pour l'Ordonnancement de prototypes.
- En Maintenance pour coordonner les tâches de plusieurs équipes de spécialités différentes.

### II.2.7. Conditions de mise en œuvre de la méthode PERT

Pour mettre en œuvre la méthode PERT (Program Evaluation and Review Technique), il est essentiel de respecter certaines conditions de base. Voici les étapes à suivre pour utiliser efficacement la méthode PERT :

1. Identification des relations de dépendance entre les tâches : Avant de créer le diagramme PERT, il est crucial d'identifier les relations de dépendance entre les tâches. Cela permet de définir les étapes qui doivent être réalisées dans un ordre spécifique [12].
2. Définition des tâches : Les tâches doivent être définies de manière claire et précise pour que le diagramme PERT puisse être construit efficacement. Cela inclut l'estimation de la durée de chaque tâche [17].
3. Construction du réseau : Le réseau de tâches est construit en utilisant les relations de dépendance identifiées précédemment. Cela permet de visualiser l'enchaînement des tâches et d'identifier les dépendances entre elles [17].
4. Définition des dates au plus tôt : Les dates au plus tôt sont définies pour chaque tâche, ce qui permet de déterminer les délais les plus courts pour achever le projet [17].
5. Définition des dates au plus tard : Les dates au plus tard sont définies en fonction des dates au plus tôt, ce qui permet de déterminer les délais les plus longs pour achever le projet [17].
6. Calcul de la marge des tâches : La marge totale et la marge libre sont calculées pour chaque tâche, ce qui permet d'anticiper les retards potentiels et de planifier des marges de sécurité [17].

7. Définition du chemin critique : Le chemin critique est défini en identifiant le chemin qui passe par les tâches dont la marge totale est nulle. Cela permet de définir la durée minimale du projet.

### II.2.8. Les étapes de réseau PERT

#### **ETAPE 1 :** Préparez les tâches

Commencez par lister les tâches - Soyez exhaustif en restant sur un niveau de détail gérable. Estimez leur durée et leur(s) antécédent(s) : pour chaque tâche, évaluer le temps nécessaire pour leur traitement.

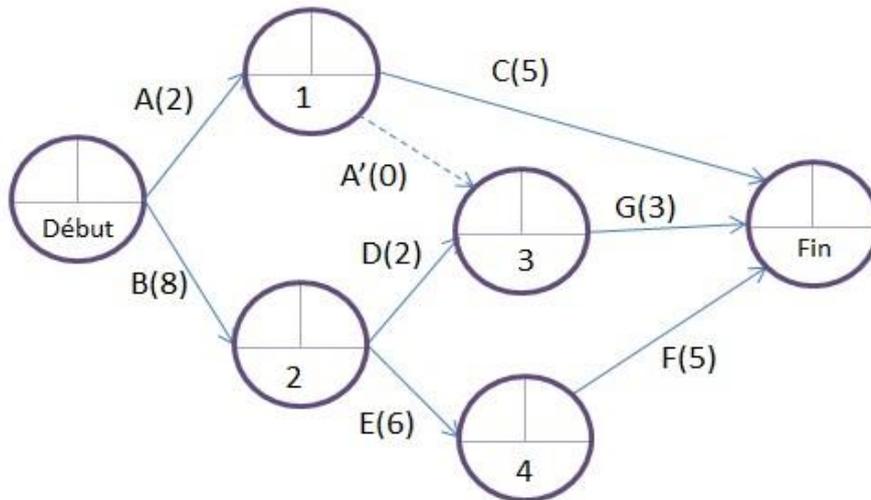
Exemple de tableau d'antériorités

**Tableau 1 :** Tableau d'antériorités

TACHE	DUREE	ANTECEDENT(S)
A	2	-
B	8	-
C	5	A
D	2	B
G	3	0
E	6	B
F	5	E
G	3	A, D

#### **ETAPE 2 :** Construisez le réseau en reliant les tâches entre elles, via des étapes

Reprenez le tableau avec la liste de tâches et montez le réseau en utilisant les liens de dépendance (les antécédents). Indiquez sur le graphique la désignation des tâches et leur durée comme défini précédemment.



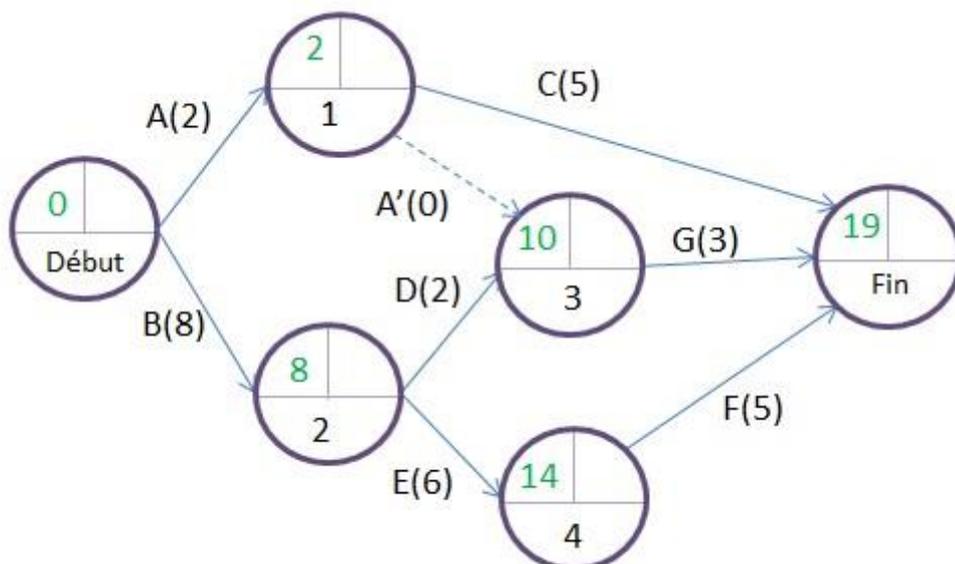
**Fig.II.1** Désignation des tâches et leur durée

La tâche en pointillés est qualifiée de fictive. Nous verrons plus bas comment la traiter.

**ETAPE 3 :** Indiquez les dates au plus tôt

Prenez la première étape (ici "1"), ajoutez la date au plus tôt de l'étape précédente à la durée de la tâche qui la concerne :  $0 + 2$  (tâche A) = 2

Faites de même pour l'ensemble des tâches. Par exemple pour l'étape 4 :  $8 + 6$  (tâche E) = 14.



**Fig.II.2** Indiquez les dates au plus tôt

Lorsque plusieurs tâches convergent vers une même étape (ici l'étape de Fin), retenez comme date au plus tôt, le nombre de jours le plus grand des différentes possibilités.

- Dans notre exemple :
- Le chemin passant par la tâche C donne une date au plus tôt de 7 jours
- Par l'étape G, 13 jours
- Par F, 19 jours

On retient donc 19 jours, car le projet se finira au plus tôt 19 jours après son début.

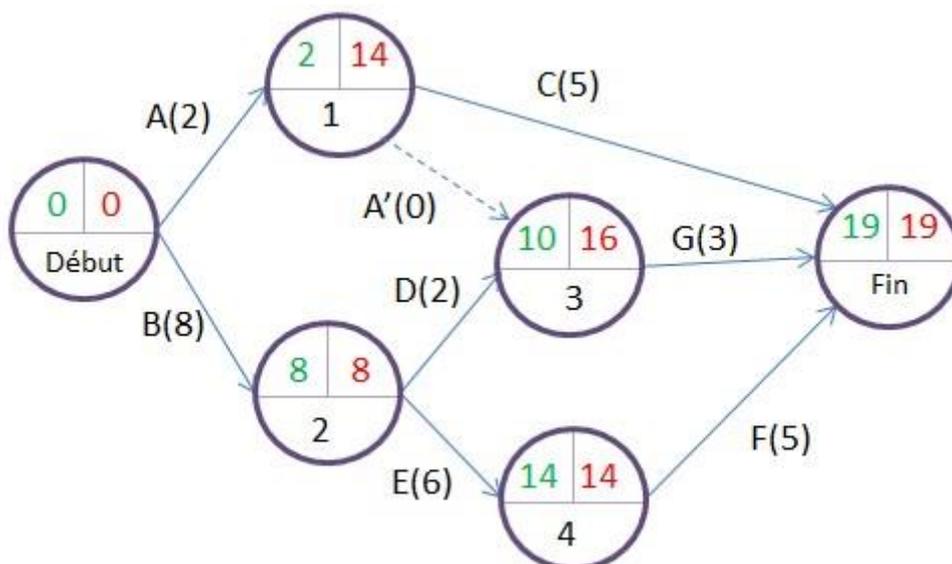
#### - Le cas de la tâche fictive

Concernant la G, elle possède 2 antérieurs D et A. Comme une tâche ne peut être représentée que par une seule flèche, il est nécessaire de créer une tâche fictive. Comme la D possède la date au plus tôt la plus élevée, on crée à son extrémité de façon conventionnelle l'étape 3 - puis on crée une tâche fictive A' avec une durée de 0 reliant les étapes 1 et 3.

#### **ETAPE 4 :** Renseignez les dates au plus tard

Parcourez le chemin inverse pour calculer les dates au plus tard. Partez de la dernière étape et indiquez la date au plus tard égale à la date au plus tôt, ici 19 jours. Puis remontez le graphe en retranchant cette fois à la date au plus tard de l'étape en question, la durée de la tâche qui la précède pour trouver la date au plus tard de l'étape positionnée en amont.

Exemple pour l'étape 1 : 19 jours (nœud final) - 5 jours (tâche C) = 14 jours



**Fig.II.3** Renseignez les dates au plus tard

Lorsque 2 tâches ont pour origine la même étape, calculez les dates dans les 2 cas et retenez la date la plus petite. Procédez de la même manière avec les tâches fictives.

### **ETAPE 5 :** Calculez les marges des tâches

Ces marges sont des degrés de liberté qui permettent d'absorber des retards. Elles assurent la flexibilité du projet.

- **Définition de la marge totale**

La marge totale représente le retard que peut prendre la réalisation d'une tâche sans impacter la date de fin du projet (à condition qu'elle ait commencé à sa date le plus tôt). Pour évaluer la marge d'une tâche, prenez les 2 étapes qui l'entourent et appliquez le calcul suivant :

### **Formule de la marge totale :**

Date au plus tard de l'étape suivante - Durée de la tâche - Date au plus tôt de l'étape précédente

- **Définition de la marge libre**

La marge libre correspond au retard que peut prendre la réalisation d'une tâche sans impact sur la date au plus tôt des tâches suivantes (à condition qu'elle ait débuté à sa date le plus tôt).

### **Formule de la marge libre :**

Date au plus tôt de l'étape suivante - Durée de la tâche - Date au plus tôt de l'étape précédente

A noter : la marge libre ne peut pas être supérieure à la marge totale

Ce qui est particulièrement important lorsqu'une équipe extérieure doit intervenir à une date précise. Il ne faut pas que cette date soit décalée à cause du retard de la tâche précédente.

**Tableau 2** : Les marges des tâches

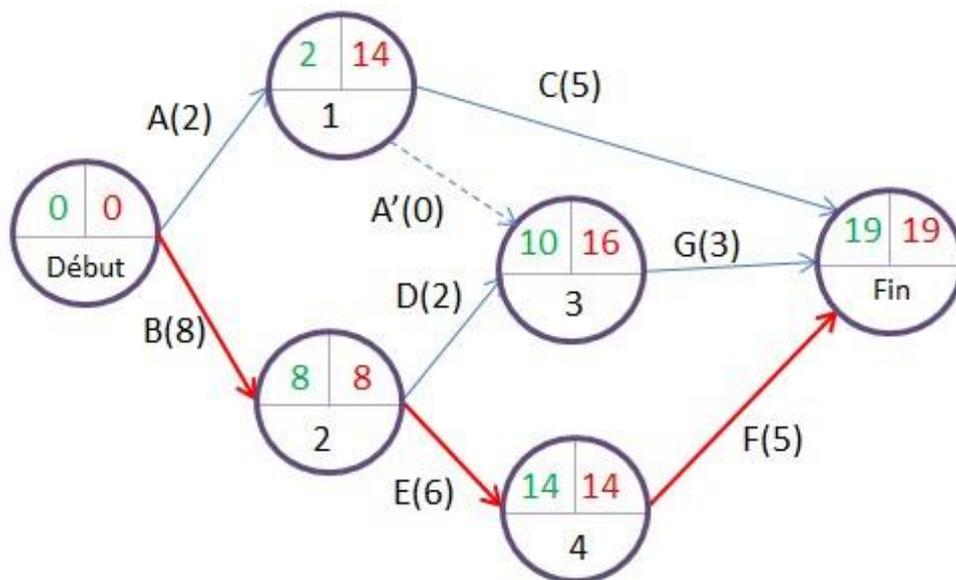
TACHE	MARGE LIBRE	MARGE TOTALE
A	0	12
B	12	12
C	0	0
D	0	6
G	6	6
E	0	0
F	0	0
G	0	12

**ETAPE 6** : Définition du chemin critique

Il s'agit du chemin passant par les tâches dont la marge totale est nulle. Ce tracé indique le délai incompressible pour réaliser le projet.

Une fois le PERT terminé, il est conseillé de construire un planning **Gantt** pour faciliter la visualisation et la gestion au quotidien.

A noter que ce diagramme ne se monte pas une fois pour toutes en début de projet. Il demande à être actualisé en fonction des événements (retards...).



**Fig.II.4** Définition du chemin critique

## II.2.9. Les avantages de la méthode PERT

1. **Planification précise des projets** : La méthode PERT permet de planifier les projets de manière détaillée, en définissant les différentes étapes et les délais associés. Cela aide à établir un calendrier clair et à gérer les délais efficacement.
2. **Identification des activités critiques** : La méthode PERT permet d'identifier les activités clés qui doivent être exécutées pour assurer le bon déroulement d'un projet. Cela aide à concentrer les efforts sur les étapes essentielles et à prendre des décisions éclairées.
3. **Visualisation claire du chemin critique** : Le diagramme de PERT permet de visualiser graphiquement le planning du projet, en montrant les dépendances entre les tâches et les délais associés. Cela facilite la compréhension et la communication entre les membres de l'équipe de projet.
4. **Gestion des risques** : La méthode PERT permet d'analyser les risques et les avantages liés à un projet, ce qui aide à prendre des décisions plus éclairées.
5. **Amélioration de la satisfaction des clients et employés** : Les diagrammes PERT peuvent améliorer la satisfaction des clients et employés en offrant une représentation visuelle claire des délais et des tâches, ce qui réduit le stress et les échéances manquées.
6. **Gestion efficace du temps et des ressources** : La méthode PERT permet de gérer plus efficacement le temps et les ressources de l'équipe, en définissant les délais et les priorités claires.
7. **Simplification des projets complexes** : Le diagramme de PERT peut aider à simplifier les projets complexes en aidant les chargés de projet ou de portefeuille de projets à mieux maîtriser les projets ambitieux.
8. **Exploration des différentes éventualités** : La méthode PERT permet d'explorer les différentes éventualités en créant des scénarios de simulation, ce qui aide à définir le temps et les ressources nécessaires à un projet pour chaque scénario.
9. **Amélioration de la prise de décisions** : Les données contextualisées fournies par la méthode PERT aident à simplifier la prise de décisions et à aider l'équipe à mieux cerner les exigences du projet.
10. **Réduction du gaspillage et des coûts** : La méthode PERT peut réduire le gaspillage et les coûts de réalisation du projet en identifiant les activités critiques et en planifiant efficacement les tâches.

## II.3. DIAGRAMME DE GANTT

### II.3.1. Définition

Le diagramme de Gantt est une représentation graphique des tâches d'un projet sur une échelle de temps. Il permet de mettre en évidence le chemin critique par lequel vous devez passer pour réaliser vos projets. Ce diagramme accompagne généralement un plan de projet qui est un document détaillé qui rappelle vos objectifs et la façon dont vous allez vous y prendre pour les atteindre [18] [14].

### II.3.2. Historique

Le diagramme de Gantt a été inventé par Karol Adamiecki, un ingénieur polonais, en 1896. Cependant, faute de traduction, sa version ne fut pas reconnue à l'international. Ce sera finalement la version publiée en 1910 par Henry L. Gantt, ingénieur américain et collaborateur du très connu Frederik Winslow Taylor, qui fut adoptée par les occidentaux [14].

Le diagramme de Gantt a été utilisé comme outil de planification par l'armée américaine pour planifier et exécuter les campagnes. Dans les années 1950 et 1960, les premiers ordinateurs ont été utilisés pour générer des diagrammes de Gantt. Cependant, l'usage du Gantt était réservé aux gros projets de construction complexes, ou à la planification de la production des usines. Avec la démocratisation de l'informatique et des ordinateurs personnels, l'utilisation du diagramme de Gantt s'est démocratisée, grâce aux programmes informatiques qui permettaient de ne plus réaliser entièrement à la main les Gantt [19].

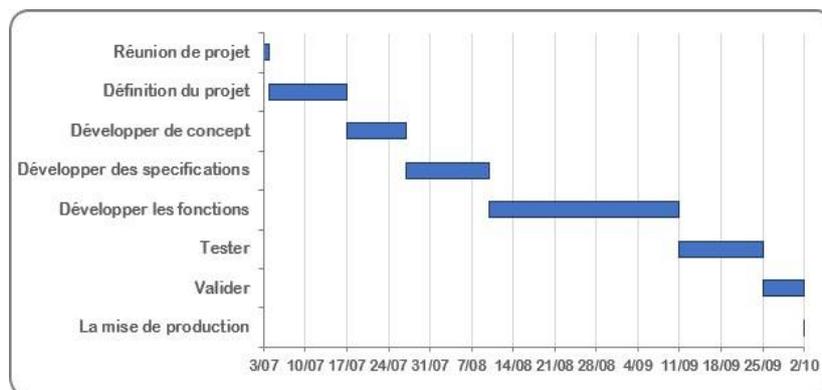


Fig.II.5 : Diagramme de Gantt simple

### II.3.3. Types de diagramme de Gantt

Le diagramme de Gantt est un outil de gestion de projet qui permet de visualiser les différentes étapes d'un projet, leur durée et leurs dépendances. Il existe plusieurs types de diagramme de Gantt, notamment :

1. **Diagramme à barres ou fléché** : Ce type de diagramme est le plus couramment utilisé et a été inventé par Henry Gantt en 1885. Il présente les tâches d'un projet sur une échelle temporelle, avec des barres horizontales représentant les tâches et des dates disposées verticalement.
2. **Diagramme de Gantt sur Excel** : Ce type de diagramme est créé à l'aide d'Excel, qui n'offre pas de modèle de diagramme de Gantt parmi ses modèles de base. Cependant, il est possible de le créer à l'aide d'un graphique à barres empilées.
3. **Diagramme de PERT** : Le diagramme de PERT (Program Evaluation and Review Technique) est un outil de gestion de projet qui permet de représenter un enchaînement de tâches et de distinguer certaines par rapport aux autres avec une certaine marge de liberté. Il est utilisé pour déterminer une date au plus tôt et une date au plus tard pour chaque étape, ce qui facilite la gestion du temps d'un projet.
4. **Diagramme de Kanban** : Le diagramme de Kanban est un outil de gestion de projet qui permet de gérer les projets visuellement. Il est utilisé pour décomposer de gros projets opaques en une succession d'étapes et de tâches plus digestes [18].
5. **Diagramme de Scrum** : Le diagramme de Scrum est un outil de gestion de projet qui permet de gérer les projets de manière agile. Il est utilisé pour planifier et suivre les tâches et les activités d'un projet [18].
6. **Diagramme de réseau de projet** : Le diagramme de réseau de projet est un outil de gestion de projet qui permet de représenter les dépendances entre les tâches et les activités d'un projet. Il est utilisé pour planifier et suivre les tâches et les activités d'un projet [20].
7. **Organigramme transversal** : L'organigramme transversal est un outil de gestion de projet qui permet de représenter les relations entre les différentes parties prenantes d'un projet. Il est utilisé pour planifier et suivre les tâches et les activités d'un projet [20].

### II.3.4. Utilisation

Le diagramme de Gantt est un outil de gestion de projet qui permet de visualiser les différentes étapes de vos projets, leur durée et leurs dépendances. Il est utilisé pour organiser

et piloter un projet, planifier, suivre et visualiser les tâches et les activités sur une ligne de temps. Cette méthode est largement utilisée pour sa simplicité et sa facilité d'utilisation.

Il est conçu pour répondre à un certain nombre de problématiques en gestion de projets. Outre sa compatibilité avec tous les domaines d'activité et la clarté de lecture qu'il offre grâce à ses éléments visuels simples, il présente de nombreux avantages.

### **1. Aide à la planification**

La planification de projet est décisive dans le management de projet. Un objectif est fixé. Plusieurs personnes sont réunies pour travailler en vue de le remplir. Et des interdépendances se dessinent.

Par exemple : Mohammed ne pourra commencer sa tâche que lorsque Leila aura fini la sienne. Quant à Souad, en bout de chaîne, elle attend d'intervenir à son tour pour intégrer le tout. Si bien que si, pour une raison ou une autre, Leila prend du retard, c'est l'ensemble du déroulé qui s'en trouve impacté.

Le diagramme présente visuellement l'ordonnancement des tâches et permet d'anticiper les retards ou les dépassements de délais grâce à sa vue d'ensemble. Ainsi, l'état d'avancement du projet est mieux maîtrisé et les coûts induits également.

### **2. Amélioration de l'organisation du travail**

Grâce à cet outil de gestion, vous obtenez une vision complète de la structure du projet en vous appuyant sur des listes de tâches représentées graphiquement avec leur début, leur fin et leur durée, mais aussi leur enchaînement logique et leur éventuelle superposition.

Chaque activité liée au projet présentée sur une Time line vous indique lesquelles ont été accomplies, celles qui sont à réaliser, ce qui est urgent ou non, les possibles retards à anticiper par rapport au planning d'origine, etc.

Faire un diagramme de Gantt vous aide à améliorer votre organisation et notamment l'attribution des ressources à chaque étape du projet, tout en optimisant votre temps. Vous augmentez ainsi la performance de vos équipes sur la durée totale du projet.

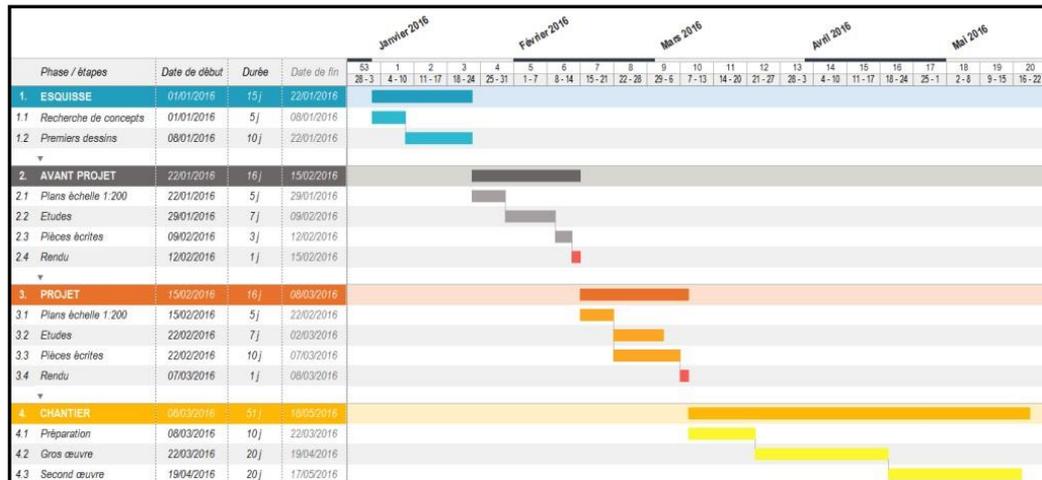


Fig.II.6 : Diagramme de Gantt- l'organisation de travail

### 3. Gestion de l'imprévu

Quelle que soit la méthodologie de planification choisie, des imprévisibles et impondérables entrent souvent en jeu dans la gestion de tout projet, qui est aussi synonyme de gestion des risques.

À grande échelle, des variables extérieures peuvent survenir, et l'ensemble des interdépendances peut vite tourner au casse-tête. D'autant plus qu'il y a rarement un seul, mais plusieurs cas de figure à envisager. Si bien qu'il faut dresser des scénarios.

À ces liens de dépendance s'ajoute une part d'inconnu, a fortiori lorsque le projet est innovant. Que l'innovation porte sur le produit, les procédés mis en œuvre ou le marché, elle apporte toujours de l'imprévisible. Dans la mesure où un produit n'a jamais été conçu, un procédé jamais testé, ou une offre commerciale jamais lancée, une réaction inattendue, un paramètre non anticipé ou une prévision invalidée sont probables.

Grâce au format dynamique qu'il offre, le diagramme de Gantt peut être mis à jour régulièrement et les tâches réorganisées à tout moment. Le graphique n'est pas figé, et la version d'origine aura de grandes chances d'être différente à la fin du projet.

### 4. Support de communication

Le diagramme de Gantt est un outil avant tout collaboratif ; il n'a pas vocation à être utilisé uniquement par les chefs de projet. C'est un planer visuel partager entre tous les membres, qui ont ainsi accès à l'ensemble des informations relatives au projet.

Cet outil rend la communication plus simple au sein de l'équipe, servant de support en réunion de suivi ou d'appui pour mettre un point de vigilance sur des besoins particuliers (ressources, budget, etc.) non pris en compte au démarrage du projet.

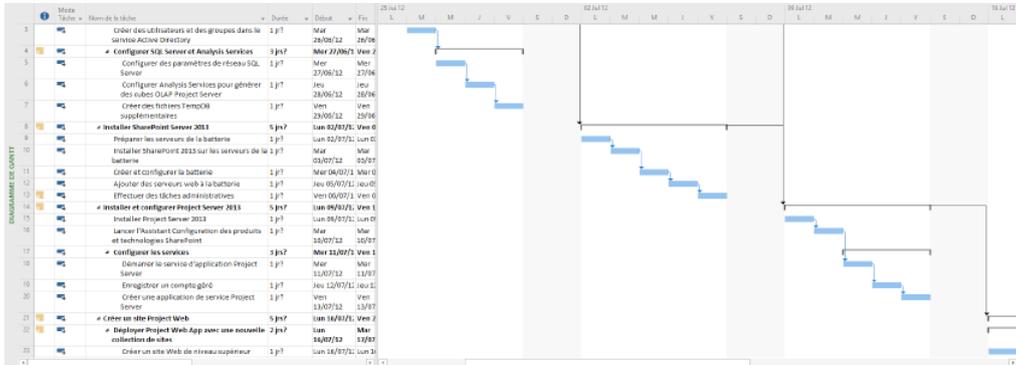


Fig.II.7 : Diagramme de Gantt sur MS Project

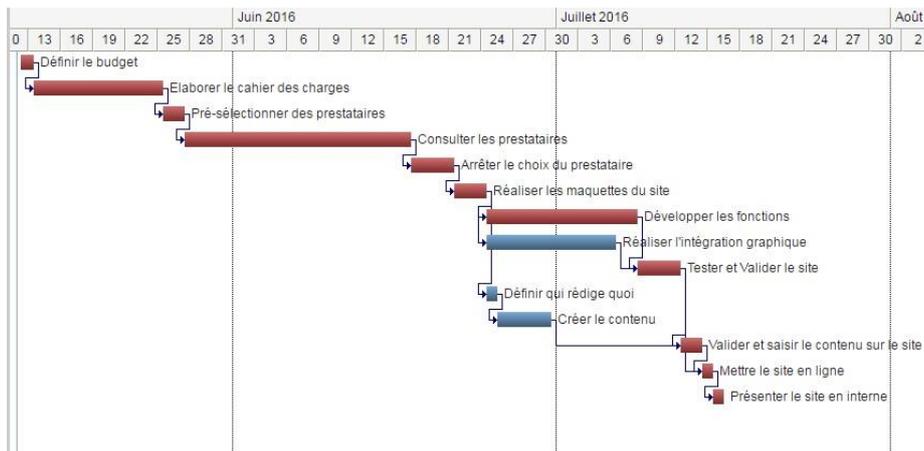


Fig.II.8 : Construction d'un diagramme de Gantt sur MS Project

### II.3.5. Les avantages du diagramme de Gantt

Les avantages du diagramme de Gantt sont nombreux et variés. Voici quelques-uns des principaux avantages mentionnés dans les sources fournies :

1. **Vision d'ensemble** : Le diagramme de Gantt fournit une vision d'ensemble du projet, permettant aux gestionnaires de projet de visualiser l'ensemble des tâches et de comprendre les relations entre elles [21].

2. **Amélioration de l'efficacité** : Le diagramme de Gantt améliore l'efficacité et aide à gérer les ressources en permettant aux gestionnaires de projet de planifier et d'organiser les tâches de manière efficace [21].
3. **Identification du chemin critique** : Le diagramme de Gantt permet d'identifier le chemin critique du projet, c'est-à-dire les tâches les plus longues et les plus importantes.
4. **Gestion du temps simplifiée** : Le diagramme de Gantt simplifie la gestion du temps en permettant aux membres de l'équipe de participer à la planification et de suivre l'avancement des tâches.
5. **Surveillance de l'avancement du projet** : Le diagramme de Gantt permet de surveiller l'avancement du projet et d'identifier les retards et les ralentissements, ce qui permet de prendre des mesures pour les corriger.
6. **Planification efficace** : Le diagramme de Gantt permet de planifier efficacement les tâches et les ressources, ce qui aide à gérer les projets de manière efficace [22].
7. **Simplification des projets complexes** : Le diagramme de Gantt simplifie les projets complexes en permettant de visualiser les tâches et les relations entre elles [22].
8. **Amélioration de la communication** : Le diagramme de Gantt améliore la communication entre les membres de l'équipe en permettant de visualiser les tâches et les relations entre elles [22].
9. **Gestion des ressources** : Le diagramme de Gantt permet de gérer les ressources de manière efficace en permettant de planifier et d'organiser les tâches de manière efficace [21].
10. **Suivi de l'avancement** : Le diagramme de Gantt permet de suivre l'avancement des tâches et de surveiller l'avancement du projet, ce qui permet de prendre des mesures pour les corriger.

#### II.4. La relation entre méthode PERT et diagramme de Gantt

PERT (Programme Evaluation and Review Technique) est un outil d'analyse et de planification de projet, utilisé pour déterminer le calendrier, les tâches et les complexités du projet. Bien que le diagramme de Gantt soit un type de diagramme de calendrier, il est utilisé pour déterminer le calendrier du projet en représentant les tâches et les complexités sous la forme de lignes de temps.

Nous montrerons comment PERT aide à créer le diagramme de Gantt :

1. **Identification des tâches :** À l'étape de la planification, le système PERT est utilisé pour identifier les tâches et les complexités du projet. Cela nous permet de savoir quelles sont les tâches principales et secondaires, et quelles sont les relations entre elles.
2. **Détermination du calendrier :** Après l'affectation, le tableau de l'OCDP est utilisé pour déterminer le calendrier du projet. Cela nous permet de savoir quels sont les délais pour les phases importantes du projet.
3. **Identification des relations entre les tâches :** Dans le schéma PERT, les parts sont utilisées pour représenter les relations entre les tâches. Ces relations sont utilisées pour déterminer ce qui est connecté et ce qui ne l'est pas, ce qui nous permet de savoir quelles tâches doivent être effectuées en même temps et quelles tâches peuvent être effectuées ultérieurement.
4. **Détermination du chemin critique :** Dans le tableau de l'OCDP, le chemin critique est utilisé pour déterminer ce qui est le plus important dans le projet. Cela nous permet de savoir quelles tâches doivent être effectuées à temps et quelles tâches peuvent être effectuées ultérieurement.

La relation entre le schéma PERT et le schéma Gantt :

1. **Le diagramme de Gantt est un type de diagramme de calendrier :** Le diagramme de Gantt est un type de diagramme de calendrier, utilisé pour déterminer le calendrier du projet en représentant les tâches et les complexités sous la forme de lignes de temps.
2. **PERT Chart est un outil d'analyse et de planification de projet :** PERT Chart est un outil d'analyse et de planification de projet, utilisé pour déterminer le calendrier de projet, les tâches et les complexités.
3. **Graphique PERT utilisé pour créer un diagramme de Gantt :** Dans la phase de planification, le schéma PERT est utilisé pour créer un diagramme de Gantt. Cela nous

permet de savoir quelles sont les tâches principales et secondaires, quelles sont les relations entre elles et quels sont les délais pour chaque phase du projet.

4. **Diagramme de Gantt utilisé pour le contrôle et le contrôle du projet** : Dans la phase de mise en œuvre, le diagramme de Gantt est utilisé pour le contrôle et le contrôle du projet. Cela nous permet de savoir ce qui est le cas dans le projet et quelles tâches doivent être effectuées.

## **II.5. Conclusion**

En conclusion le diagramme de PERT et le diagramme de Gantt sont deux outils complémentaires utilisés dans la gestion et la planification de projets.

Le diagramme de PERT est un outil graphique qui permet de visualiser les tâches d'un projet, leurs dépendances et les chemins critiques. Il aide à identifier les activités les plus importantes et à estimer la durée totale du projet.

Le diagramme de Gantt, quant à lui, est un outil de représentation graphique du planning d'un projet. Il permet de visualiser les différentes tâches, leur durée et leur ordonnancement dans le temps. Il facilite le suivi de l'avancement du projet et l'identification des éventuels retards.

Bien que distincts, ces deux outils se complètent pour offrir une vision globale et détaillée de la planification et de l'exécution d'un projet. Ils sont tous deux largement utilisés par les gestionnaires de projet pour organiser, suivre et optimiser la réalisation de leurs projets de manière efficace.

# **CHAPITRE III : Étude de cas**

### **III.1. Introduction**

Dans ce chapitre nous allons parler de l'entreprise où nous avons effectué notre stage et notre collaboration. En premier lieu, nous présenterons les tâches de maintenance préventive et les programmerons de la manière traditionnelle des techniciens, puis nous les replanifierons via la méthode PERT et le diagramme de GANTT et créerons un nouvel ordonnancement pour les comparer avec la façon traditionnelle de voir lequel est le meilleur pour gagner du temps afin d'améliorer la maintenance préventive.

### **III.2. Terrain de recherche (Métro El Djazaïr)**

#### **III.2.1. Historique de Métro El Djazaïr**

Afin d'assurer la continuité de l'exploitation et la maintenance du métro, après la fin de la convention avec l'ancien opérateur étranger. Le 1er Novembre 2020, est la date de la rentrer en vigueur de la nouvelle filiale de l'Entreprise du Métro D'Alger (EMA), qui est L'Entreprise d'Exploitation du Métro d'Alger (SEMA) sous le nom commercial de Métro El Djazaïr [23].

Métro El Djazaïr, est une entreprise algérienne avec un personnel entièrement algériens, disposant du savoir-faire nécessaires pour garantir la continuité du service public dans de bonnes conditions [23].

Le 1er novembre 2011, le premier tronçon de la première ligne (L1) de métro est ouvert aux usagers, en 2015, l'extension B et en 2018 les deux extensions A et C [23].

#### **III.2.2. Ligne et extensions du métro d'Alger**

Le métro d'Alger dispose actuellement d'une seule ligne qui est composée d'un tronçon principal de TGP à HEB et de trois extensions A, B et C, à savoir :

- 17 stations souterraines à quais latéraux, 02 viaducs et 02 stations aériennes dont la station Haï el Badr avec sa particularité à 4 voies et 3 quais centraux.
- Roulement sur voie ferrée.
- Alimentation électrique par troisième rail (Rail de traction 750V).
- Quatre terminus provisoires (Station LFU, Station BDH Bachdjarah, Station HEB Hai El Badr, Station AIN, Station MAI, Station TGP).
- Zone de dépôt (Complexe Bachdjarah).

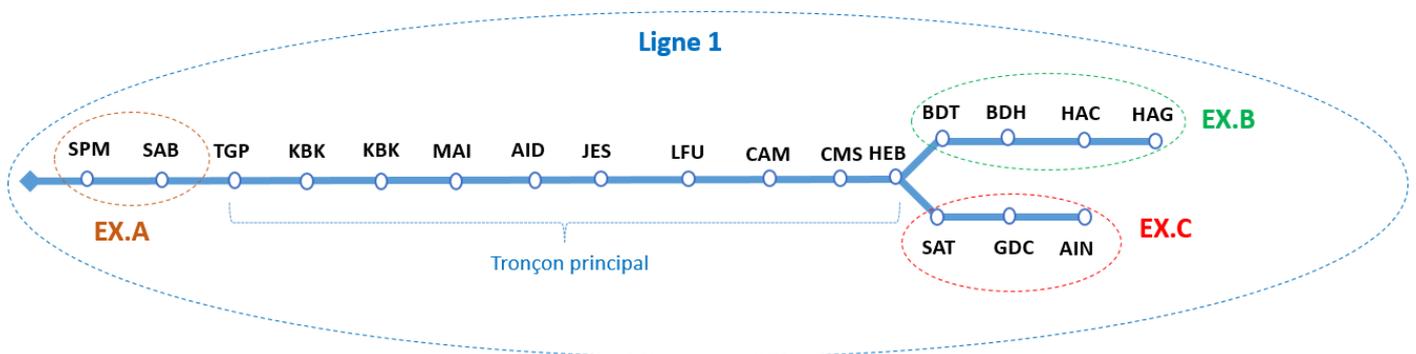
- Un Poste de Commande Centralisé (PCC) et Un Poste de Commande Energie Maintenance (PEM) à El Anasser en milieu de ligne, ainsi qu'un Poste de Manœuvre Atelier (PMA) dans la zone de dépôt Bachdjarrah
- Tunnel monotube avec voie sur béton

### III.2.3. Stations du métro d'Alger

Les 19 stations du métro d'Alger, sont nommées selon leur localisation et dont l'abréviation est comme suite :

**Tableau.III.1 : Les stations du métro d'Alger**

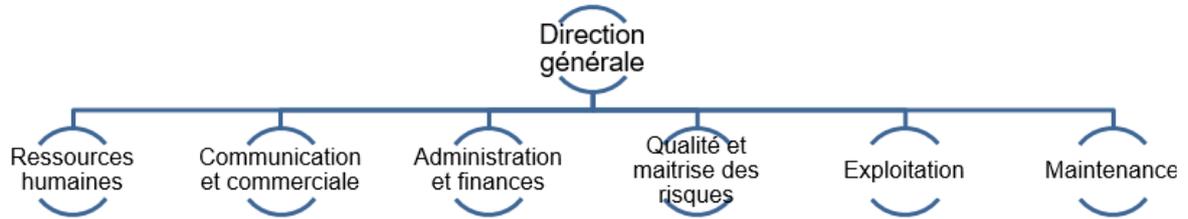
Tronçon principal (Ligne 1)		Extension A		Extension B		Extension C	
Abréviation	Station	Abréviation	Station	Abréviation	Station	Abréviation	Station
TGP	Tafourah Grande	SPM	Station Place des Martyrs	BDT	BachDjarrah	SAT	Station des ATeliers
KBK	Poste	SAB	Station Ali Boumendjel	BDH	BachDjarraH	GDC	Gue De Constantine
MAI	Khelifa BouKhalfa			HAG	Harrach Gare	AIN	AIn Naadja
AID	Place du 1er Mai			HAC	Harrach Centre		
HAM	Aissat IDir						
JES	El HAMma						
LFU	Jardin d'Essai						
CAM	Les Fusilles						
CMS	Cité AMirouche						
HEB	Cité Mer et Soleil						
	Hai El Badr						



**Fig.III.1 : Les stations du métro d'Alger**

### III.2.4. Directions de l'entreprise

Métro El Djazaïr se compose de sept directions :



**Fig.III.2 : Les directions de l'entreprise**

### III.2.5. Organigramme de la maintenance

La direction maintenance dispose de 5 Unités, et de 2 entités rattachées directement au directeur de maintenance :

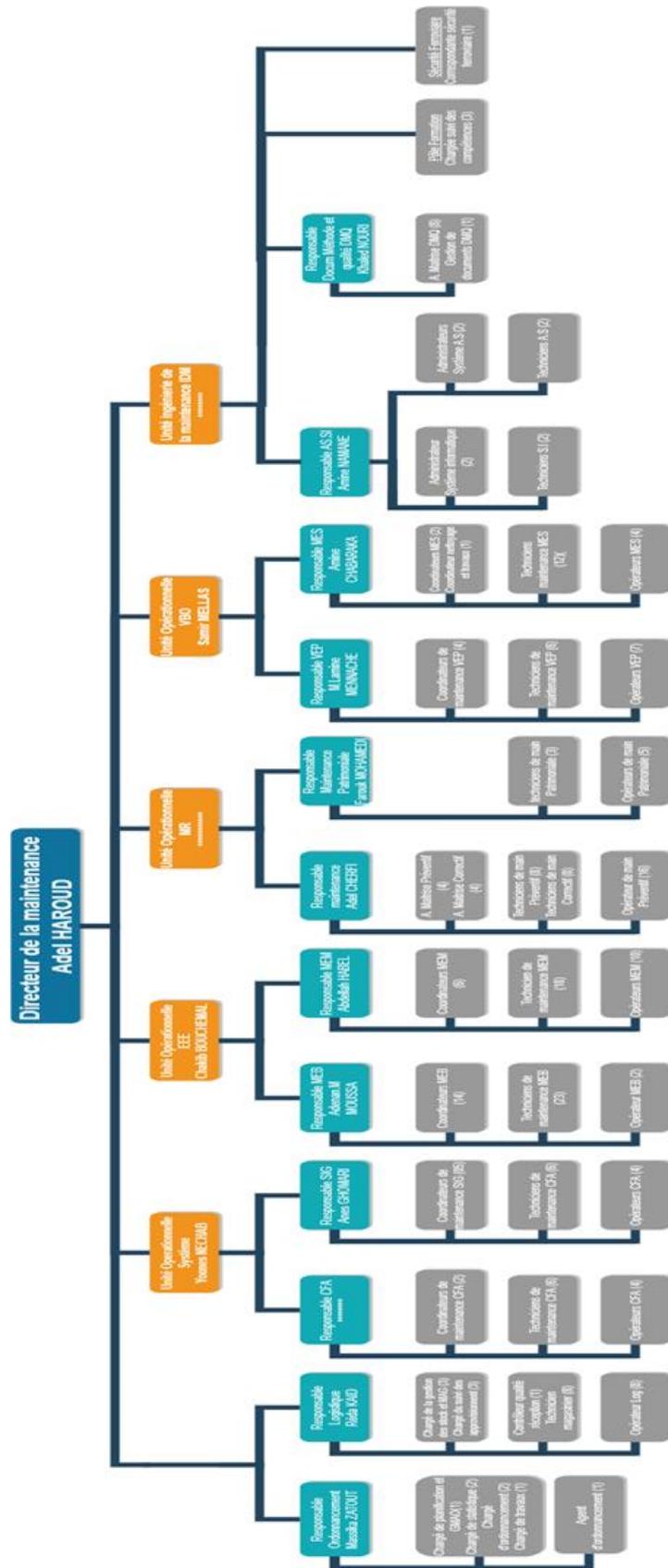


Fig.III.3 : Organigramme de la maintenance

### III.3. Plan de la maintenance préventive

La planification des interventions de maintenance préventive est cruciale pour le métro d'Alger, car elle assure une exploitation fluide et sécurisée en prévenant les pannes et en optimisant la longévité des équipements.

Et ici nous vous montrons un tableau qui représente la planification des interventions préventive :

**Tableau.III.2 : Planification des interventions**

MÉTRO D'ALGER	OPÉRATIONS							
	CYCLE COURT						CYCLE LONG	
CYCLE	Visite de Sécurité VS			RÉVISIONS MODULAIRES			RÉVISION GÉNÉRALE	
	1	3	6	B	C	D	RI	RG
INTERVALLE	10.000 km	30.000 km	60.000 km	120.000 km	240.000 km	360.000 km	600.000 km	1.200.000 km
TOLÉRANCE	-5% +10%	-5% +10%	-5% +10%	-5% +10%	-5% +10%	-5% +10%	-5% +10%	-5% +10%

#### Conditions d'application

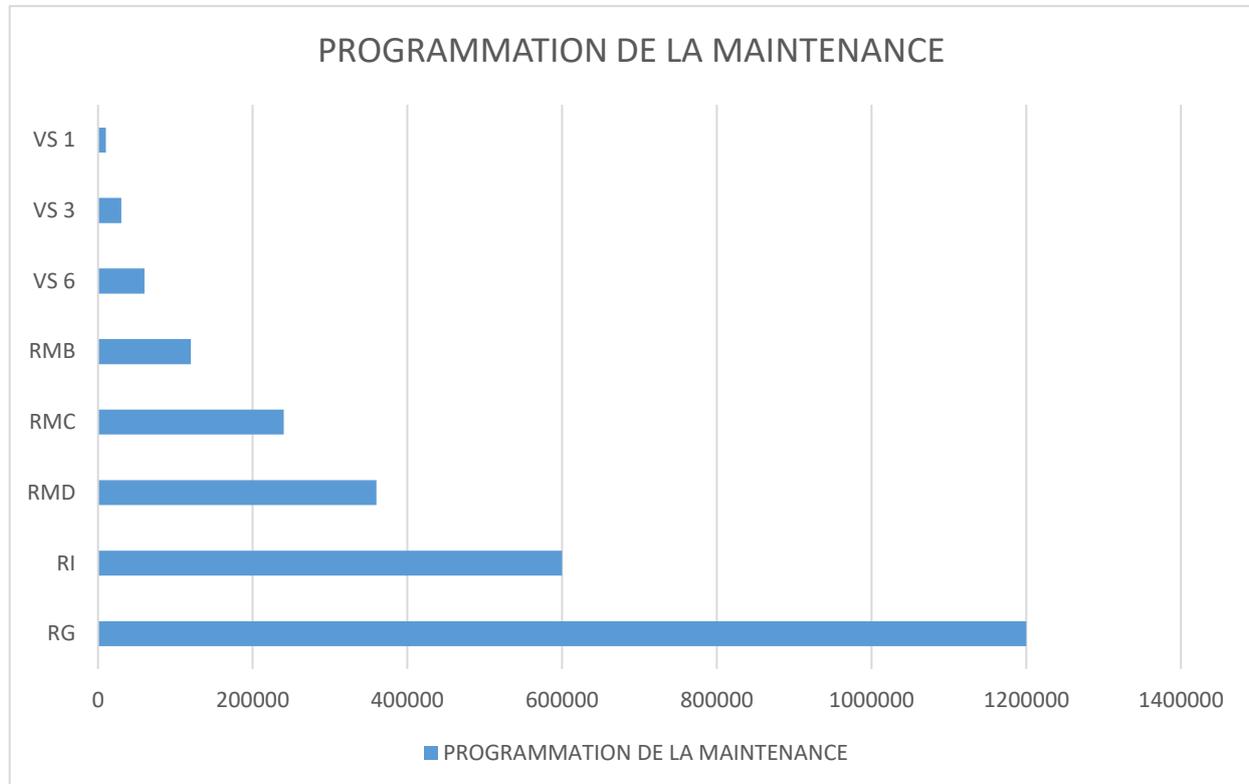
Les périodes indiquées dans ce plan de maintenance sont valables pour un parcours total annuel de 114.000 kilomètres.

Toutefois, en cas de divergences considérables par rapport à ce kilométrage annuel, il faudra réévaluer les intervalles de révision en conséquence.

En règle générale, il faudra s'efforcer de respecter les délais nominaux fixés et de ne "puiser" dans la réserve de temps qu'en cas de nécessité lorsque le train ne circule pas ou en présence de situations d'exception comme par exemple en régime service réduit ou en cas de circulation paralysée suite à l'accumulation de jours fériés, en période estivale etc.

Ces conditions ne s'appliquent toutefois pas aux rames soumises aux essais de prolongation des cycles de maintenance qui devront impérativement respecter le délai prévu pour ledit essai.

Les intervalles nominaux spécifiés, que ce soit question de temps ou de kilométrage, sont valables compte tenu de la marge d'application respectivement indiquée.



**Fig.III.4 : Programmation de la maintenance**

Grâce à nos études, nous avons personnalisé l'étude sur "**Visite de Sécurité VS**" car elle est la base pour planifier la maintenance préventive de la Société du Métro d'Alger. Nous allons donc discuter ci-dessous des tâches de maintenance préventive qui sont incluses dans la liste "**Visite de Sécurité VS**".

La Visite de Sécurité VS se divise en trois catégories, ou disons en trois types : VS 1, VS 3, VS 6. Ainsi, chaque fois qu'un train de métro parcourt une distance de 10 000 km, il doit se rendre à la zone de maintenance préventive où une équipe de travail l'attend pour commencer son entretien, appelé Visite de Sécurité VS 1. Les travaux débutent de 6 heures du matin à 22 heures le soir, et ce train doit avoir terminé sa maintenance dans les 24 heures, soit une journée complète, pour qu'il puisse sortir de l'atelier le lendemain et retourner sur la ligne. La même procédure s'applique à la Visite de Sécurité VS 3, qui a lieu lorsque le train atteint 30 000 km, et également pour la Visite de Sécurité VS 6 à 60 000 km.

### **III.4. Formulation des entrées et des hypothèses**

#### **III.4.1. Les entrées**

Dans le modèle de planification que nous avons élaboré pour la maintenance préventive, les entrées qui traversent les différents blocs de tâches sont représentées par des entités. Ces entités symbolisent les ordres de travail et sont caractérisées par des attributs spécifiques à la maintenance, tels que la complexité de la tâche, nombre de techniciens, la durée estimée et temps de repos.

#### **III.4.2. Les hypothèses**

Afin de faciliter l'ordonnancement du système de maintenance préventive, nous avons établi les hypothèses suivantes :

- Nous disposons de 12 techniciens qualifiés, répartis en deux équipes l'équipe du matin travaille de 6h à 14h et l'équipe de l'après-midi de 14h à 22h.
- Chaque équipe travaille 8 heures par jour.
- Une pause petit-déjeuner de 30 minutes est prévue, ainsi qu'un temps de déplacement de 30 minutes pour se rendre au magasin.
- Tous les techniciens sont capables de réaliser l'ensemble des tâches de maintenance.
- Tous les outils et équipements nécessaires à la maintenance sont constamment disponibles.
- Le temps de déplacement entre les tâches n'est pas comptabilisé dans le temps de travail effectif.
- Le programme de maintenance préventive comprend entre 20 et 21 tâches à réaliser.
- Les tâches exigeant un niveau de tension électrique élevé sont planifiées pour la période du soir. Cependant, celles qui ne nécessitent pas un tension électrique intense peuvent être effectuées le matin ou le soir, selon les besoins et les conditions.

### III.5. Les tâches et les ressources (techniciens)

Les tâches et le nombre de techniciens dans chaque Visite de Sécurité VS varient en termes d'heures de travail, car entre chaque VS, le nombre de sous-tâches à accomplir augmente. De plus, le nombre de techniciens impliqués dans les tâches varie en fonction de la complexité de la mission.

Les trois tableaux ci-dessous contiennent les tâches et le nombre des ressources (techniciens) dans chaque Visite de Sécurité VS (VS 1, VS 3, VS 6) :

• **Tableau.III.3 : Tableau des tâches et ressources VS 1**

Sous groupe	Nombre des Techniciens	Temps Allouée (heures)
VS 1		
1VS Attelage sans HT	1	1
1VS Bogie + Caisse sous chassis sans HT	2	5
1VS Bogie lateral sans HT	2	11
1VS Cabine avec HT	1	1
1VS Cabine sans HT	1	1
1VS Caisse exterior avec HT	1	0.5
1VS Caisse exterior sans HT	2	1
1VS Caisse interieur avec HT	2	1
1VS Caisse interieur sans HT	1	2
1VS Climatisation changement filtres	2	8
1VS Compresseur avec HT	2	1
1VS Compresseur sans HT	1	1
1VS Equipe électrique caisse avec HT	1	1
1VS Equipe électrique caisse sans HT	1	1
1VS Equipe électrique lateral avec HT	2	3
1VS Equipe électrique lateral sans HT	1	1
1VS Equipement pneumatique avec HT	2	4
1VS Equipement pneumatique sans HT	2	1
1VS Portes avec HT	2	3
1VS Portes sans HT	2	2

- « Sans HT » (sans haute tension).
- « Avec HT » (avec haute tension).

**Tableau.III.4 : Tableau des tâches et ressources VS 3**

Sous groupe	Nombre des Techniciens	Temps Allouée (heures)
VS 3		
3VS Attelage sans HT	1	1.5
3VS Bogie + Caisse sous chassis sans HT	2	5
3VS Bogie lateral sans HT	2	11
3VS Cabine avec HT	1	1
3VS Cabine sans HT	1	1
3VS Caisse exterior avec HT	1	0.5
3VS Caisse exterior sans HT	2	1
3VS Caisse interieur avec HT	2	1
3VS Caisse interieur sans HT	1	2
3VS Climatisation changement filtres	2	8
3VS Compresseur avec HT	2	1
3VS Compresseur sans HT	1	1
3VS Equipe électrique caisse avec HT	1	1
3VS Equipe électrique caisse sans HT	1	1
3VS Equipe électrique lateral avec HT	2	1
3VS Equipe électrique lateral sans HT	2	15
3VS Equipement pneumatique avec HT	2	4
3VS Equipement pneumatique sans HT	2	1
3VS Portes avec HT	2	3
3VS Portes sans HT	2	2

- « Sans HT » (sans haute tension).
- « Avec HT » (avec haute tension).

**Tableau.III.5 : Tableau des tâches et ressources VS 6**

Sous groupe	Nombre des Techniciens	Temps Allouée (heures)
VS 6		
6VS Attelage sans HT	1	1.5
6VS Bogie + Caisse sous chassis sans HT	2	9
6VS Bogie lateral sans HT	2	11
6VS Boite d'essieu	2	15
6VS Cabine avec HT	1	1
6VS Cabine sans HT	1	1
6VS Caisse exterieur avec HT	1	0.5
6VS Caisse exterieur sans HT	2	1
6VS Caisse interieur avec HT	2	1
6VS Caisse interieur sans HT	2	6
6VS Climatisation changement filtres	2	8
6VS Compresseur avec HT	2	1
6VS Compresseur sans HT	2	4
6VS Equipe électrique caisse avec HT	1	1
6VS Equipe électrique caisse sans HT	2	4
6VS Equipe électrique lateral avec HT	2	1
6VS Equipe électrique lateral sans HT	2	15
6VS Equipement pneumatique avec HT	2	4
6VS Equipement pneumatique sans HT	2	1
6VS Portes avec HT	2	3
6VS Portes sans HT	2	2

Nous constatons à travers les tableaux la répétition de deux phrases à chaque fois :

- « Sans HT » (sans haute tension).
- « Avec HT » (avec haute tension).

Le terme « HT » fait référence à la tension électrique élevée, ce qui signifie que la maintenance est effectuée en deux étapes :

- En présence de haute tension.
- En l'absence de haute tension.

Ainsi, nous remarquons que certaines tâches se répètent, mais varient en fonction de la présence ou de l'absence de haute tension.

Les tâches sont proposées par la société CAF, fabricant de métros, et sur lesquelles nous allons mener notre étude.

Chaque tâche est accompagnée d'une check liste comprenant plusieurs sous-tâches à accomplir pour mener à bien la tâche.

Par exemple, si nous prenons la tâche "1VS Bogie latéral sans HT", elle est accompagnée d'une check liste de sous-tâches spécifiques qui doivent être accomplies par les techniciens pour considérer la tâche comme terminée.

Voir **Annexe 1** présente une image fidèle de check liste de contrôle pour la tâche « **1VS Bogie latéral sans HT** »

Voir **Annexe 2** un exemple après avoir rempli check liste et effectué les tâches.

### **III.6. Les taches et les ressources sans ordonnancement**

Dans la maintenance préventive, les techniciens travaillent souvent sans planification ni organisation spécifique. Ils sont guidés par leur expérience et leur jugement, ce qui peut entraîner des erreurs et des retards. Cette méthode peut être efficace pour des tâches simples, mais elle est souvent insuffisante pour des systèmes complexes comme le métro.

#### **III.6.1. Façon de travailler sans ordonnancement**

Les techniciens de la société Métro d'Alger travaillent huit heures par jour. Ils accomplissent leurs tâches quotidiennes sans avoir un planning préalable. Chaque jour, le chef d'équipe rencontre son équipe, leur attribue des tâches spécifiques et ils commencent à travailler. Au cours de notre observation, nous avons noté que du temps précieux est perdu pendant le travail qui pourrait être utilisé pour d'autres tâches productives.

De plus, nous avons constaté un manque d'équipement et de moyens nécessaires pour effectuer le travail. Ce manque entraîne une perte de temps et d'efforts considérable pour les techniciens. Par conséquent, au début de notre étude, nous avons supposé que l'équipement et les moyens nécessaires étaient disponibles et facilement accessibles. Nous avons fait cette supposition pour que nous puissions étudier la situation de manière plus efficace, car ces ressources doivent être fournies par l'entreprise elle-même.

En outre, les techniciens passent environ une demi-heure pour aller au stock et revenir, ainsi qu'une autre demi-heure pour le déjeuner. Si nous prenons en compte ces facteurs, le temps de travail total effectif est de sept heures.

Il est donc possible de dire que le temps de travail total est de sept heures sans compter ni planifier ni organiser les tâches de maintenance préventive. Cela souligne l'importance d'une

meilleure planification et organisation pour améliorer l'efficacité et la productivité de la société Métro d'Alger.

### **III.7. Étude de cas : Les tâches et les ressources avec ordonnancement**

Dans cette partie nous allons définir les étapes d'ordonnancement l'une après l'autre, donc on va commencer par identification des tâches, méthode PERT, chemin critique, diagramme de Gantt et ainsi de suite pour obtenir les résultats nécessaires, et tout cela avec logiciel **EdrawMax** pour crée le réseau PERT et **Microsoft Project** pour crée diagramme de Gantt.

#### **III.7.1. Définition du EdrawMax**

EdrawMax est un outil de diagramme tout-en-un qui permet aux utilisateurs de visualiser leurs idées sans effort. Avec son interface conviviale, vous pouvez créer des organigrammes, des cartes mentales, des plans d'étage, des diagrammes de réseau PERT, des infographies et plus encore avec facilité.

Il offre plus de 210 types de diagrammes pour répondre à tous les besoins visuels, des organigrammes aux diagrammes de circuits.

#### **III.7.2. Définition du MS Project**

Microsoft Project est un outil informatique de gestion de projets développé par Microsoft. Il permet aux utilisateurs de planifier et de piloter des projets, de gérer et de budgéter les ressources, ainsi que d'analyser et de communiquer les données des projets. C'est le logiciel de gestion de projet le plus utilisé au monde, offrant une combinaison de simplicité d'utilisation et de fonctionnalités avancées pour gérer des projets de petite ou de grande envergure.

#### **III.7.3. Réseau PERT**

##### **III.7.3.1. Détermination des tâches**

La première phase à l'établissement d'un réseau PERT consiste à déterminer les tâches nécessaires à la réalisation du projet. Un listing exhaustif des tâches est ainsi réalisé pour chaque visite de sécurité (VS 1, VS 3, VS 6).

Retourne voir les tableaux (III.3, III.4, III.5).

Pour chaque tâche, on associe une durée estimée dans une unité de temps, et un nombre de techniciens pour réaliser la tâche.

### III.7.3.2. Répartition des tâches

Les tâches précédentes que nous avons mentionnées dans les tableaux (III.3, III.4, III.5) sont divisées en tâches matinales et tâches vespérales, où il est nécessaire pour nous d'étudier chaque période séparément.

La répartition se fait comme suit :

- Les tâches qui n'ont pas besoin d'une haute tension électrique doivent commencer le matin.
- Il faut commencer par les tâches qui prennent plus de temps et nécessitent un grand nombre de techniciens.
- Les tâches du soir sont effectuées avec une haute tension électrique, et il est possible d'ajouter quelques tâches faciles qui n'ont pas besoin d'une haute tension électrique.

#### a/ Répartition des tâches VS1

##### Equipe du matin :

- A. 1VS Bogie lateral sans HT
- B. 1VS Climatisation changement filtres
- C. 1VS Bogie + Caisse sous chassis sans HT
- D. 1VS Compresseur sans HT
- E. 1VS Attelage sans HT
- F. 1VS Caisse interieur sans HT
- G. 1VS Equipe électrique caisse sans HT
- H. 1VS Equipe électrique lateral sans HT
- I. 1VS Equipement pneumatique sans HT

##### Equipe du soir :

- J. 1VS Equipement pneumatique avec HT
- K. 1VS Equipe électrique lateral avec HT
- L. 1VS Portes avec HT
- M. 1VS Portes sans HT
- N. 1VS Caisse interieur avec HT
- O. 1VS Cabine sans HT
- P. 1VS Cabine avec HT

- Q. 1VS Caisse extérieur sans HT
- R. 1VS Caisse extérieur avec HT
- S. 1VS Equipe électrique caisse avec HT
- T. 1VS Compresseur avec HT

**b/ Répartition des tâches VS3**

**Equipe du matin :**

- A. 3VS Equipe électrique lateral sans HT
- B. 3VS Bogie lateral sans HT
- C. 3VS Bogie + Caisse sous chassis sans HT
- D. 3VS Equipe électrique caisse sans HT
- E. 3VS Compresseur sans HT
- F. 3VS Caisse intérieur sans HT
- G. 3VS Attelage sans HT
- H. 3VS Equipement pneumatique sans HT

**Equipe du soir :**

- I. 3VS Climatisation changement filtres
- J. 3VS Portes sans HT
- K. 3VS Cabine sans HT
- L. 3VS Cabine avec HT
- M. 3VS Portes avec HT
- N. 3VS Equipement pneumatique avec HT
- O. 3VS Equipe électrique caisse avec HT
- P. 3VS Caisse extérieur sans HT
- Q. 3VS Equipe électrique lateral avec HT
- R. 3VS Caisse intérieur avec HT
- S. 3VS Caisse extérieur avec HT
- T. 1VS Compresseur avec HT

**c/ Répartition des tâches VS6**

**Equipe du matin :**

- A. 6VS Boite d'essieu
- B. 6VS Equipe électrique lateral sans HT
- C. 6VS Bogie lateral sans HT
- D. 6VS Bogie + Caisse sous chassis sans HT
- E. 6VS Equipe électrique caisse sans HT
- F. 6VS Compresseur sans HT
- G. 6VS Equipement pneumatique sans HT
- H. 6VS Attelage sans HT

**Equipe du soir :**

- I. 6VS Climatisation changement filtres
- J. 6VS Equipement pneumatique avec HT
- K. 6VS Portes sans HT
- L. 6VS Cabine sans HT
- M. 6VS Equipe électrique caisse avec HT
- N. 6VS Caisse extérieur sans HT
- O. 6VS Portes avec HT
- P. 6VS Cabine avec HT
- Q. 6VS Caisse intérieur sans HT
- R. 6VS Equipe électrique lateral avec HT
- S. 6VS Caisse extérieur avec HT
- T. 6VS Caisse intérieur avec HT
- U. 6VS Compresseur avec HT

### III.7.3.3. Détermination des antériorités

La prochaine étape consiste à déterminer les antériorités des tâches précédemment établies. C'est à dire se poser pour chaque tâche la question suivante :

**Les tâches devront être terminées pour pouvoir commencer cette nouvelle tâche.**

**Réponse :**

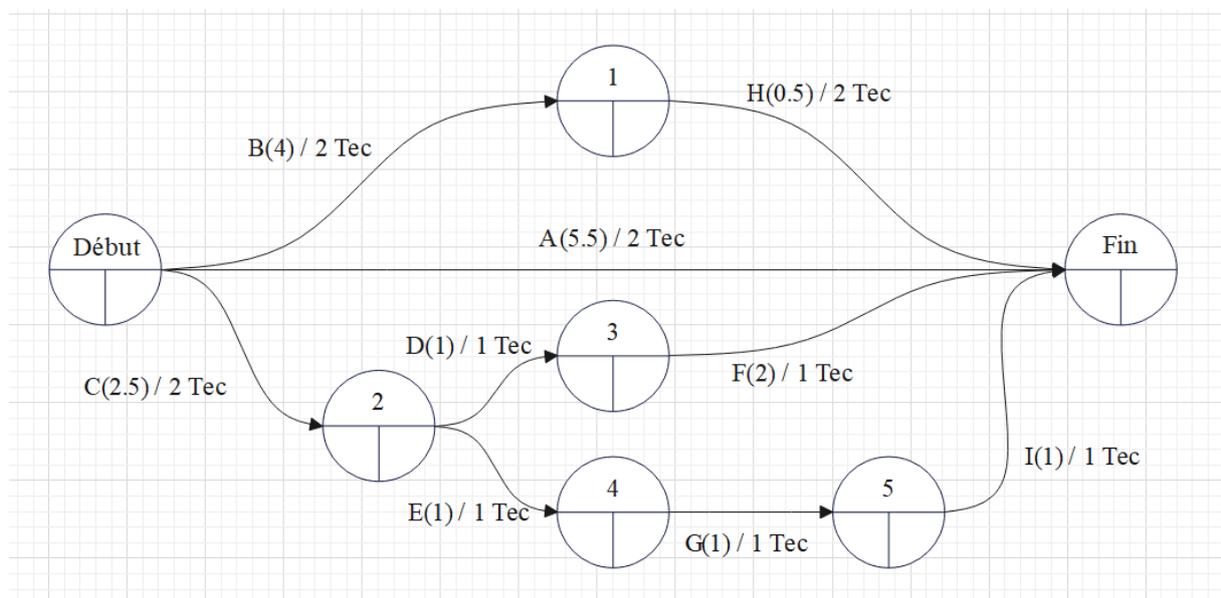
La réponse est qu'il n'y a aucune tâche qui nécessite d'être terminée avant de pouvoir commencer une nouvelle tâche. Toutes les tâches peuvent être commencées dès que la main-d'œuvre nécessaire est disponible.

Le seul obstacle est que tous les techniciens sont occupés par d'autres tâches. Dans ce cas, certaines tâches doivent attendre que les techniciens terminent leurs tâches actuelles.

### III.7.3.4. Traçage du réseau PERT

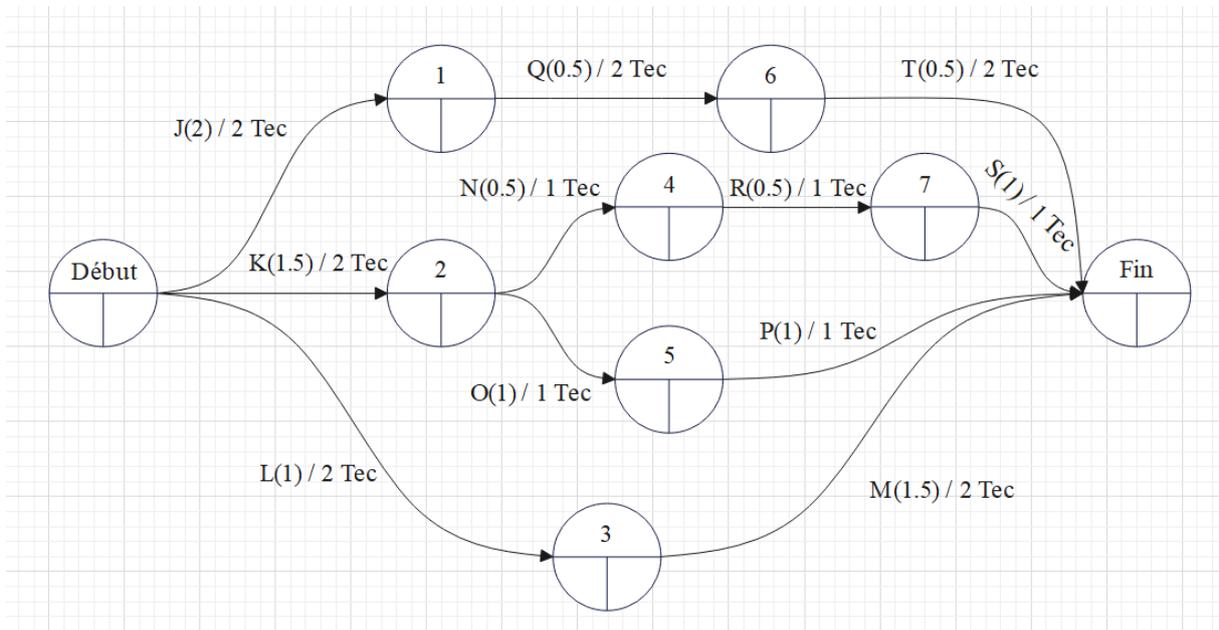
Maintenant que les tâches sont répertoriées et que leurs dépendances sont définies, on peut commencer à tracer le réseau PERT.

#### Réseau PERT VS1 équipe du matin



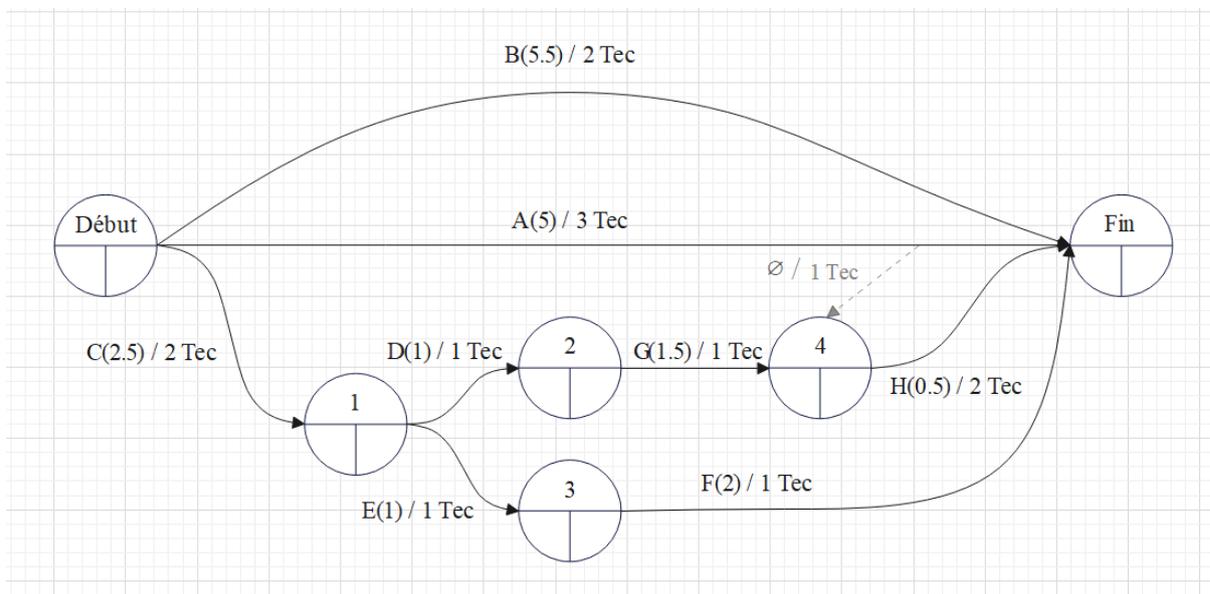
**Fig.III.5 : Réseau PERT VS1 équipe du matin**

**Réseau PERT VS1 équipe du soir**



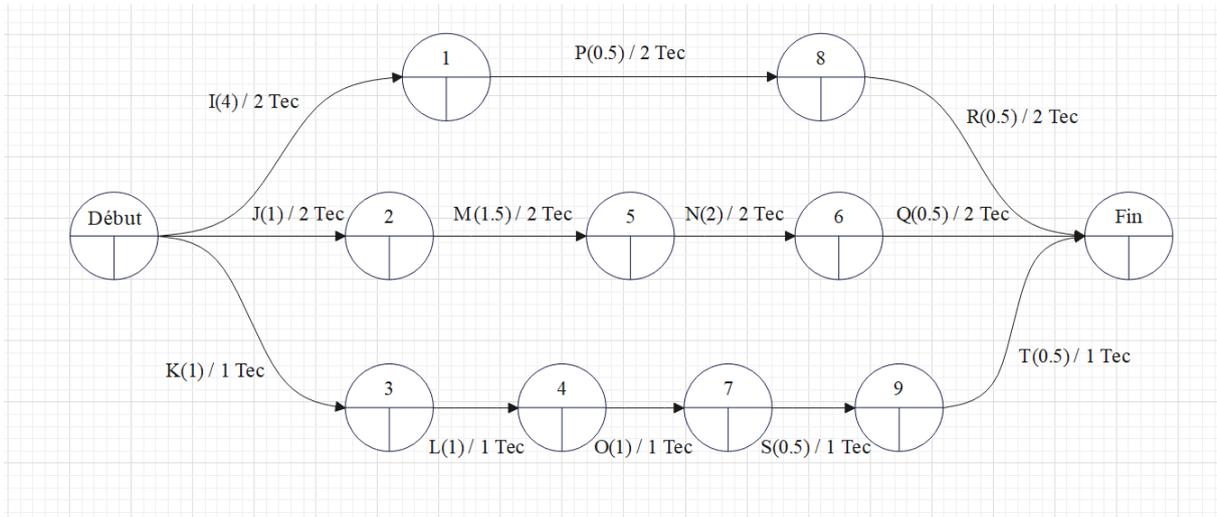
**Fig.III.6 : Réseau PERT VS1 équipe du soir**

**Réseau PERT VS3 équipe du matin**



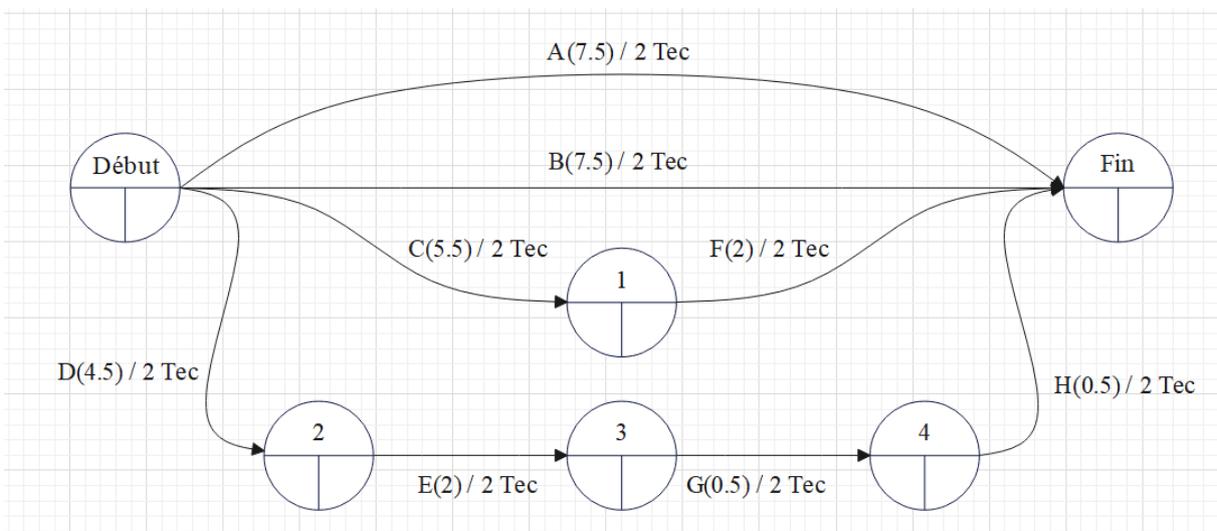
**Fig.III.7 : Réseau PERT VS3 équipe du matin**

**Réseau PERT VS3 équipe du soir**



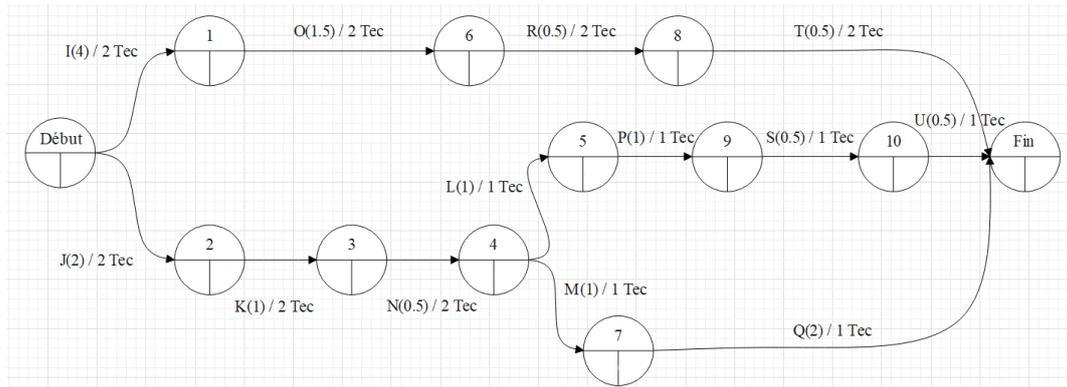
**Fig.III.8 : Réseau PERT VS3 équipe du soir**

**Réseau PERT VS6 équipe du matin**



**Fig.III.9 : Réseau PERT VS6 équipe du matin**

### Réseau PERT VS6 équipe du soir



**Fig.III.10 : Réseau PERT VS6 équipe du soir**

#### III.7.3.5. L'interprétation du réseau

Maintenant que le réseau PERT est modélisé, nous allons pouvoir, grâce à l'estimation de la durée des tâches, déterminer diverses indications concernant la durée de la maintenance préventive et les marges des différentes tâches. Pour cela, nous allons parcourir notre réseau PERT dans les deux sens.

##### III.7.3.5.1. Détermination des heures au plus tôt

Nous allons déterminer les dates au plus tôt de chacune de nos tâches. C'est à dire la date la plus optimiste à laquelle on peut espérer commencer nos tâches.

##### Les heures au plus tôt « VS1 équipe du matin »

- $t_{\text{Début}} = 0$
- $t_1 = \text{Max}(4+0) = 4$
- $t_2 = \text{Max}(2.5+0) = 2.5$
- $t_3 = \text{Max}(1+2.5) = 3.5$
- $t_4 = \text{Max}(1+2.5) = 3.5$
- $t_5 = \text{Max}(1+3.5) = 4.5$
- $t_{\text{Fin}} = \text{Max}(0.5+4, 5.5, 2+3.5, 1+4.5) = 5.5$

**Les heures au plus tôt « VS1 équipe du soir »**

- $t_{\text{Début}} = 0$
- $t_1 = \text{Max}(2+0) = 2$
- $t_2 = \text{Max}(1.5+0) = 1.5$
- $t_3 = \text{Max}(1+0) = 1$
- $t_4 = \text{Max}(0.5+1.5) = 2$
- $t_5 = \text{Max}(1+1.5) = 2.5$
- $t_6 = \text{Max}(0.5+2) = 2.5$
- $t_7 = \text{Max}(0.5+2) = 2.5$
- $t_{\text{Fin}} = \text{Max}(0.5+2.5, 1+2.5, 1+2.5, 1.5+1) = 3.5$

**Les heures au plus tôt « VS3 équipe du matin »**

- $t_{\text{Début}} = 0$
- $t_1 = \text{Max}(2.5+0) = 2.5$
- $t_2 = \text{Max}(1+2.5) = 3.5$
- $t_3 = \text{Max}(1+2.5) = 3.5$
- $t_4 = \text{Max}(1.5+2.5) = 4$
- $t_{\text{Fin}} = \text{Max}(5.5, 5, 0.5+4, 2+3.5) = 5.5$

**Les heures au plus tôt « VS3 équipe du soir »**

- $t_{\text{Début}} = 0$
- $t_1 = \text{Max}(4+0) = 4$
- $t_2 = \text{Max}(1+0) = 1$
- $t_3 = \text{Max}(1+0) = 1$
- $t_4 = \text{Max}(1+1) = 2$
- $t_5 = \text{Max}(1.5+1) = 2.5$
- $t_6 = \text{Max}(2+2.5) = 4.5$
- $t_7 = \text{Max}(1+2) = 3$
- $t_8 = \text{Max}(0.5+4) = 4.5$
- $t_9 = \text{Max}(0.5+3) = 3.5$
- $t_{\text{Fin}} = \text{Max}(0.5+4.5, 0.5+4.5, 0.5+3.5) = 5$

**Les heures au plus tôt « VS6 équipe du matin »**

- $t_{\text{Début}} = 0$
- $t_1 = \text{Max}(5.5+0) = 5.5$
- $t_2 = \text{Max}(4.5+0) = 4.5$
- $t_3 = \text{Max}(2+4.5) = 6.5$
- $t_4 = \text{Max}(0.5+6.5) = 7$
- $t_{\text{Fin}} = \text{Max}(7.5, 7.5, 2+5.5, 0.5+7) = 7.5$

**Les heures au plus tôt « VS6 équipe du soir »**

- $t_{\text{Début}} = 0$
- $t_1 = \text{Max}(4+0) = 4$
- $t_2 = \text{Max}(2+0) = 2$
- $t_3 = \text{Max}(1+2) = 3$
- $t_4 = \text{Max}(0.5+3) = 3.5$
- $t_5 = \text{Max}(1+3.5) = 4.5$
- $t_6 = \text{Max}(1.5+4) = 5.5$
- $t_7 = \text{Max}(1+3.5) = 4.5$
- $t_8 = \text{Max}(0.5+5.5) = 6$
- $t_9 = \text{Max}(1+4.5) = 5.5$
- $t_{10} = \text{Max}(0.5+5.5) = 6$
- $t_{\text{Fin}} = \text{Max}(0.5+6, 0.5+6, 2+4.5) = 6.5$

**III.7.3.5.2. Détermination des heures au plus tard**

On va maintenant parcourir le réseau en ordre inverse, pour déterminer les dates au plus tard des tâches, c'est à dire l'heure maximum à laquelle la tâche doit être finie.

Pour cela, on met comme date au plus tard de l'étape d'arrivée de notre réseau la date au plus tôt précédemment trouvée.

**Les heures au plus tard « VS1 équipe du matin »**

- $T_{Fin} = t_{Fin} = 5.5$
- $T_5 = \text{Min}(5.5-1) = 4.5$
- $T_4 = \text{Min}(4.5-1) = 3.5$
- $t_3 = \text{Min}(5.5-2) = 3.5$
- $t_2 = \text{Min}(3.5-1, 3.5-1) = 2.5$
- $t_1 = \text{Min}(5.5-0.5) = 5$
- $t_{Début} = \text{Min}(5-4, 5.5, 2.5-2.5) = 0$

**Les heures au plus tard « VS1 équipe du soir »**

- $T_{Fin} = t_{Fin} = 3.5$
- $T_7 = \text{Min}(3.5-1) = 2.5$
- $T_6 = \text{Min}(3.5-0.5) = 3$
- $T_5 = \text{Min}(3.5-1) = 2.5$
- $T_4 = \text{Min}(2.5-0.5) = 2$
- $T_3 = \text{Min}(3.5-1.5) = 2$
- $T_2 = \text{Min}(2-0.5, 2.5-1) = 1.5$
- $T_1 = \text{Min}(2.5-0.5) = 2$
- $t_{Début} = \text{Min}(2-2, 1.5-1.5, 2-1) = 0$

**Les heures au plus tard « VS3 équipe du matin »**

- $T_{Fin} = t_{Fin} = 5.5$
- $T_4 = \text{Min}(4.5-0.5) = 4$
- $t_3 = \text{Min}(5.5-2) = 3.5$
- $t_2 = \text{Min}(4-1.5) = 2.5$
- $t_1 = \text{Min}(2.5-1, 3.5-1) = 1.5$
- $t_{Début} = \text{Min}(5.5-5.5, 5.5-5, 1.5-2.5) = 0$

**Les heures au plus tard « VS3 équipe du soir »**

- $T_{Fin} = t_{Fin} = 5$
- $T_9 = \text{Min}(5-0.5) = 4.5$
- $T_8 = \text{Min}(5-0.5) = 4.5$
- $T_7 = \text{Min}(4.5-0.5) = 4$
- $T_6 = \text{Min}(5-0.5) = 4.5$
- $T_5 = \text{Min}(4.5-2) = 2.5$
- $T_4 = \text{Min}(4-1) = 3$
- $T_3 = \text{Min}(3-1) = 2$
- $T_2 = \text{Min}(2.5-1.5) = 1$
- $T_1 = \text{Min}(4.5-0.5) = 4$
- $t_{Début} = \text{Min}(4-4, 1-1, 2-1) = 0$

**Les heures au plus tard « VS6 équipe du matin »**

- $T_{Fin} = t_{Fin} = 7.5$
- $T_4 = \text{Min}(7.5-0.5) = 7$
- $t_3 = \text{Min}(7-0.5) = 6.5$
- $t_2 = \text{Min}(6.5-2) = 4.5$
- $t_1 = \text{Min}(7.5-2) = 5.5$
- $t_{Début} = \text{Min}(7.5, 7.5, 5.5-5.5, 4.5-4.5) = 0$

**Les heures au plus tard « VS6 équipe du soir »**

- $T_{Fin} = t_{Fin} = 6.5$
- $T_{10} = \text{Min}(6.5-0.5) = 6$
- $T_9 = \text{Min}(6-0.5) = 5.5$
- $T_8 = \text{Min}(6.5-0.5) = 6$
- $T_7 = \text{Min}(6.5-2) = 4.5$
- $T_6 = \text{Min}(6-0.5) = 5.5$
- $T_5 = \text{Min}(5.5-1) = 4.5$
- $T_4 = \text{Min}(4.5-1) = 3.5$
- $T_3 = \text{Min}(3.5-0.5) = 3$
- $T_2 = \text{Min}(3-1) = 2$
- $T_1 = \text{Min}(5.5-1.5) = 4$
- $t_{Début} = \text{Min}(4-4, 2-2) = 0$

### III.7.3.6. Résultat

À la fin, nous obtenons les graphes finaux

#### Réseau PERT VS1 équipe du matin

Remarque : Les tâches seront finies au plus tôt dans 5 heure 30 minute

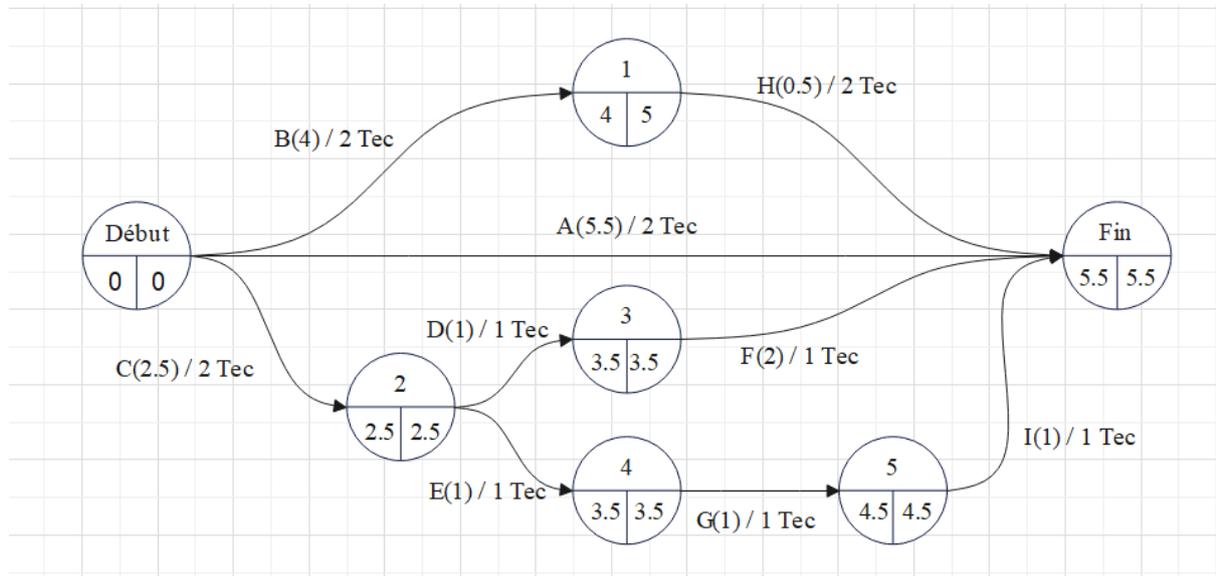


Fig.III.11 : Réseau PERT complet VS1 équipe du matin

#### Réseau PERT VS1 équipe du soir

Remarque : Les tâches seront finies au plus tôt dans 3 heure 30 minute

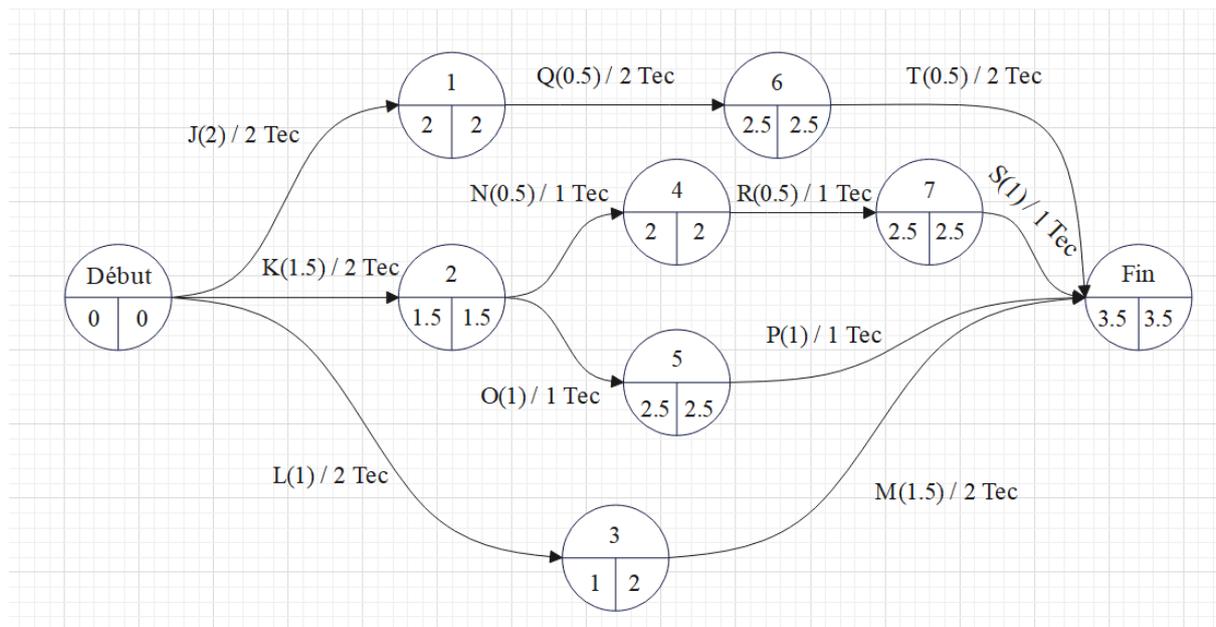
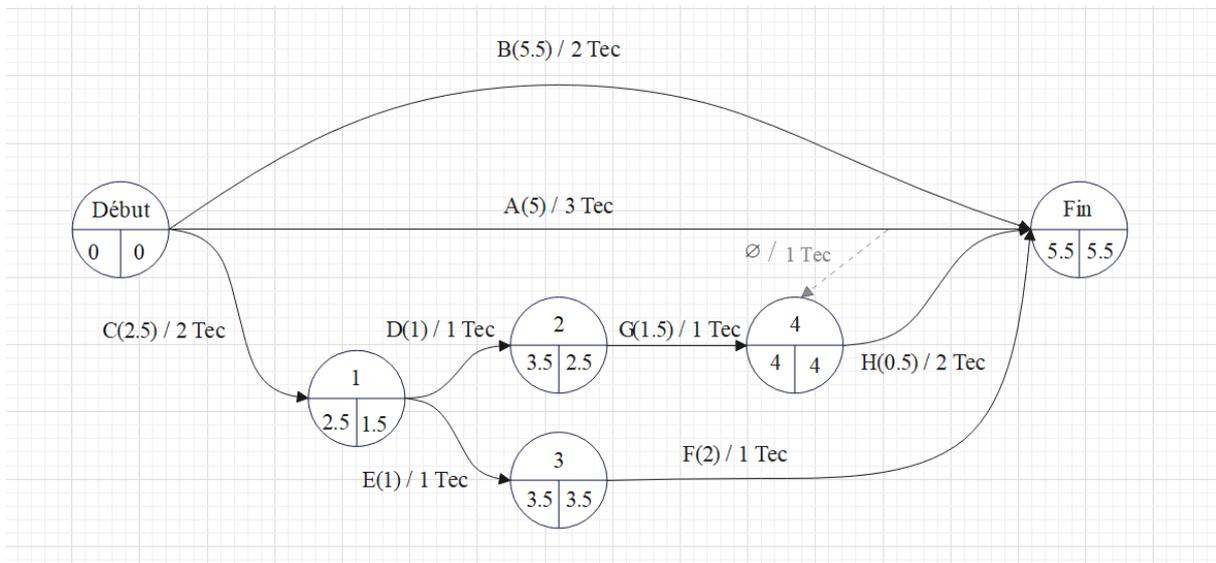


Fig.III.12 : Réseau PERT complet VS1 équipe du soir

**Réseau PERT VS3 équipe du matin**

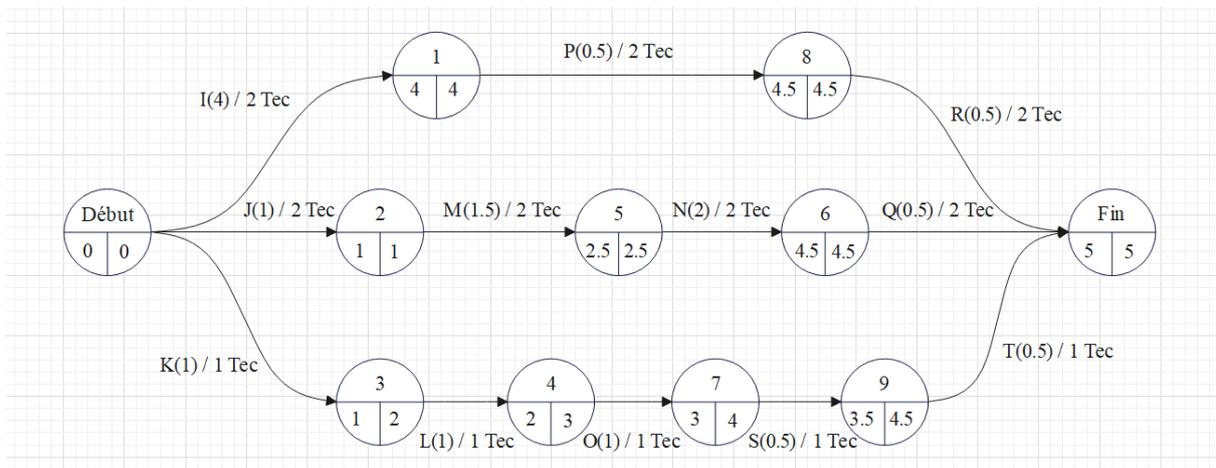
Remarque : Les tâches seront finies au plus tôt dans 5 heure 30 minute



**Fig.III.13 : Réseau PERT complet VS3 équipe du matin**

**Réseau PERT VS3 équipe du soir**

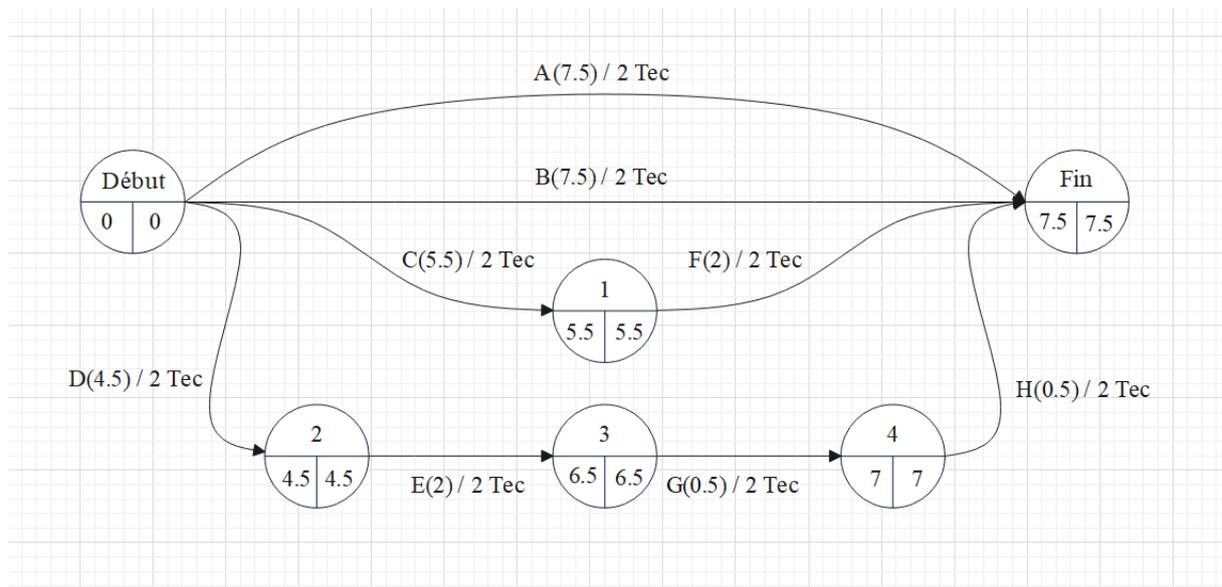
Remarque : Les tâches seront finies au plus tôt dans 5 heure



**Fig.III.14 : Réseau PERT complet VS3 équipe du soir**

**Réseau PERT VS6 équipe du matin**

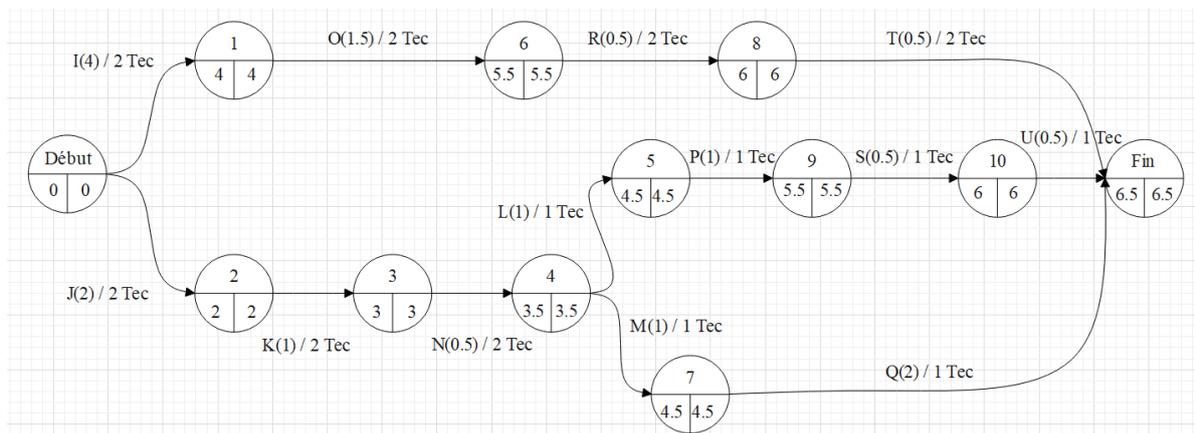
Remarque : Les tâches seront finies au plus tôt dans 7 heure 30 minute



**Fig.III.15 : Réseau PERT complet VS6 équipe du matin**

**Réseau PERT VS6 équipe du soir**

Remarque : Les tâches seront finies au plus tôt dans 6 heure 30 minute



**Fig.III.16 : Réseau PERT complet VS6 équipe du soir**

### III.7.3.7. Détermination du chemin critique

Une fois les dates au plus tôt et les dates au plus tard renseignées, le chemin critique qui contient les tâches critiques apparaît clairement. Il passe par les étapes dont la date au plus tôt est égale à la date au plus tard.

#### Réseau PERT VS1 équipe du matin

- Le premier chemin critique peut inclure la tâche A
- Le deuxième chemin critique peut inclure les tâches C, D et F
- Le troisième chemin critique peut inclure les tâches C, E, G et I

On a noté qu'il y a trois chemin critique n'acceptent pas le retard.

#### Réseau PERT VS1 équipe du soir

- Le premier chemin critique peut inclure les tâches J, Q et T
- Le deuxième chemin critique peut inclure les tâches K, N, R et S
- Le troisième chemin critique peut inclure les tâches K, O et P

On a noté qu'il y a trois chemin critique n'acceptent pas le retard.

#### Réseau PERT VS3 équipe du matin

- Le chemin critique peut inclure la tâche B

On a noté qu'il y a un chemin critique n'acceptent pas le retard.

#### Réseau PERT VS3 équipe du soir

- Le premier chemin critique peut inclure les tâches I, P et R
- Le deuxième chemin critique peut inclure les tâches J, M, N et Q

On a noté qu'il y a deux chemin critique n'acceptent pas le retard.

#### Réseau PERT VS6 équipe du matin

- Le premier chemin critique peut inclure la tâche A
- Le deuxième chemin critique peut inclure la tâche B
- Le troisième chemin critique peut inclure les tâches C et F
- Le quatrième chemin critique peut inclure les tâches D, E, G et H

On a noté que toutes les tâches n'acceptent pas le retard (chemin critique).

### Réseau PERT VS6 équipe du soir

- Le premier chemin critique peut inclure les tâches I, O, R et T
- Le deuxième chemin critique peut inclure les tâches J, K, L, N, P, S et U
- Le troisième chemin critique peut inclure les tâches J, K, L, N et Q
- Le quatrième chemin critique peut inclure les tâches J, K, M, P, S et U
- Le cinquième chemin critique peut inclure les tâches J, K, M, et Q

On a noté que toutes les tâches n'acceptent pas le retard (chemin critique).

**Remarque :** Tout retard sur l'une de ces tâches entraînera un retard systématique sur l'ensemble des tâches. Il convient donc de s'assurer d'avoir les ressources nécessaires pour terminer ces étapes en temps et en heure.

#### III.7.3.8. Marges libres

Nous pouvons maintenant utiliser le réseau obtenu pour déterminer les marges libres des tâches du projet. Une tâche peut être décalée de la durée de sa marge libre sans avoir d'incidence sur les autres tâches. Si la marge libre est dépassée alors les dates de début d'autres tâches en aval seront décalées.

La marge libre s'obtient de la façon suivante :

$$t_j - t_i - \text{durée (h)}$$

Pour notre étude de cas, on obtient les tableaux suivants :

#### Marge libre VS1 équipe du matin :

**Tableau.III.6 : Marge libre VS1 équipe du matin**

Marge libre VS1 équipe du matin				
Tache	t <sub>j</sub>	t <sub>i</sub>	Durée (h)	Marge libre
A	5.5	0	5.5	0
B	4	0	4	0
C	2.5	0	2.5	0
D	3.5	2.5	1	0
E	3.5	2.5	1	0
F	5.5	3.5	2	0
G	4.5	3.5	1	0
H	5.5	4	0.5	1
I	5.5	4.5	1	0

On a noté que l'heure de début de la tâche H peut être décalée de 1 heure sans avoir d'incidence sur les autres tâches.

### Marge libre VS1 équipe du soir :

**Tableau.III.7 : Marge libre VS1 équipe du soir**

Marge libre VS1 équipe du soir				
Tache	tj	ti	Durée (h)	Marge libre
J	2	0	2	0
K	1.5	0	1.5	0
L	1	0	1	0
M	3.5	1	1.5	1
N	2	1.5	0.5	0
O	2.5	1.5	1	0
P	3.5	2.5	1	0
Q	2.5	2	0.5	0
R	2.5	2	0.5	0
S	3.5	2.5	1	0
T	3.5	2.5	0.5	0.5

On a noté que l'heure de début de la tâche M peut être décalée de 1 heure et la tâche T peut être décalée de 30 minute sans avoir d'incidence sur les autres tâches.

### Marge libre VS3 équipe du matin :

**Tableau.III.8 : Marge libre VS3 équipe du matin**

Marge libre VS3 équipe du matin				
Tache	tj	ti	Durée (h)	Marge libre
A	5.5	0	5	0.5
B	5.5	0	5.5	0
C	2.5	0	2.5	0
D	3.5	2.5	1	0
E	3.5	2.5	1	0
F	5.5	3.5	2	0
G	4	2.5	1.5	0
H	5.5	4	0.5	1

On a noté que l'heure de début de la tâche A peut-être décalée de 30 minute et la tâche H peut être décalée de 1 heure sans avoir d'incidence sur les autres tâches.

**Marge libre VS3 équipe du soir :****Tableau.III.9 : Marge libre VS3 équipe du soir**

Marge libre VS3 équipe du soir				
Tache	tj	ti	Durée (h)	Marge libre
I	4	0	4	0
J	1	0	1	0
K	1	0	1	0
L	2	1	1	0
M	2.5	1	1.5	0
N	4.5	2.5	2	0
O	3	2	1	0
P	4.5	4	0.5	0
Q	5	4.5	0.5	0
R	5	4.5	0.5	0
S	3.5	3	0.5	0
T	5	3.5	0.5	1

On a noté que l'heure de début de la tâche T peut être décalée de 1 heure sans avoir d'incidence sur les autres tâches.

**Marge libre VS6 équipe du matin :****Tableau.III.10 : Marge libre VS6 équipe du matin**

Marge libre VS6 équipe du matin				
Tache	tj	ti	Durée (h)	Marge libre
A	7.5	0	7.5	0
B	7.5	0	7.5	0
C	5.5	0	5.5	0
D	4.5	0	4.5	0
E	6.5	4.5	2	0
F	7.5	5.5	2	0
G	7	6.5	0.5	0
H	7.5	7	0.5	0

On a noté que il'y a aucune tâche avoir d'incidence sur les autres tâches.

**Marge libre VS6 équipe du soir :****Tableau.III.11 : Marge libre VS6 équipe du soir**

Marge libre VS6 équipe du soir				
Tache	tj	ti	Durée (h)	Marge libre
I	4	0	4	0
J	2	0	2	0
K	3	2	1	0
L	4	3	1	0
M	4.5	3.5	1	0
N	4.5	4	0.5	0
O	5.5	4	1.5	0
P	5.5	4.5	1	0
Q	6.5	4.5	2	0
R	6	5.5	0.5	0
S	6	5.5	0.5	0
T	6.5	6	0.5	0
U	6.5	6	0.5	0

On a noté que l'heure de début de la tâche M peut être décalée de 30 minute sans avoir d'incidence sur les autres tâches.

**III.7.3.9. Marges totales**

Enfin, nous déterminons les marges totales de chaque tâche. Si la marge totale d'une tâche est dépassée, l'intégralité du projet prend du retard.

Les marges totales s'obtiennent de la façon suivante :

$$T_j - t_i - \text{durée (h)}$$

Pour notre étude de cas, on obtient les tableaux suivants :

**Marge totale VS1 équipe du matin :****Tableau.III.12 : Marge totale VS1 équipe du matin**

Marge totale VS1 équipe du matin				
Tache	T <sub>j</sub>	t <sub>i</sub>	Durée (h)	Marge totale
A	5.5	0	5.5	0
B	5	0	4	1
C	2.5	0	2.5	0
D	3.5	2.5	1	0
E	3.5	2.5	1	0
F	5.5	3.5	2	0
G	4.5	3.5	1	0
H	5.5	4	0.5	1
I	5.5	4.5	1	0

**Marge totale VS1 équipe du soir :****Tableau.III.13 : Marge totale VS1 équipe du soir**

Marge totale VS1 équipe du soir				
Tache	T <sub>j</sub>	t <sub>i</sub>	Durée (h)	Marge totale
J	2	0	2	0
K	1.5	0	1.5	0
L	2	0	1	1
M	3.5	1	1.5	1
N	2	1.5	0.5	0
O	2.5	1.5	1	0
P	3.5	2.5	1	0
Q	2.5	2	0.5	0
R	2.5	2	0.5	0
S	3.5	2.5	1	0
T	3.5	2.5	0.5	0.5

**Marge totale VS3 équipe du matin :****Tableau.III.14 : Marge totale VS3 équipe du matin**

Marge totale VS3 équipe du matin				
Tache	T <sub>j</sub>	t <sub>i</sub>	Durée (h)	Marge totale
A	5.5	0	5	0.5
B	5.5	0	5.5	0
C	2.5	0	2.5	0
D	3.5	2.5	1	0
E	3.5	2.5	1	0
F	5.5	3.5	2	0
G	4	2.5	1.5	0
H	5.5	4	0.5	1

**Marge totale VS3 équipe du soir :****Tableau.III.15 : Marge totale VS3 équipe du soir**

Marge totale VS3 équipe du soir				
Tache	Tj	ti	Durée (h)	Marge totale
I	4	0	4	0
J	1	0	1	0
K	2	0	1	1
L	3	1	1	1
M	2.5	1	1.5	0
N	4.5	2.5	2	0
O	4	2	1	1
P	4.5	4	0.5	0
Q	5	4.5	0.5	0
R	5	4.5	0.5	0
S	4.5	3	0.5	1
T	5	3.5	0.5	1

**Marge totale VS6 équipe du matin :****Tableau.III.16 : Marge totale VS6 équipe du matin**

Marge totale VS6 équipe du matin				
Tache	Tj	ti	Durée (h)	Marge totale
A	7.5	0	7.5	0
B	7.5	0	7.5	0
C	5.5	0	5.5	0
D	4.5	0	4.5	0
E	6.5	4.5	2	0
F	7.5	5.5	2	0
G	7	6.5	0.5	0
H	7.5	7	0.5	0

**Marge totale VS6 équipe du soir :****Tableau.III.17 : Marge totale VS6 équipe du soir**

Marge totale VS6 équipe du soir				
Tache	Tj	ti	Durée (h)	Marge totale
I	4	0	4	0
J	2	0	2	0
K	3	2	1	0
L	4	3	1	0
M	4.5	3.5	1	0
N	4.5	4	0.5	0
O	5.5	4	1.5	0
P	5.5	4.5	1	0
Q	6.5	4.5	2	0
R	6	5.5	0.5	0
S	6	5.5	0.5	0
T	6.5	6	0.5	0
U	6.5	6	0.5	0

**Remarque :** Logiquement, seules les tâches critiques n'ont pas de marge totale.

**III.7.4. Diagramme de Gantt**

Une fois le réseau PERT établi, il est possible de modéliser les tâches sous forme de diagramme de GANTT.

Voici la planification des tâches et des ressources pour le programme de visite sécurité (VS 1, VS 3, VS 6) dans la maintenance préventive, Il convient de noter que le temps de pause déjeuner et le temps pour se rendre au stock, estimés à une demi-heure chacun, n'ont pas été pris en compte.

### Planification des taches VS1 équipe du matin

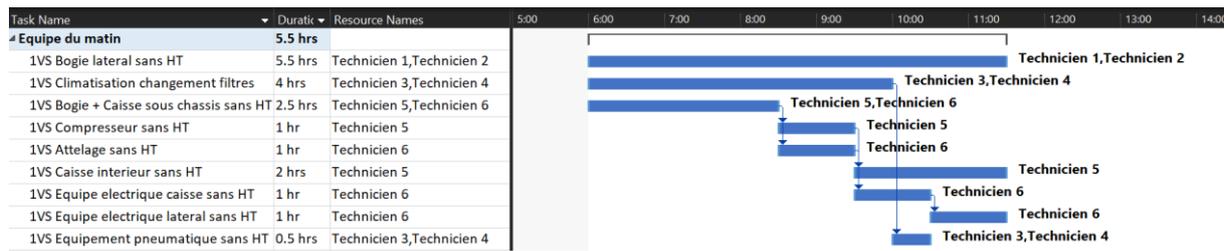


Fig.III.17 : Planification des taches VS1 équipe du matin

On a noté qu’une équipe composée de six techniciens suffit pour accomplir les tâches du matin en un temps ne dépassant pas cinq heures et demie sur un total de sept heures.

### Planification des taches VS1 équipe du soir

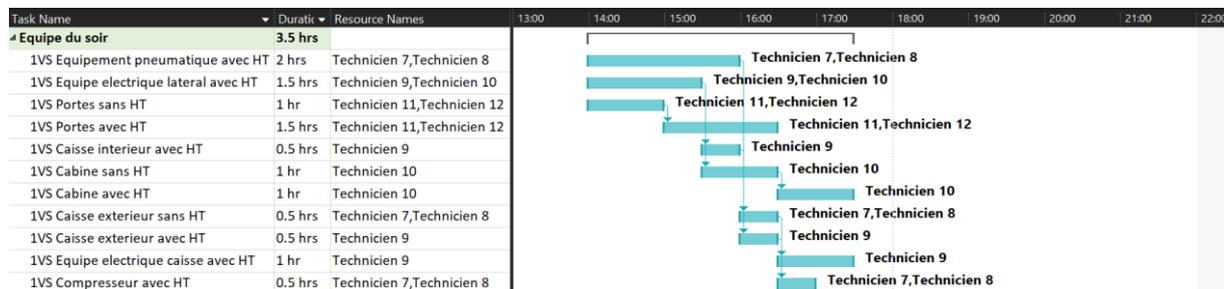


Fig.III.18 : Planification des taches VS1 équipe du soir

On a noté qu’une équipe composée de six techniciens suffit pour accomplir les tâches du soir en un temps ne dépassant pas trois heures et demie sur un total de sept heures.

### Planification des taches VS3 équipe du matin

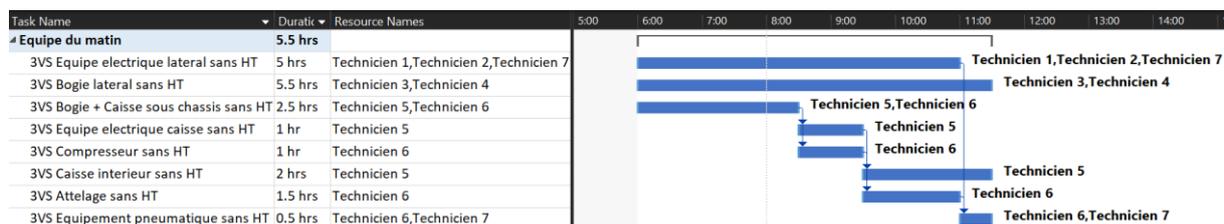


Fig.III.19 : Planification des taches VS3 équipe du matin

On a noté qu’une équipe composée de sept techniciens suffit pour accomplir les tâches du matin en un temps ne dépassant pas cinq heures et demie sur un total de sept heures.

### Planification des taches VS3 équipe du soir

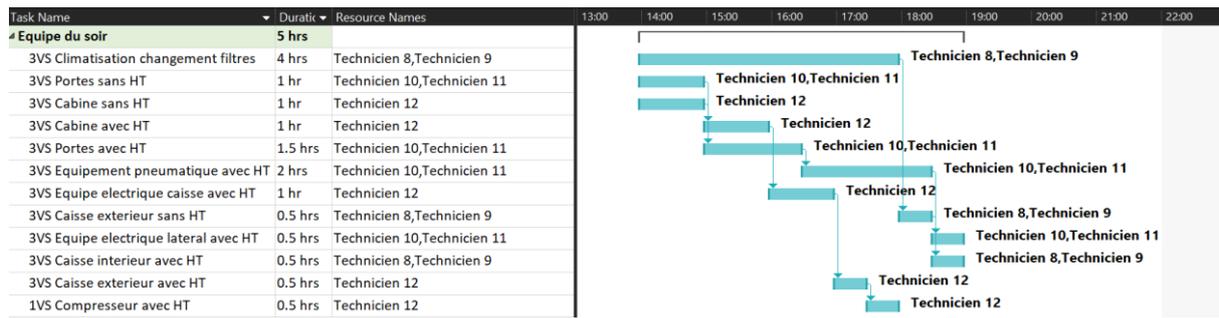


Fig.III.20 : Planification des taches VS3 équipe du soir

On a noté qu’une équipe composée de cinq techniciens suffit pour accomplir les tâches du soir en un temps ne dépassant pas cinq heures sur un total de sept heures.

### Planification des taches VS6 équipe du matin

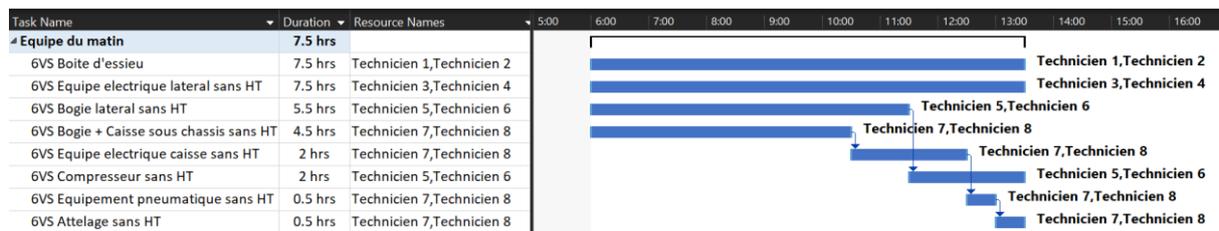


Fig.III.21 : Planification des taches VS6 équipe du matin

On a noté qu’une équipe composée de huit techniciens suffit pour accomplir les tâches du matin en un temps ne dépassant pas sept heures et demie sur un total de sept heures.

### Planification des taches VS6 équipe du soir

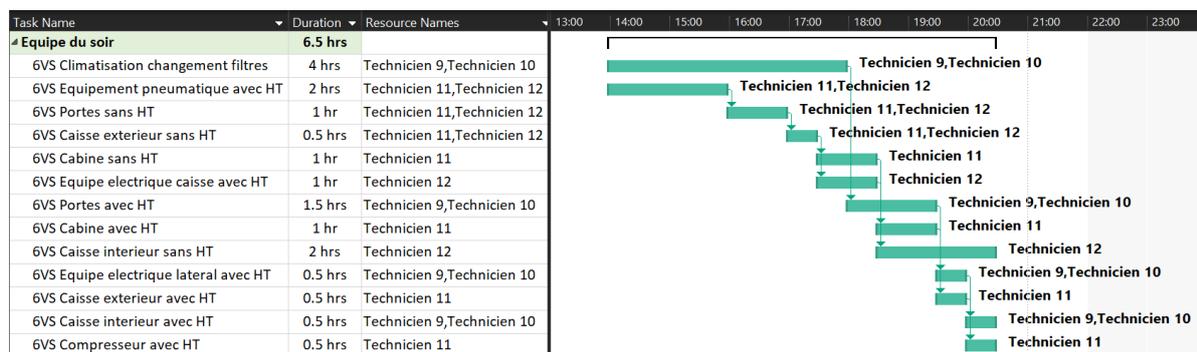


Fig.III.22 : Planification des taches VS6 équipe du soir

On a noté qu’une équipe composée de quatre techniciens suffit pour accomplir les tâches du soir en un temps ne dépassant pas six heures et demie sur un total de sept heures.

### III.7.5. Interprétation des diagrammes

Les diagrammes de Gantt montrent diverses tâches, telles que « 1VS Bogie latéral sans HT » «3VS Caisse intérieur sans HT » et « 6VS Portes avec HT » Chaque tâche est liée aux heures par exemple 5,5 heures, 1 heure, etc.

Les techniciens étaient numérotés de 1 à 12. On leur assigne différentes tâches. Par exemple, les techniciens 1 et 2 travaillent sur la tâche « 1VS Bogie latéral sans HT », tandis que les techniciens 3 et 4 sont responsables sur la tâche «1VS Climatisation changement filtres ».

Les barres horizontales représentent les dates de début et de fin de chaque tâche, ce qui vous permet de visualiser la séquence des activités et de planifier en conséquence.

La période du matin et du soir était représentée pour chaque type de visite de sécurité VS1, VS3, VS6.

Nous notons que la planification des visites de sécurité VS1, VS3 est presque la même en ce qui concerne le nombre d'heures travaillées et la durée du travail sur les tâches, par opposition à la visite de sécurité VS6 dont les tâches prennent plus de temps et plus d'heures travaillées.

Les plans de Gantt pour la visite de sécurité montrent VS1 le nombre de techniciens aptes à effectuer des tâches est de 6 techniciens le matin et 6 techniciens le soir.

Les schémas Gantt pour la visite de sécurité montrent que le nombre de techniciens adaptés à l'exécution des tâches est de 7 techniciens le matin et 5 techniciens le soir. Le technicien numéro sept a été transféré à la période du matin afin d'améliorer le travail parce qu'il y a une tâche qui demande beaucoup de temps « Equipe électrique lateral sans HT ».

Les plans de Gantt pour la visite de sécurité montrent que le nombre de techniciens adaptés à la réalisation des missions est de 8 techniciens le matin et 4 techniciens le soir. Les techniciens numéro sept et huit ont été déplacés à la période du matin afin d'améliorer le travail en raison de la présence d'une nouvelle tâche dans le calendrier des tâches qui nécessite beaucoup de temps « Boite d'essieu » en plus d'autres tâches qui doivent être terminées.

Les diagrammes de Gantt précédents peuvent être utilisés pour coordonner les tâches, allouer des ressources et suivre l'avancement du projet. Par exemple, le technicien numéro trois dans la VS1 est occupé jusqu'à 10:30 h, vous pouvez lui assigner d'autres tâches après cette heure.

### III.7.6. Analyse des résultats

L'objectif de notre étude est de comparer la méthode traditionnelle de travail des techniciens avec l'approche d'organisation et de planification des tâches. Nous souhaitons déterminer laquelle de ces deux méthodes donne de meilleurs résultats. Pour ce faire, nous avons formulé la problématique suivante :

**En quoi permet l'utilisation des méthodes organisationnelles afin d'améliorer l'efficacité de la maintenance préventive par rapport à la méthode d'organisation émise par l'expérience du technicien ?**

En comparant le temps nécessaire pour accomplir les tâches par rapport au nombre d'heures de travail estimé à huit heures par technicien, nous avons ensuite calculé le taux de rentabilité. Enfin, nous avons procédé à la comparaison.

D'après les diagrammes de Gantt obtenus on peut déterminer les taux de profit dans le temps. Dans notre cas d'étude nous allons utiliser les données suivantes :

- Total des heures : 8 heures
- Le repos : 30 minutes
- Aller au magasin : 30 minutes
- Les heures de travail :  $(8h - 30min - 30min = 7h) = 7$  heures

#### III.7.5.1. Calcule les Taux de gain de temps

La formule générale est la suivante :

$$T\% = (\text{Temp gagné} / \text{Les heures de travail}) \times 100$$

#### Calcule VS1 équipe du matin

D'après « Fig.III.19 » nous remarquons que les heures de travail réelles sont 5h 30min, donc le temp gagné est 1h 30min.

La formule :

$$T\% = (1.5 / 7) \times 100 = 21.42\%$$

Nous trouvons que le taux de gain de temps pour VS1 équipe du matin est 21.42%.

**Calcule VS1 équipe du soir**

D'après « **Fig.III.20** » nous remarquons que les heures de travail réelles sont 3h 30min, donc le temp gagné est 3h 30min.

La formule :

$$T\% = (3.5 / 7) \times 100 = 50\%$$

Nous trouvons que le taux de gain de temps pour VS1 équipe du soir est 50%.

**Calcule VS3 équipe du matin**

D'après « **Fig.III.21** » nous remarquons que les heures de travail réelles sont 5h 30min, donc le temp gagné est 1h 30min.

La formule :

$$T\% = (1.5 / 7) \times 100 = 21.42\%$$

Nous trouvons que le taux de gain de temps pour VS3 équipe du matin est 21.42%.

**Calcule VS3 équipe du soir**

D'après « **Fig.III.22** » nous remarquons que les heures de travail réelles sont 5h, donc le temp gagné est 2h.

La formule :

$$T\% = (2 / 7) \times 100 = 28.57\%$$

Nous trouvons que le taux de gain de temps pour VS3 équipe du soir est 28.57%.

**Calcule VS6 équipe du matin**

D'après « **Fig.III.23** » nous remarquons qu'il n'y a pas un gain de temps, mais la planification des tâches était complète. Pour se rendre au magasin, nous avons suggéré que le Chef d'équipe puisse intervenir.

**Calcule VS6 équipe du soir**

D'après « **Fig.III.24** » nous remarquons que les heures de travail réelles sont 6h 30min, donc le temp gagné est 30min.

La formule :

$$T\% = (0.5 / 7) \times 100 = 7.14\%$$

Nous trouvons que le taux de gain de temps pour VS6 équipe du soir est 7.14%.

### III.7.5.2. Rapport

Nous concluons que l'application de la planification aux tâches de maintenance préventive a un impact significatif sur l'organisation du travail, l'amélioration de la qualité et la détection des lacunes à réparer, nous avons également constaté, grâce à nos résultats, qu'il y a du temps perdu sans bénéfice qui pourrait être exploité. Par conséquent, l'entreprise doit prendre en compte cet aspect afin de maximiser l'utilisation de ses ressources.

### III.7.7. Planification des ressources

Un technicien peut être affecté à plusieurs tâches qui se déroulent en séquentielle. Si à un moment donné, la somme des affectations dépasse le nombre d'unités du technicien, le programme détecte une surutilisation des ressources. De même, le Graphe des ressources permet de déterminer avec précision la surcharge du technicien.

En utilisant team planner dans logiciel MSProject

### Planification des ressources VS1

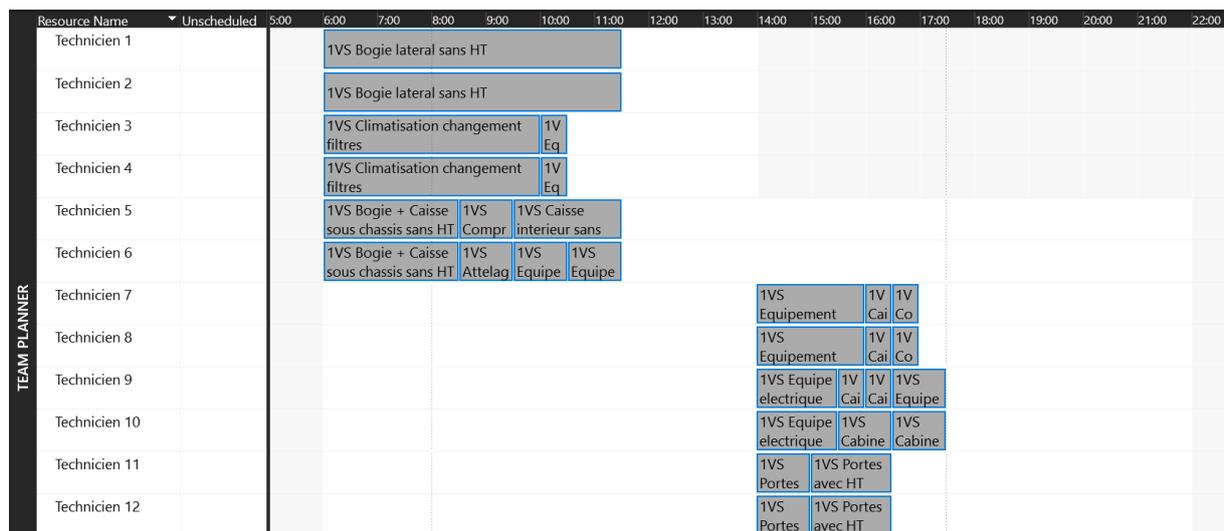


Fig.III.23 : Planification des ressources VS1

### Planification des ressources VS3

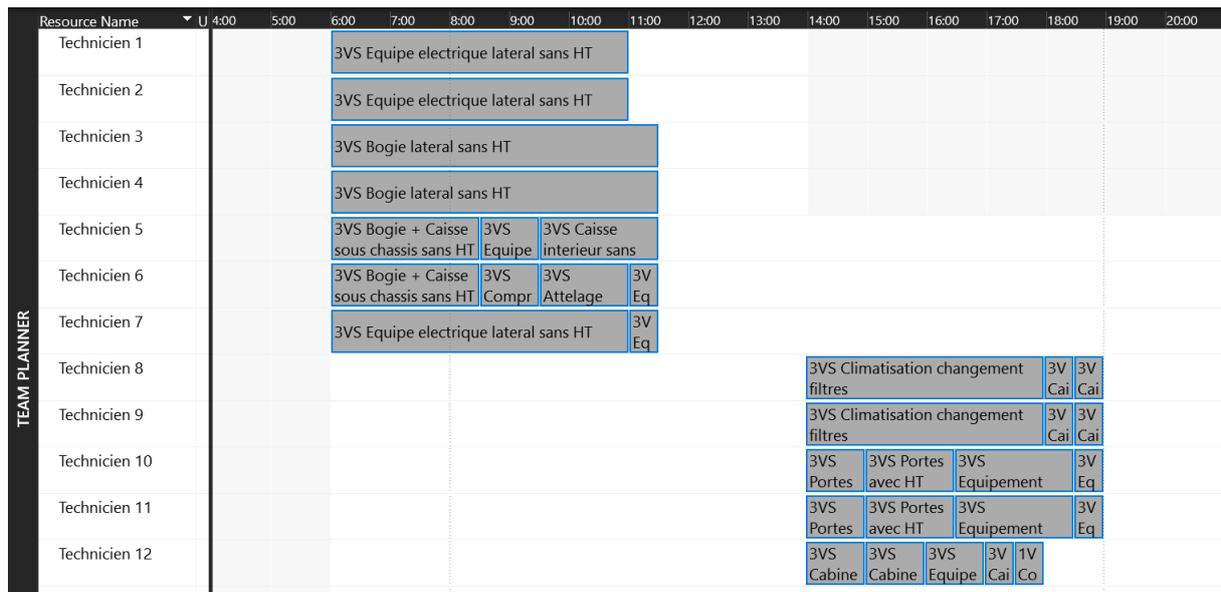


Fig.III.24 : Planification des ressources VS3

### Planification des ressources VS6

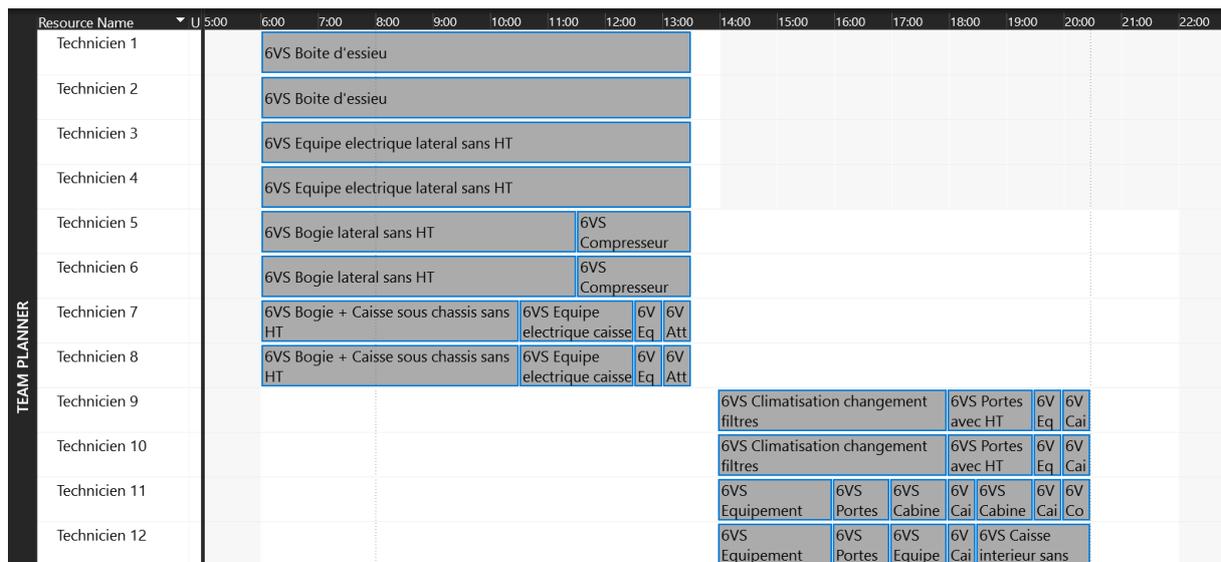


Fig.III.25 : Planification des ressources VS6

### III.7.8. Interprétation

Sur ces figures on peut déduire les temps alloués de chaque technicien et aussi les heures exacts de l'exécution des tâches de la maintenance préventive.

Lors de la visite de sécurité VS1, nous constatons que les techniciens 3 et 4 terminent leurs tâches du matin une heure avant les autres techniciens. En soirée, les techniciens 11 et 12

terminent leurs tâches du soir une heure avant les autres techniciens, tandis que les techniciens 7 et 8 terminent leurs tâches du soir une demi-heure avant les techniciens 9 et 10.

En ce qui concerne la visite de sécurité VS3, nous remarquons que les techniciens 1 et 2 ont terminé leurs tâches du matin une demi-heure avant les autres techniciens. Le soir, le technicien numéro 12 a terminé ses tâches une heure avant les autres techniciens.

Lors de la visite de sécurité VS6, nous constatons que tous les techniciens terminent leurs tâches en même temps, c'est-à-dire qu'aucun technicien ne termine ses tâches avant les autres.

En résumé, malgré le gain de temps calculé, il y a encore du temps perdu entre les techniciens lorsqu'ils terminent leurs tâches avant les autres. Ce temps libre pourrait être utilisé pour d'autres tâches contribuant à l'amélioration et au développement de la qualité de la maintenance préventive, ou les techniciens pourraient être réaffectés pour renforcer la maintenance d'autres tâches, en fonction du type de tâches effectuées.

### **III.8. Solution proposée**

Étant donné que nous avons un problème de temps libre dans le calendrier d'exécution des tâches de maintenance préventive, nous pouvons proposer la solution suivante :

- Insérer de nouvelles tâches ou améliorer d'anciennes tâches pour inclure un champ d'application plus large.

Cette approche permet de combler le vide dans le tableau des tâches de maintenance préventive, en optimisant l'utilisation des ressources et en améliorant l'efficacité globale du processus.

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

Dans ce chapitre, nous avons planifié les tâches de maintenance préventive pour la société de métro d'Alger en utilisant la méthode Gantt et le PERT afin de comparer les résultats avec la méthode traditionnelle adoptée par les techniciens dans leur travail, qui consiste uniquement à s'appuyer sur leur expérience. Nous avons ainsi fourni à la société un planning approprié et garanti une surveillance facile, efficace et rapide de l'exécution des tâches.

Sur la base de nos résultats, nous avons constaté que l'utilisation de méthodes organisationnelles pour la planification et l'ordonnancement des tâches de maintenance préventive donne de bons résultats et permet d'avoir une vue d'ensemble des capacités disponibles. Par conséquent, il est possible d'améliorer le travail de l'équipe de maintenance préventive, de le développer et d'exploiter pleinement le temps disponible.

En conclusion de notre étude, nous pouvons dire que l'utilisation de méthodes organisationnelles pour la planification et l'amélioration de la maintenance préventive a un impact significatif sur le développement du travail et l'utilisation optimale du temps, contrairement aux méthodes traditionnelles qui reposent uniquement sur l'expérience.

## **CONCLUSION GENERALE**

Dans cette étude, nous avons appliqué des méthodes organisationnelles tel que le diagramme de Gantt et la méthode PERT, pour améliorer l'efficacité de la maintenance préventive par rapport aux méthodes traditionnelles basées uniquement sur l'expérience des techniciens.

Nous avons formulé plusieurs hypothèses et exploré les avantages de l'ordonnancement de la maintenance préventive.

Notre hypothèse selon laquelle l'absence d'ordonnancement peut entraîner une détérioration de la qualité de la maintenance a été confirmée. L'ordonnancement joue un rôle crucial dans l'efficacité globale du processus de maintenance.

Nous avons identifié que l'utilisation de méthodes organisationnelles telles que la méthode PERT et le diagramme de Gantt peut améliorer l'ordonnancement des tâches dans la maintenance préventive. Ces outils permettent une meilleure planification, allocation des ressources et suivi des activités.

Après avoir comparé la réalisation des tâches effectuée par les techniciens avec l'ordonnancement optimal des tâches, nous avons constaté des différences significatives en termes d'efficacité et de productivité. L'ordonnancement optimal permet d'éviter les temps morts et d'optimiser l'utilisation des ressources.

Pour aller plus loin, envisagez d'intégrer des outils de suivi en temps réel, d'automatiser certaines tâches et d'impliquer davantage les techniciens dans le processus d'ordonnancement. Une approche collaborative peut renforcer l'efficacité globale de la maintenance.

En terminons, l'application des méthodes d'ordonnancement est essentielle pour optimiser la maintenance préventive dans le métro d'Alger. En adoptant ces pratiques, vous contribuerez à la sécurité, à la fiabilité et à la satisfaction des usagers.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- [1] Dr.Hakim Siguerdjidjen. Polycopie de cours de gestion de la maintenance et de la production. Université M'hamed Bougara Boumerdes, (Umbb) 2023.
- [2] Landolsi Foued, Cours De Techniques De Surveillance Partie 'Mesure Vibratoire En Niveau Global',2010.
- [3] Jean - Claude Fracastel, Externalisation De La Maintenance Méthodes Et Contrats, Dunod Paris ,2002.
- [4] François .M Et Jean-Pierre Vernier, La Maintenance Méthodes Et Organisation, Dunod Paris, 2000- 2003
- [5] Syla, Mlle HAMMAMI, And Mlle MAZOUZI Aziza. "La Distribution Des Produits Agro-Alimentaires Cas Pratique : CEVITAL De Bejaia."
- [6] Organilog, 'Avantages De La Maintenance Préventive', Fr.Organilog.Com/20671-Avantages-Maintenance-Preventive.
- [7] Infraspak, 'La Maintenance Préventive', Blog.Infraspak.Com/Fr/La-Maintenance-Preventive, 2024.
- [8] Mobility Work, 'Comment Optimiser La Maintenance Logistique Et Transport', Mobility-Work.Com/Fr/Blog/Comment-Optimiser-Maintenance-Logistique-Transport, 2021.
- [9] Antoine, Kacou. Methode Pert (Program Evaluation And Review Technic). Editions Universitaires E, 2021.
- [10] Wikipedia, 'PERT', Fr.Wikipedia.Org/Wiki/PERT, 2023.
- [11] Wrike, 'Qu'est-Ce Que La Méthode PERT, En Gestion De Projet ?', Wrike.Com/Blog/Qu'est-Ce-Que-La-Méthode-PERT-En-Gestion-De-Projet, 2023.
- [12] Moreauva.Scenari, 'Méthode PERT', Moreauva.Scenari.Com/Méthode-PERT, 2015.
- [13] Nathan Cavet, 'Gestion De Projet', Appvizer.Com/Blog/Gestion-De-Projet, 2021.
- [14] Bubble Plan, 'Logiciel De Gestion De Projet', Bubbleplan.Net/Logiciel-De-Gestion-De-Projet, 2020 .
- [15] Thierry Verlynde, 'Chef De Projet Performant', Thierryverlynde.Com/Chef-De-Projet-Performant, 2023.

- [16] Khorum, 'Intérêt Méthode PERT Avantages', [Khorum.Com/Interet-Methode-Pert-Avantages](https://Khorum.Com/Interet-Methode-Pert-Avantages), 2021.
- [17] Blogdumoderateur, 'Une méthode pour gérer l'ordonnancement dans un projet', [blogdumoderateur.com/une-methode-pour-gerer-l'ordonnancement-dans-un-projet](https://blogdumoderateur.com/une-methode-pour-gerer-l-ordonnancement-dans-un-projet), 2024.
- [18] Everlaab, 'Diagramme de Gantt', [everlaab.com/Diagramme-de-Gantt](https://everlaab.com/Diagramme-de-Gantt), 2024.
- [19] Thibault Baheux, 'Planification de projet', [thibaultbaheux.com/Planification-de-projet](https://thibaultbaheux.com/Planification-de-projet).
- [20] Lucidchart, '7 alternatives aux diagrammes de gantt', [lucidchart.com/blog/7-alternatives-aux-diagrammes-de-gantt](https://lucidchart.com/blog/7-alternatives-aux-diagrammes-de-gantt), 2022.
- [21] Diana Ramos, 'Les avantages et les limites des diagrammes de Gantt dans la gestion de projets', [dianaramos.com/Les-avantages-et-les-limites-des-diagrammes-de-Gantt-dans-la-gestion-de-projets](https://dianaramos.com/Les-avantages-et-les-limites-des-diagrammes-de-Gantt-dans-la-gestion-de-projets), 2021.
- [22] Planzone, 'Gestion des tâches', [planzone.fr/Gestion-des-taches](https://planzone.fr/Gestion-des-taches), 2017.
- [23] PFOR-FOR-0093\_Présentation générale de l'entreprise et des équipements du métro d'Alger, 2021

Annexe 1 : Check liste de la tâche « 1VS Bogie latéral sans HT »

EPE Métro El Djazair SPA  
Direction Maintenance

La version de check



L'équipement / La tâche

FICHE VS 01

Bogie latéral sans HT S2

Référence : MAI-FI-0619

Version : 1.0

Statut : Référencé

Type de VS

**NB :** Il appartient à l'utilisateur de cette fiche de vérifier sur la base documentaire de référence qu'il utilise la dernière version validée.

N° d'OT : .....	Mois du PP : .....	<p><b>RESPECTER LES CONSIGNES DE SECURITE</b></p> <p><b>ATTENTION RISQUE POUR LA SECURITE FERROVIAIRE</b></p>
Date et Heure de début travaux : .....		
Date et Heure de fin travaux : .....		
Ligne / Complexe : ..... Station / Localisation:.....		
Equipement / Rame : ..... Kilométrage / Heure:.....		

Sous équipement	Libellé de l'opération	Réalisée			DI/OT	Matricule d'Intervenant
		Oui	Non	SO		
<b>GRAISSEUR DE ROUE PAR STICKS.</b>  Réf :L1-200097-CAF-999-MF-820	Vérifier visuellement l'état général des boulons de fixations et l'ensemble graisseur de roue. voir chapitre : (C.2.2)	Contrôle 1				
	Vérifier que le stick LCF de lubrification est en contact avec le boudin de la roue. Monter un stick LCF nouveau, si nécessaire. <b>Code GMAO :MA30400011.</b> voir chapitre : (C.2.2)	Contrôle 2				
	Vérifier que le stick HPF, modificateur de friction, est en contact avec la bande de roulement. Monter un stick HPF nouveau, si nécessaire. <b>Code GMAO :MA30400012.</b> voir chapitre : (C.2.2)					
<b>CAPTEUR TROISIEME RAIL</b>  Réf :L1-200097-CAF-999-MF-820	Vérifier fixations et couples de serrage. voir chapitre : (C.2.7)	Contrôle 1				
	Observer l'état des branchements électriques et pneumatiques. voir chapitre : (C.2.7)	Contrôle 2				
<b>CAPTEUR TROISIEME RAIL</b>  Réf :L1-200097-CAF-999-MF-842	Nettoyage de l'ensemble. voir chapitre : (C.3.1)					
	Inspection visuelle du câble (pas de coupure et pas de déchirure). voir chapitre : (C.2.2)					
	Inspection visuelle du frotteur. Remplacer si nécessaire. voir chapitre : (C.2.1)	Contrôle 1				
	Inspection visuelle de la semelle isolante et du couvercle (intégrité des pièces isolantes)	Contrôle 2				
<b>BOITES D'ESSIEU ET DISPOSITIF DE MISE A LA TERRE</b>  Réf :L1-200097-CAF-999-MF-823	Inspecter visuellement l'ensemble: fuites, vis de fixation, raccordements électrique (câble de masse, capteurs anti-enrayage et les capteurs de vitesse) etc. voir chapitre : (C.2.1)					
	Vérifier visuellement le non-desserrage de passe-fils est raccordements. voir chapitre : (C.2.1)					
	Vérifier visuellement le non-desserrage des raccords du câblage de mise à la terre. voir chapitre : (C.2.1)	Contrôle 1				
<b>SUSPENSION PRIMAIRE</b>  Réf : L1-200097-CAF-999-MF-824	Vérifier la position des douilles, les coller si nécessaire. voir chapitre : (C.2.1)					
	Vérifier aspect général des ressorts. voir chapitre : (C.2.1)					
	Vérifier état, fixation et couples de serrage. Voir chapitre (C.2.1)	Contrôle 1				
	Vérifier état de fil de fer de sécurité. voir chapitre (C.2.1)	Contrôle 2				
	Vérifier état et les fixations des boulon et butée. Voir chapitre : (C.2.1)	Contrôle 1				
		Contrôle 2				

Sous-équipements

Sous-tâches

Annexe 2 : Check liste remplie

<b>EPE Métro El Djazair SPA</b> Direction Maintenance			
FICHE VS 01		Bogie latéral sans HT SI	
Référence : MAI-FI-0618		Version : 1.0	
		Statut : Référencé	
NB : Il appartient à l'utilisateur de cette fiche de vérifier sur la base documentaire de référence qu'il utilise la dernière version validée.			
N° d'OT : <u>2581 96</u>		Mois du PP : <u>12/2024</u>	
Date et Heure de début travaux : <u>08/02/2024 06h00</u>		RESPECTER LES CONSIGNES DE SECURITE 	
Date et Heure de fin travaux : <u>08/02/2024 10h00</u>			
Ligne / Complexe : <u>RN 10</u>		Station / Localisation : <u>VA</u>	
Equipement / Rame : <u>09</u>		Kilométrage / Heure : <u>107549</u>	
		ATTENTION RISQUE POUR LA SECURITE FERROVIAIRE 	

Sous équipement	Libellé de l'opération	Réalisée			DI/OT	Matricule d'Intervenant	
		Oui	Non	SO			
<b>GRAISSEUR DE ROUE PAR STICKS.</b>  Réf : LI-200097-CAF-999-MF-820	Vérifier visuellement l'état général des boulons de fixations et l'ensemble graisseur de roue. voir chapitre : (C.2.2)	✓				1551	
		✓				1308	
	Vérifier que le stick LCF de lubrification est en contact avec le boudin de la roue. Monter un stick LCF nouveau, si nécessaire. Code GMAO : MA30400011. voir chapitre : (C.2.2)	✓					1308 1551
	Vérifier que le stick HPF, modificateur de friction, est en contact avec la bande de roulement. Monter un stick HPF nouveau, si nécessaire. Code GMAO : MA30400012 voir chapitre : (C.2.2)	✓					1308 1551
<b>CAPTEUR TROISIEME RAIL.</b>  Réf : LI-200097-CAF-999-MF-820	Vérifier fixations et couples de serrage. voir chapitre : (C.2.7)	✓				1308	
		✓				1551	
	Observer l'état des branchements électriques et pneumatiques. voir chapitre : (C.2.7)	✓					7
<b>CAPTEUR TROISIEME RAIL.</b>  Réf : LI-200097-CAF-999-MF-842	Nettoyage de l'ensemble. voir chapitre : (C.3.1)	✓				4	
	Inspection visuelle du câble (pas de coupure et pas de déchirure). voir chapitre : (C.2.2)	✓				4	
	Inspection visuelle du frotteur. Remplacer si nécessaire. Code GMAO : MA381051150. voir chapitre : (C.2.1)	✓					1308
		✓					1551
<b>BOITES D'ESSIEU ET DISPOSITIF DE MISE A LA TERRE</b>  Réf : LI-200097-CAF-999-MF-823	Inspecter visuellement l'ensemble: fuites, vis de fixation, raccords électriques (câble de masse, capteurs anti-enrayage et les capteurs de vitesse) etc. voir chapitre : (C.2.1)	✓				1308 1551	
	Vérifier visuellement le non-desserrage des raccords du câblage de mise à la terre. voir chapitre : (C.2.1)	✓				1308	
		✓					1551
<b>SUSPENSION PRIMAIRE</b>  Réf : LI-200097-CAF-999-MF-824	Vérifier la position des douilles, les coller si nécessaire. voir chapitre : (C.2.1)	✓				4	
	Vérifier aspect général des ressorts. voir chapitre : (C.2.1)	✓				4	
	Vérifier état, fixation et couples de serrage. voir chapitre : (C.2.1)	✓					1308
		✓					1551
	Vérifier état de fil de fer de sécurité. voir chapitre : (C.2.1)	✓					4
Vérifier état et les fixations des boulon et butée. voir chapitre : (C.2.1)	✓					1551	
	✓					1308	