

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de L'Enseignement supérieur et de La Recherche scientifique



Université Kasdi Merbah Ouargla
Faculté Des Sciences Appliquées
Département De Génie Mécanique



Mémoire de Fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Sciences et de Technologie

Filière: Electromécanique

Spécialité: Maintenance industrielle

Présenté Par :

GHALLOUS Mohammed Islam

ISMAILIA Adel

THÈME

**Etude de performance de Circuit de
conditionnement d'air de tramway**

Soutenu publiquement le.....

Devant le jury :

ROUAGDIA karim
BELAHIA Hocine
DOKKAR Boubekeur

MCB Université KM Ouargla
MCB Université KM Ouargla
MCA Université KM Ouargla

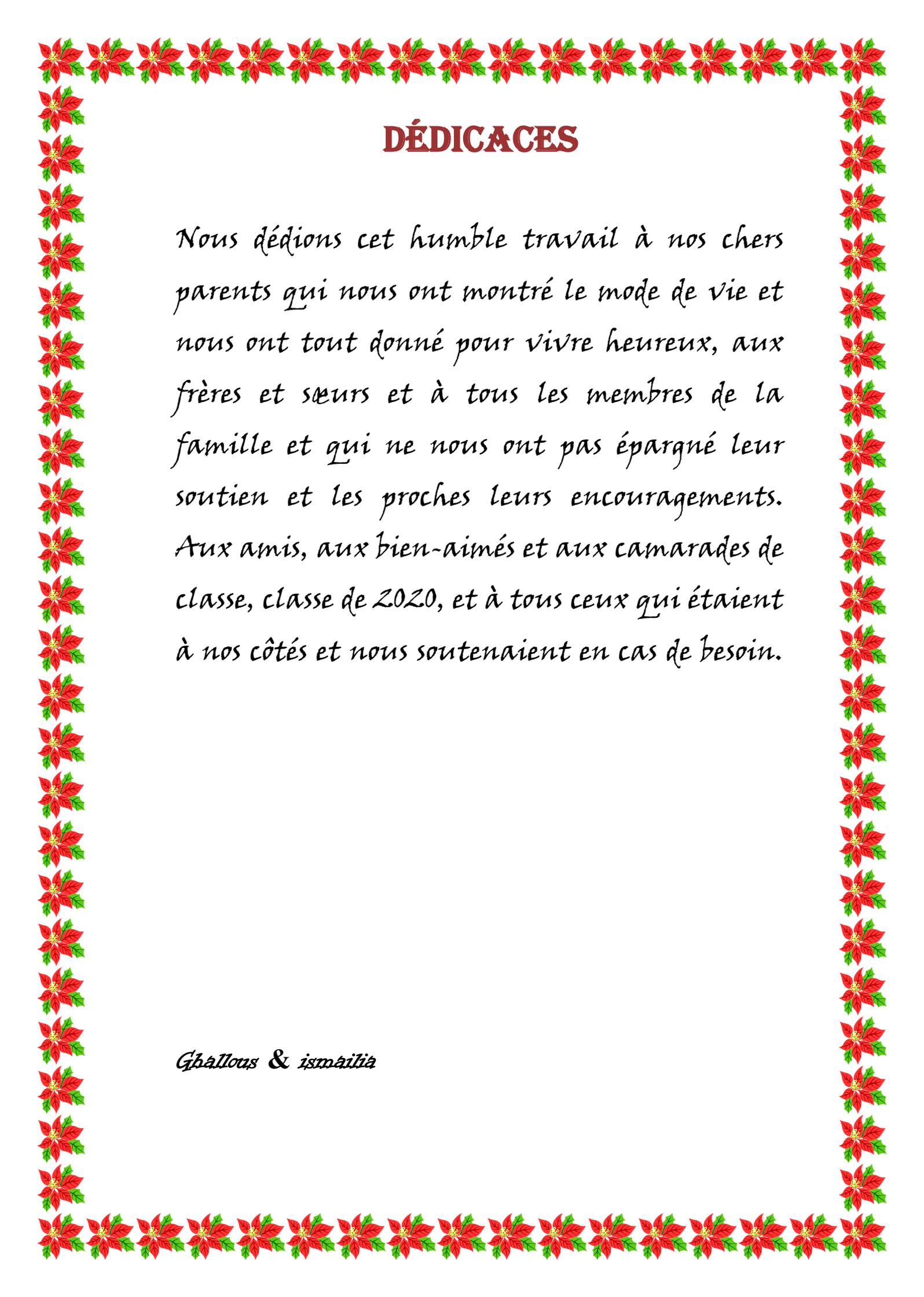
Président
Examineur
Promoteur.

ANNÉE UNIVERSITAIRE : 2019/2020

REMERCIEMENTS

Louange et à Dieu pour la bénédiction de l'Islam et de la Sunnah. Nous remercions Dieu et le remercions de nous avoir permis d'achever ce travail, en espérant qu'il profitera aux autres. Ce travail n'aurait pas de valeur et n'aurait pas été possible sans l'aide et l'encadrement de M. **DOKKAR BOUBEKEUR**. Nous le remercions pour la qualité exceptionnelle de son encadrement, sa patience et ses encouragements à notre égard. Nous remercions également tous les travailleurs de Tramway Corporation et Ouargla Maintenance pour leur bon accueil et partager leur expérience avec nous pendant la période de stage, en particulier l'ingénieur **HAFIAN AHMAD AMIN**, qui a eu un grand rôle dans l'accomplissement de ce travail.

Nous tenons à remercier chaleureusement nos parents généreux et tous les membres de la famille, nous n'oublions pas non plus nos amis et compagnons pour leur encouragement moral. Enfin, nous remercions également tous nos professeurs pour leur générosité et leur grande patience dont ils ont fait preuve malgré leurs responsabilités académiques et professionnelles.



DÉDICACES

Nous dédions cet humble travail à nos chers parents qui nous ont montré le mode de vie et nous ont tout donné pour vivre heureux, aux frères et sœurs et à tous les membres de la famille et qui ne nous ont pas épargné leur soutien et les proches leurs encouragements. Aux amis, aux bien-aimés et aux camarades de classe, classe de 2020, et à tous ceux qui étaient à nos côtés et nous soutenaient en cas de besoin.

Ghailous & ismailia

Sommaire

Liste des figures	VII
Liste des tableaux	IX
Introduction générale	1
Chapitre 1: description générale	
1.1 Introduction	2
1.2 Différents mode de transports	2
1.2.1 Transport urbain	2
1.2.1.1 Définition	2
1.2.2 Transport routier	2
1.2.3 Transport ferroviaire	3
1.3 Tramway	3
1.3.1 Historique	3
1.3.2 Tramway CITADIS	4
1.3.2.1 Type de tramway Citadis	5
1.4 Organisation générale	6
1.4 .1 Description social CITAL	6
1.4.2 Historique	7
1.5 Site de Ouargla	7
1.6 Organigramme de site de ouargla	8
1.7 Confort thermique dans les véhicules ferroviaires	9
1.7.1 Importance de confort thermique	9

1.7.2Facteurs de confort thermique	9
1.8 Système de climatisation	10
1.8.1 Les principaux types de climatisation	10
1.8.2 Les diverses variétés de climatisation	10
1.8.3 Système de climatisation de tramway	11
1.8.4 Description fonctionnelle du système	11
1.8.4.1 circuits frigorifiques	12
1.9 Conclusion	14

Chapitre 2: Statistique de maintenance

2.1Introduction	15
2.2 Définitions de la maintenance	15
2.3 Types de maintenance	15
2.3.1 Maintenance corrective	15
2.3.1.1 Différents types de maintenance corrective	16
2.3.1.1.1 Maintenance palliative	16
2.3.1.1.2 Maintenance curative	16
2.3.2 Maintenance préventive	16
2.3.2.1 Les différents types de maintenance préventive	16
2.3.2.1.1 Maintenance préventive systématique	16
2.3.2.1.2 Maintenance préventive conditionnelle	16
2.3.2.1.3 Maintenance préventive prévisionnelle	16
2.4 Les opérations de la maintenance préventive	16
2.5 Les opérations de la maintenance corrective	17
2.6 Avantages et inconvénient de la Maintenance préventive et corrective	17
2.6.1 Avantages	17
2.6.2 Inconvénients	17
2.7 Buts de la maintenance	17
2.8 Niveaux de la maintenance	18
2.9 Plan de l'entretien préventif des rames	19
2.9.1 Plan de Maintenance Préventive de la climatisation (salle voyageurs)	19

2.9.2 Opérations d'interventions de la maintenance	20
2.10 Fichiers de suivi de maintenance des rames	23
2.11 Suivi de système de climatisation	25
2.12 Conclusion	26
Chapitre 3: calculs des paramètres de maintenance	
3.1 Introduction	27
3.2 Fiabilité	27
3.2.1 Définition du concept de fiabilité	27
3.2.2 Défaillance de matériel ou système	28
3.2.3 Indices de fiabilité	28
3.2.3.1 Courbe de mortalité	30
3.2.4 Modèles paramétriques de fiabilité	31
3.2.4.1 Loi exponentielle	31
3.2.4.2 Loi de Weibull	32
3.2.5 Opérations sur la fiabilité des systèmes	33
3.2.5.1 Montage série	33
3.2.5.2 Montage parallèle	33
3.3 Application de fiabilité sur la rame	34
3.3.1 Données de calcul de fiabilité	34
3.3.2 Calcul TBF et TTR sur le système de climatisation de la rame	35
3.3.3 Calcul de taux de défaillance, fiabilité, défaillance et densité	36
3.4 Méthodes d'optimisation de la maintenance	38
3.4.1 Introduction	38
3.4.2 Analyse des méthodes de défaillance de leur effet et criticité (AMDEC)	38
3.4.2.1 Définition de l'AMDEC	38
3.4.2.2 Application de la méthode AMDEC sur le système de climatisation	39

3.4.2.3 Résultat de la méthode AMDEC	40
3.4.3 L'analyse de Pareto(ABC)	40
3.4.3.1 Définition de l'analyse de Pareto	40
3.4.3.2 Application de la Méthode PARETO sur le système de climatisation	40
3.4.3.3 Discussions des allures des courbes	41
3.5 Conclusion	42
Conclusion générale	43
Références	44

Liste des abréviations

CITAL —→ **CIT:** Citadine ,
 ↓
 AL: Algérie

PMP : Plan de Maintenance Préventive

MTTF : Moyenne des temps jusqu'`a la panne (Mean time to Failure).

MTBF : Moyenne des temps de bonne fonctionnement

MUT : Moyenne des temps de fonctionnement (Mean Up Time).

MDT : Moyenne des temps de panne (Mean Down Time).

MTTR : Moyenne des temps techniques de réparation (Mean Time To Repair).

AMDEC: Analyse des Méthodes de défaillance de leur effet et de leur criticité.

Nomenclature

d	Distance	[km]
f(t)	Densité	$[\frac{1}{h}]$
λ	Taux de défaillance	$[\frac{1}{h}]$
MTBF	Moyenne des temps de bon fonctionnement	[h]
MTTR	Moyenne des temps techniques de réparation	[h]
R(t)	Fiabilité	[%]
F(t)	Défaillance	[%]

Liste des Figure

Chapitre 1: Description générale

Figure (1.1): Transport routier	02
Figure (1.2): Transport ferroviaire	02
Figure (1.3): Site de Ouargla	06
Figure (1.4): Système de climatisation	10
Figure (1.5): Compresseur	11
Figure (1.6): condenseur	12
Figure (1.7): Détendeur	12
Figure (1.8): Evaporateur	13

Chapitre 2: statistique de maintenance

Figure (2.1) : Les différents types de maintenance.	14
Figure (2.2) ; Fausse d'intervention de maintenance	20
Figure(2.3) : Atelier de carrosserie et peinture	20
Figure (2.4) : Profilage des roues	21
Figure (2.5) : Véhicule railroute Mercedes-Benz UNIMOG U400 Euro 5 [20]	22

Chapitre 3: calculs des paramètres de la maintenance

Figure (3.1) : Optimisation de la fiabilité	26
Figure (3.2) : Chronogramme d'un équipement réparable.	28
Figure (3.3): Chronogramme d'un 'équipement irréparable	29
Figure (3.4): Courbe de mortalité	29
Figure (3.5) : Densité de probabilité de la loi exponentielle	30
Figure (3.6): Influence de β sur la densité de probabilité et le taux de défaillance.	31
Figure (3.7) : Fiabilité de système	36
Figure (3.8) : Défaillance de système	36

Figure (3.9) : Densité de système	37
Figure (3.10): Courbe des défauts de système de climatisation.	40

Liste des Tableaux

Chapitre 1: Description générale

Tableau (1.1): Différents tramways de la gamme Citadis™ 04

Chapitre 2: statistique de maintenance

Tableau (2.1): les avantages de la maintenance corrective et préventive 16

Tableau (2.2): les inconvénients de la maintenance corrective et préventive 16

Tableau (2.3): Les niveaux de maintenance. 17

Tableau (2.4): plans de Maintenance Préventifs Matériel Roulant - CITADIS 402 Ouargla 18

Tableau (2.5): Plan de Maintenance Préventive (PMP) Climatisation salle voyageurs 18

Tableau (2.6): fichiers de suivi de maintenance des rams 22

Chapitre 3: calculs des paramètres de maintenance

Tableau (3.1) : les données sur la rame pour six mois. 33

Tableau (3.2) : calcul TBF et TTR sur le système climatisation en rame. 34

Tableau (3.3) : Calcul le Taux de défaillance et La fiabilité et défaillance et densité sur le système climatisation en rame 35

Tableau (3.4): La méthode AMDEC sur le système climatisation 38

Tableau (3.5): Tableau de la criticité (G,F,D) 38

Tableau (3.6) : Classement des cause par ordre
decroissant

40

Introduction générale:

Les êtres humains pratiquaient le transport terrestre depuis l'Antiquité en grande partie les routes esclavagistes et divers moyens primitifs, qui sont le traînage de véhicule par les animaux, mais, il rencontra des difficultés de déplacement en raison de la présence de surpeuplement, ce qui l'amena à chercher à développer ce type de transport, alors qu'il atteignait le transport par chemin de fer. Vers le XIXe siècle en Angleterre [16].

Avec le développement et l'avancement des âges, le transport sur les chemins de fer est passé du déplacement des trains au métro et au tramway, qui à leur tour sont plus confortables et plus sûrs pour les personnes en raison de leurs moyens et appareils avancés.

Parmi les plus importants de ces appareils figurent les climatiseurs, qui jouent un rôle majeur dans la fourniture de conditions appropriées en fonction des fluctuations climatiques, et dans ce domaine nos travaux se concentrent sur l'étude des composants de cet appareil et de son fonctionnement.

Cette mémoire est divisée en 3 chapitres, le premier chapitre est une description générale des types de transport ferroviaire, et il contient également une étude sur le tramway et ses composants en particulier le système de refroidissement, et le deuxième chapitre contient les statistiques de maintenance de cet appareil ainsi que le plan de suivi, tandis que le troisième chapitre contient des comptes opérations de maintenance en utilisant des méthodes étudiées et au final ce travail se termine par une conclusion générale.

1.1 Introduction

Le transport est devenu une chose nécessaire dans la vie quotidienne en raison de ce qui répond aux besoins de l'être humain et des facilité dans son mouvement, car nous utilisons plusieurs types et moyens de transport, comme le tramway via les chemins de fer, qui offre un grand confort et bien-être aux voyageurs utilisant plusieurs appareils et systèmes avancés, dont le plus important est le système de climatisation

Donc:

- Quels sont les composants du tramway et ses types ?
- Quel est le system de climatisation et le principe de son fonctionnement ?

1.2 Différents mode de transports

1.2.1 Transport urbain

1.2.1.1 Définition

Le décret n° 2015-1610 du 8 décembre 2015, publié le 10 au JO, définit un service de transport urbain comme « tout service de transport de personnes exécuté de manière non saisonnière dans le ressort territorial d'une autorité organisatrice de la mobilité, soit au moyen de véhicules de transport guidé au sens de l'article L. 2000-1 du code des transports, soit au moyen de tout véhicule terrestre à moteur, à l'exception des autocars, et dont l'espacement moyen des arrêts et la variation de la fréquence de passage satisfont des critères définis par le décret n°2015-1610

1.2.2 Transport routier

Le transport routier rassemble les modes de transport suivants : les véhicules particuliers, les véhicules utilitaires et les deux-roues. Dans le domaine des secteurs d'activité, le transport routier est une activité réglementée de transports terrestres.



Figure (1.1): Transport routier

1.2.3 Transport ferroviaire

Le transport ferroviaire ou ferroviaire est un moyen de transférer des passagers et des marchandises sur des véhicules à roues roulant sur des rails, qui sont situés sur des voies.



Figure (1.2): Transport ferroviaire

1.3 Tramway

1.3.1 Historique [18]

Les premiers tramways sont apparus aux États-Unis durant la première moitié du XIXe siècle, ils sont alors tractés par des animaux, en général des chevaux. Ils circulent en 1832 sur la ligne de New York à Harlem et en 1834 à La Nouvelle-Orléans.

Le premier tramway de France est construit dans le département de la Loire sur la route entre Montrond-les-Bains et Montbrison. Long de 15 kilomètres, il est mis en service dès 1838. Les tramways pour voyageurs et marchandises, à traction hippomobile ou mécanique, sont institués par la loi de 1880.

Les premiers rails, en U saillant, créent une gêne importante et provoquent quelques accidents. Ils sont supplantés, à partir de 1850, à New York, par des rails à gorge, puis, en 1852, par des rails dénués de saillant (inventés par le français Alphonse Loubat). Plus tard, en 1853, en prévision de l'exposition universelle de 1855, une ligne d'essai est présentée sur le Cours la Reine, dans le 8^e arrondissement de Paris. Lors de l'exposition de 1867, une desserte était effectuée par des tramways à traction hippomobile et était surnommée « chemin-de-fer américain ».

Le tramway se développe alors dans de nombreuses villes d'Europe (Londres, Berlin, Paris, Milan, etc.). Plus rapides et confortables que les omnibus (circulant sur les voies carrossables), les tramways ont un coût d'exploitation élevé du fait de la traction animale. C'est pourquoi la traction mécanique est rapidement développée : à vapeur dès 1873, à air comprimé (système Mékarski) et à eau surchauffée (système Franca) dès 1878, puis tramways électriques à partir de 1881 (présentation de la traction électrique par Siemens à l'exposition internationale d'Électricité de Paris).

Le développement de l'alimentation électrique, complexifiée par l'interdiction des lignes aériennes dans certaines grandes villes, ne prend une véritable ampleur qu'à partir de 1895 à Paris et en région parisienne (tramway de Versailles).

Aux États-Unis, le premier tramway à vapeur a été utilisé à Philadelphie, en 1875-1876. Ces tramways à vapeur étaient dotés d'une quarantaine de places, pesaient environ seize tonnes et bénéficiaient d'une puissance de traction de 200 à 300 tonnes en pente.

La modernité technique que représente l'électricité et surtout les faibles nuisances engendrées par celle-ci facilitent son adoption rapide, une fois que les difficultés liées à la production et au transport de l'électricité furent résolues.

Le premier tramway électrique est mis en exploitation à Sarajevo (Empire austro-hongrois) en 1885, tandis qu'en Suisse, la première ligne (Vevey-Montreux-Chillon), sur la Riviera vaudoise, est ouverte en 1888. En France, il circule pour la première fois à Clermont-Ferrand en 1890. Aux États-Unis, la longueur des voies et le nombre de voies exploitées avec des tramways électriques dépassent ceux des tramways hippo-tractés en 1892 et 1893.

Les tramways des États-Unis ne sont pas des tramways à impériale afin d'améliorer la fluidité d'accès aux voitures. Le nombre de voyageurs par véhicule n'y était pas limité. La tarification y bénéficiait d'un système de classe unique avec un tarif de cinq centimes de dollar [17].

1.3.2 Tramway CITADIS

L'Alstom Citadis est une famille de tramways à plancher surbaissé (tramways) et de véhicules légers sur rail construits par Alstom. En 2017, plus de 2 300 tramways Citadis ont été vendus et 1 800 tramways sont en service

commercial dans le monde, avec des opérations sur les six continents habités. [1] Une évolution du premier véhicule TFS d'Alstom, la plupart des véhicules Citadis sont fabriqués dans les usines d'Alstom à La Rochelle, Reichshoffen et Valenciennes, France, et à Barcelone, Espagne et Annaba, Algérie [2] et il se compose de plusieurs familles.

Il est important de signaler que les tramways Citadis avec leur plancher bas intégral et leurs portes latérales faciliteront la circulation des passagers et l'accès pour tous, notamment pour les personnes à mobilité réduite. Les tramways sont équipés de la climatisation, de caméras de surveillance et d'espaces pour les poussettes et les fauteuils roulants.

1.3.2.1 Type de tramway Citadis

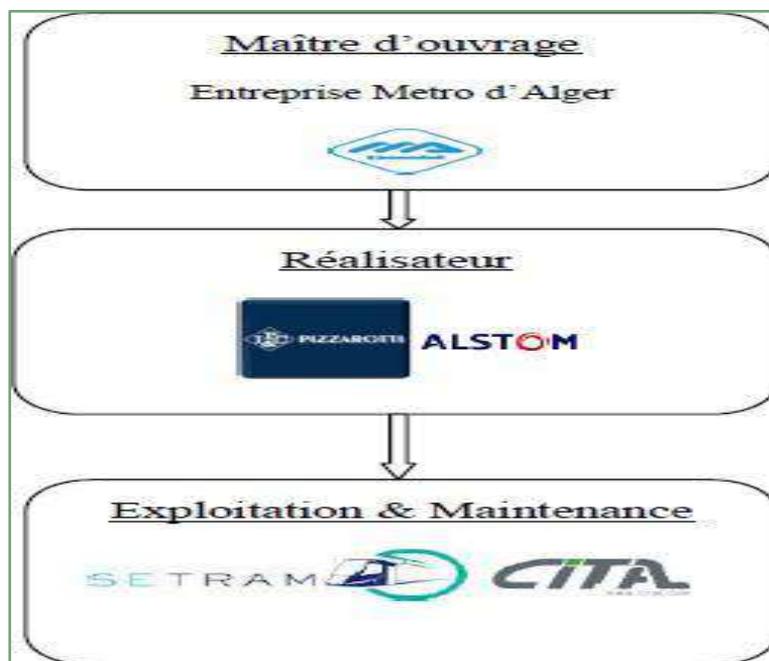
Modèle et quelques lieux d'installation	Architecture	Longueur
Citadis™ 202 (Melbourne)		20 m
Citadis™ 301 (Orléans, Dublin)		27 m
Citadis™ 302 (Adelaïde, Lyon, Bordeaux, Paris T2, Valenciennes, Rotterdam, Buenos Aires, Madrid, Melbourne, Nice, Murcia, Barcelone, Jérusalem, Toulouse)		33 m
Citadis™ 304		33 m
Citadis™ 401 (Montpellier, Dublin)		39 m
Citadis™ 402 (Bordeaux, Grenoble, Paris T3, Tours)		44 m

Citadis™ 404		43 m
<p><u>Légende :</u></p> <ul style="list-style-type: none">  : bogie motorisé non pivotant.  : bogie motorisé pivotant.  : bogie porteur (non motorisé) non pivotant.  : bogie porteur (non motorisé) pivotant. 		

Tableau (1.1): Différents tramways de la gamme Citadis™ [2]

1.4 Organisation générale

La Société Metro Algérie est organisée comme suit :



1.4.1 Description social CITAL

Le nom **CITAL** est-un terme composé de deux mots **CIT** et **AL**.

***CIT** : désigne l'abréviation de " **Citadine**" (Transport urbain).

***AL** : désigne l'abréviation de "**Algérie**."

Cette entreprise de maintenance de transport ferroviaire basée en Algérie a été créée en 2010 et a débuté ses activités à la fin de 2012, il s'agit d'une société associée à la capitale.

Elle dispose de 6 sites de maintenance : Alger, Constantine, Oran, Sétif, Ouargla et Sidi Bel-Abbas en plus du centre d'assemblage des wagons à Annaba [3].

1.4.2 Historique

- 14 November 2010 : Signature de l'accord Cadre et du Pact d'Actionnaires
- 2011 : Demurrage de l'activité Maintenance (Tram Alger)
- 15 Mars 2011 : Creation de CITAL unite d'assemblage et de maintenance de rames de tramways de type Citadis 302 et Citadis 402
- 13 Décembre 2012 : Signature des Contrats Programmeras de fourniture de matériels roulants (EMA)
- 12 Mai 2015 : Inauguration de l'usine d'Annaba.
- 10 Avril 2016 : Signature de l'accord cadre entre Alsthom, Ferroviail, EMA et SNTF pour l'extension des activités de CITAL à la famille des trains hybrides Cordai.

1.5 Site de Ouargla

Le site d'Ouargla est un centre pour la maintenance des tramways. Ce centre est situé à côté de station de transport de voyageurs, sur la route de Ghardaïa.

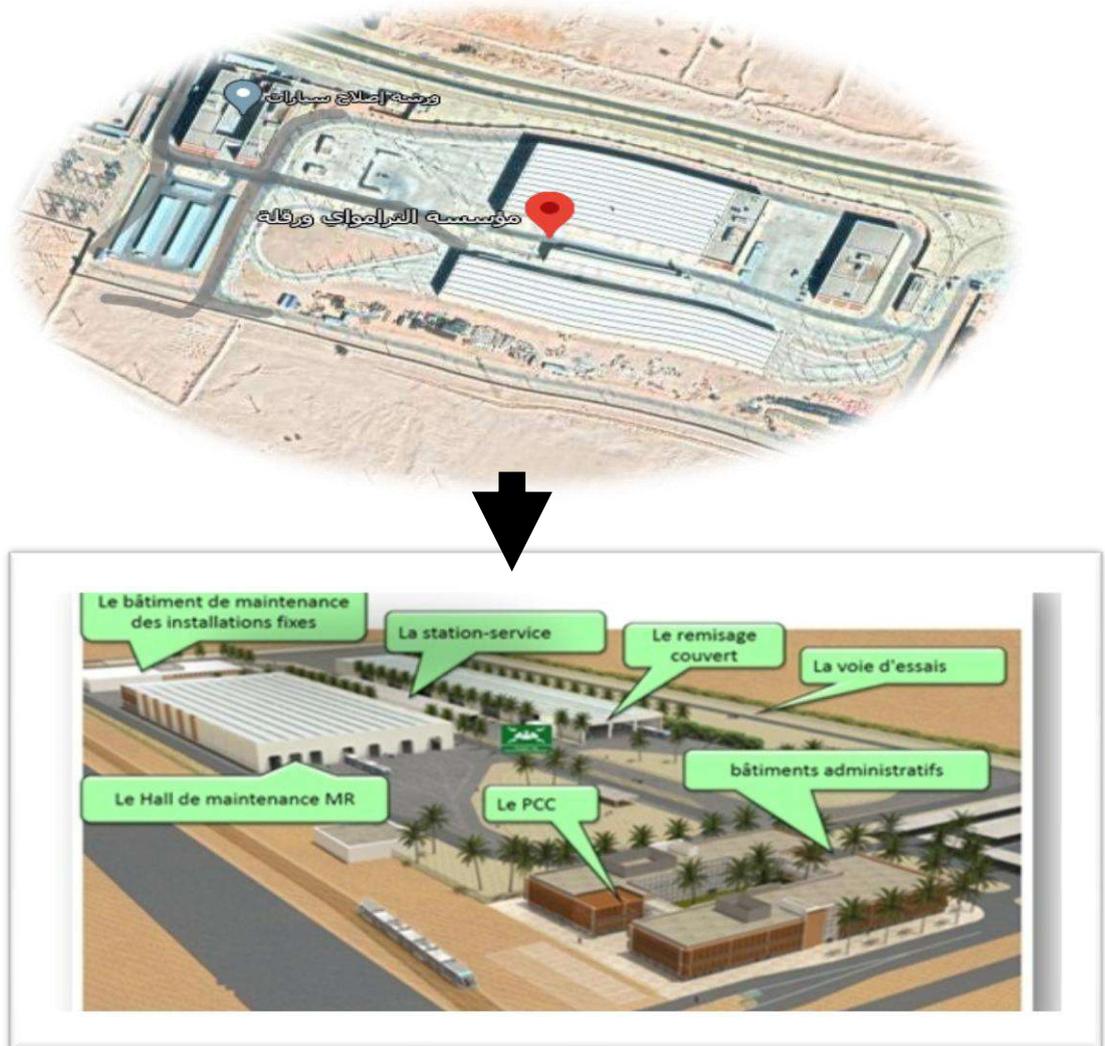


Figure (1.3): Site de Ouargla

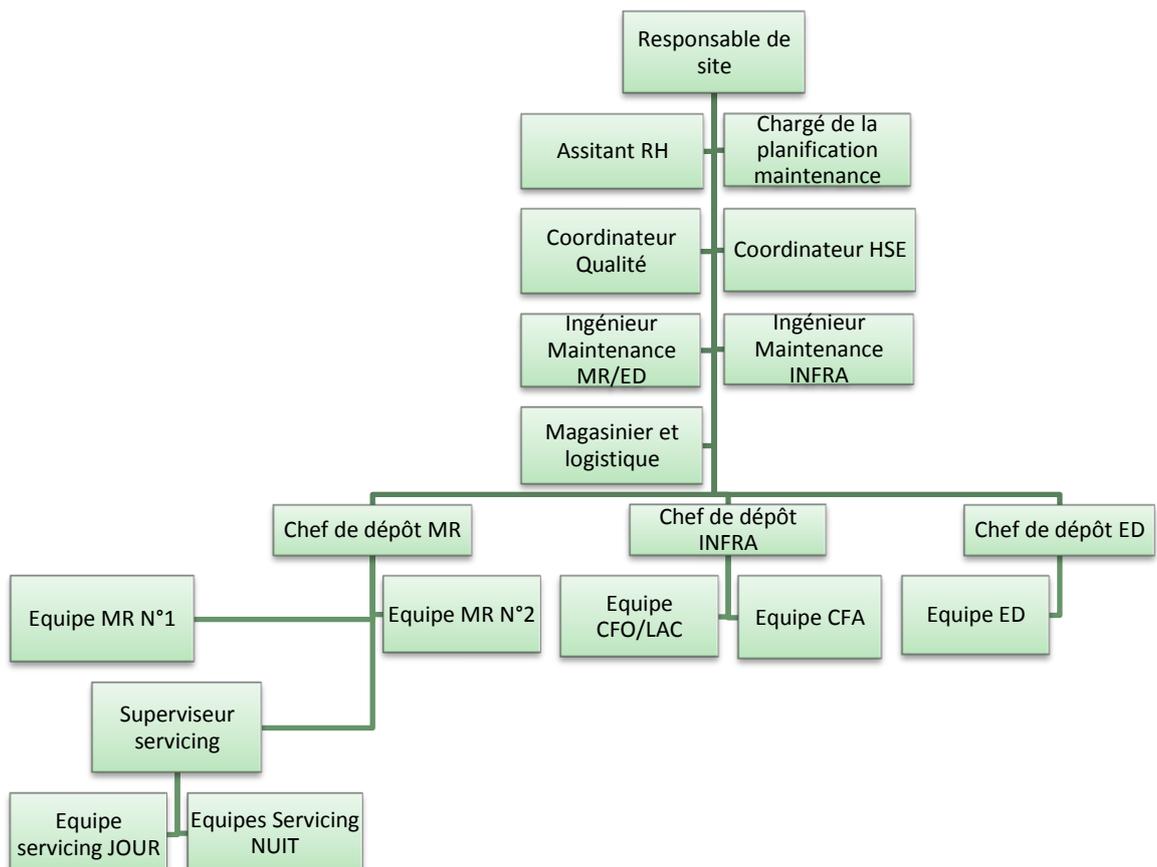
1.6 Organigramme de site de ouargla

Nous allons expliquer la structure organisationnelle de l'entreprise CITAL
Comme suit [2]:

CITAL SPA au niveau du site d'Ouargla est chargé d'effectuer les Mainténances suivantes :

- ❖ Maintenance du matériel Roulant (Tramway)= MR
- ❖ Maintenance des équipements industriels de dépôt = ED
- ❖ Maintenance des Infrastructures = INFRA
 - Courant Faible (CFA)
 - Courant Fort (CFO)
 - Ligne Aériennes de Contact (LAC)
- ❖ Servicing Rames et dépôt = SERVICING

Ci-dessous la structure (organigramme de l'entreprise):



Mode de travail :

- ❖ Les équipes MR : les équipes MR sont chargé d'effectuer la maintenance des rames (maintenance corrective, préventive) et sont divisé en deux équipes (équipe matin et équipe soir) chaque équipe est composée d'un chef d'équipe et les techniciens.
- ❖ Les équipes SERVICING : sont chargés d'effectuer les tâches suivantes :
 - Inspection et entretien quotidien des rames après et avant exploitation
 - Nettoyage intérieur et extérieur des rames après l'exploitation
 - Nettoyage des locaux (ateliers et bureaux)
- ❖ L'équipe CFO/LAC : est constitué d'un chef d'équipe, d'un ingénieur CFO/LAC et les techniciens CFO et le technicien LAC. Ils travaillent durant le jour et la nuit en fonction de la maintenance a effectuée.
- ❖ L'équipe CFA : est constituer d'un chef d'équipe, d'un ingénieur CFA et les techniciens CFA. Ils travaillent durant le jour et la nuit en fonction de la maintenance a effectuée.
- ❖ L'équipe ED : est constitué d'un chef d'équipe et les techniciens ED. ils travail uniquement le jour.

1.7 Confort thermique dans les véhicules ferroviaires [19]**1.7.1 Importance de confort thermique**

L'amélioration des conditions de confort des véhicules ferroviaires est un facteur important pour accroître l'attractivité des transports publics. En particulier, la climatisation du matériel roulant peut jouer un rôle important pour faire des transports publics une alternative viable à la voiture particulière. Cependant, en raison du changement climatique mondial et des attentes croissantes des passagers en matière de confort - en partie en raison de la facilité de comparaison avec les voitures particulières climatisées des passagers - la demande de matériel roulant urbain et suburbain climatisé est à prévoir augmenter fortement à l'avenir.

1.7.2 Facteurs de confort thermique

Le confort thermique est obtenu lorsque les passagers perçoivent la température de l'air, l'humidité, le mouvement de l'air et le rayonnement thermique de leur environnement comme idéaux et ne préfèrent pas un air plus chaud ou plus froid ou un niveau d'humidité différent.

Le confort thermique est influencé par:

- Facteurs personnels (degré d'activité, vêtements, temps de parcours)
- Facteurs spatiaux (température radiante, température des surfaces enveloppantes)

- Facteurs de ventilation (température de l'air, vitesse de l'air, humidité relative).

Ces facteurs ont des effets complexes sur le bilan thermique des passagers. Ainsi, tous les facteurs contributifs doivent être pris en compte pour atteindre des conditions qui seront perçues comme confortables par une majorité de passagers. D'autres facteurs influençant le confort thermique sont la qualité de l'air (teneur en poussière; teneur en microorganismes; gaz et vapeurs; odeurs; teneur en ions; champs électriques et électrostatiques), le bruit, l'éclairage, la palette de couleurs, etc. Bien que ces facteurs n'aient pas d'effet direct sur la température ambiante, ils peuvent influencer la perception subjective du confort thermique par les passagers.

1.8 Système de climatisation

1.8.1 Les principaux types de climatisation [19]

C'est aussi sont commode si l'utilisateur veut chauffer en hiver. Ce type d'installation se répartie en plusieurs variantes.

- **Le climatiseur mobile**

Le climatiseur de type mobile permet le déplacement sur roues, il requière le passage d'un tube par une ouverture. On note qu'il est fait plus de bruit que ses confrères.

- **Les climatiseurs muraux.**

Le climatiseur mural est le type le plus répandu. Il se fixe sur le mur et à certain hauteur. Son encombrement est plus réduit tout en gardant assez esthétique.

- **La climatisation cassette**

La cassette est placée dans le plafond et se réserve aux compartiments de 3 m de haut au minimum. En dessous, les personnes ressentiront le souffle, ce qui sera source de faible confort. Ses émetteurs couvrent des surfaces très large.

1.8.2 Les diverses variétés de climatisation

Dans tous les cas, une telle installation restera efficace grâce à un bon entretien de la climatisation. Elle requière également une maintenance régulière pour conserver ses performances.

- **Monobloc**

Le monobloc mobile devient assez abandonné. On le dirige dans les espaces de la rame en fonction des besoins. On met l'évacuation à travers un ouvrant, porte au fenêtre. il est plus compact, il est désigné aux petits volumes à refroidir de 10 à 30 m³.

- **Split**

Le climatiseur split comprend deux unités. La première s'installe à l'extérieur et la seconde dans la partie à refroidir. Il est recommandé aux volumes plus grands que le précédent. La première partie se présente sous forme de boîtier sur le mur. Les seconds contient deux blocs reliés par des longue gaine.

- **Multi-split**

La climatisation centralisée est caractérisée par les multi-split. Le bloc externe alimente plusieurs diffuseurs, plafonniers ou muraux. En mode intégré, ce type se fixe sur un plafond ou un plancher.

1.8.3 Système de climatisation de tramway [2]

Le système de climatisation est une technologie qui permet d'ajuster et d'ajuster les conditions climatique (température, humidité, niveau de poussière...etc) de la pièce pour assurer le confort, et se compose principalement de : compresseur, condenseur, détendeur, évaporateur.

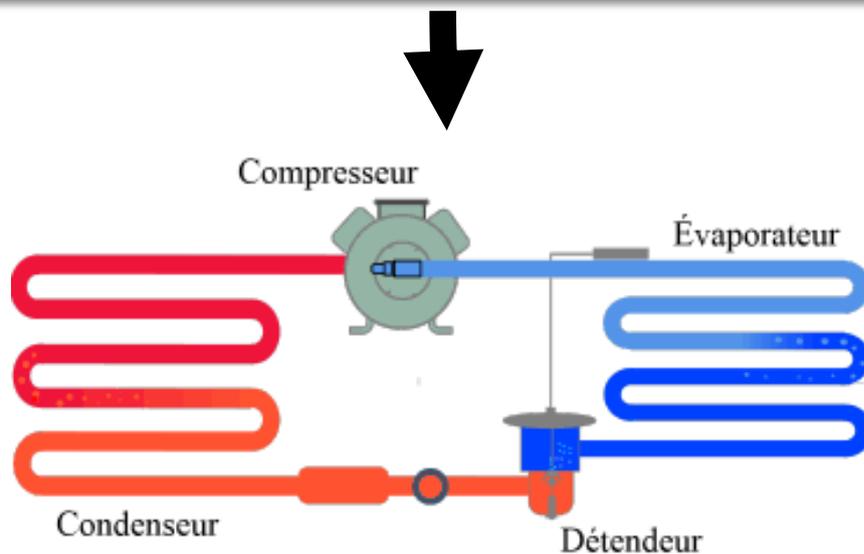
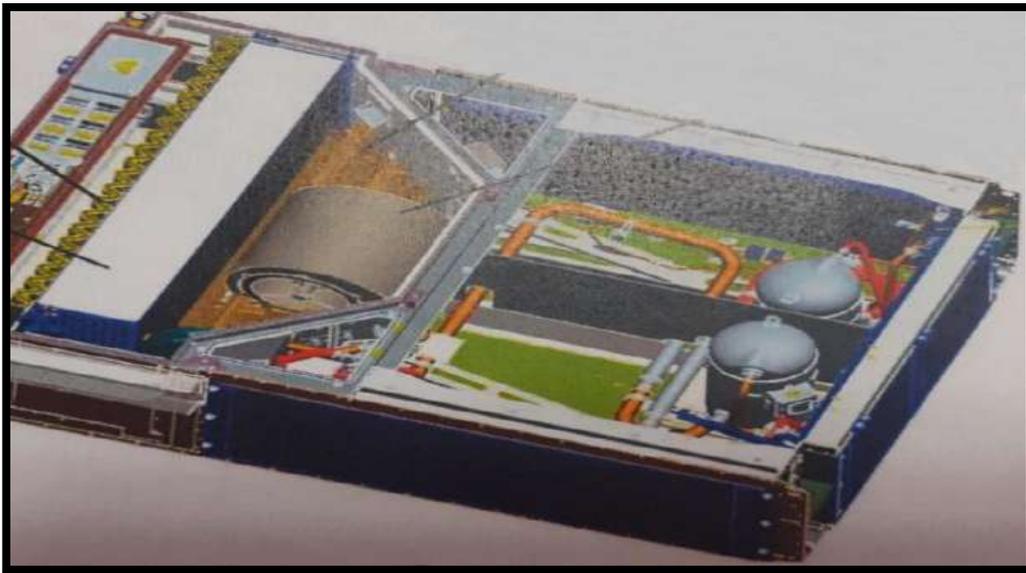


Figure (1.4): Système de climatisation [2]

1.8.4 Description fonctionnelle du système:

Le groupe de climatisation cabine est constitué d'un caisson monobloc réalisé en aluminium dans lequel sont installés, de façon directement accessible, tous les composants du groupe.

1.8.4.1 circuits frigorifiques:

Le circuit frigorifique est constitué des éléments suivants:

- **Le compresseur:** l'aspiration du fluide frigorigène BP se fait par une canalisation munie d'un éliminateur de vibration. Le compresseur, de type hermétique, est alimenté en 400 V triphasé.

Les prises de pressions BP et HP, situées en entrée et sortie du compresseur, sont utilisées par les pressostats BP et HP.

La sortie HP du compresseur alimente, par une canalisation munie d'un éliminateur de vibration, le condenseur. Il s'agit d'un échangeur à ailettes gaufrées refroidi par un moto-ventilateur condenseur

Le circuit comprend en outre le filtre déshydrateur et le voyant liquide situé dans la ligne liquide entre la sortie du condenseur et l'entrée du détendeur

Il comprend aussi une vanne d'isolation manuelle et une vanne by-pass

Le bloc évaporateur comprend l'échangeur et le détendeur thermostatique.

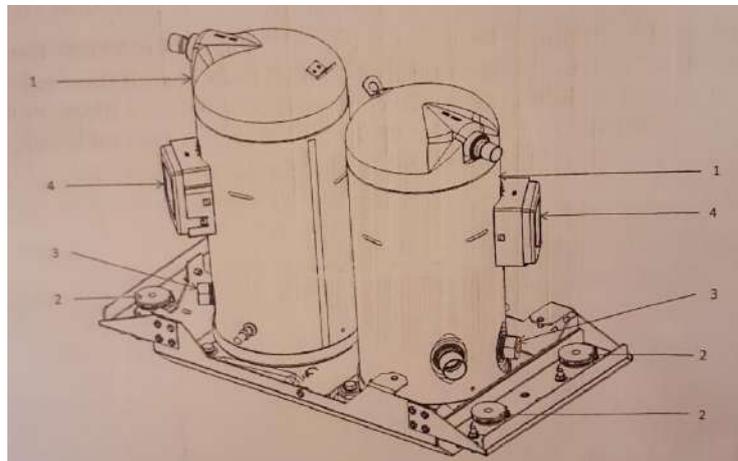


Figure (1.5): Compresseur [2]

1- compresseur

3- Regard d'huile

2- silencieux

4- Branchement électrique

- **Condenseur:** les circuits de refroidissement sont équipés de trois condensateurs. Un condensateur est un échangeur thermique composé d'ailettes d'aluminium améliorant le transfert de chaleur. A l'intérieur à lieu, le réfrigérant est liquéfié et subit un sous-refroidissement.

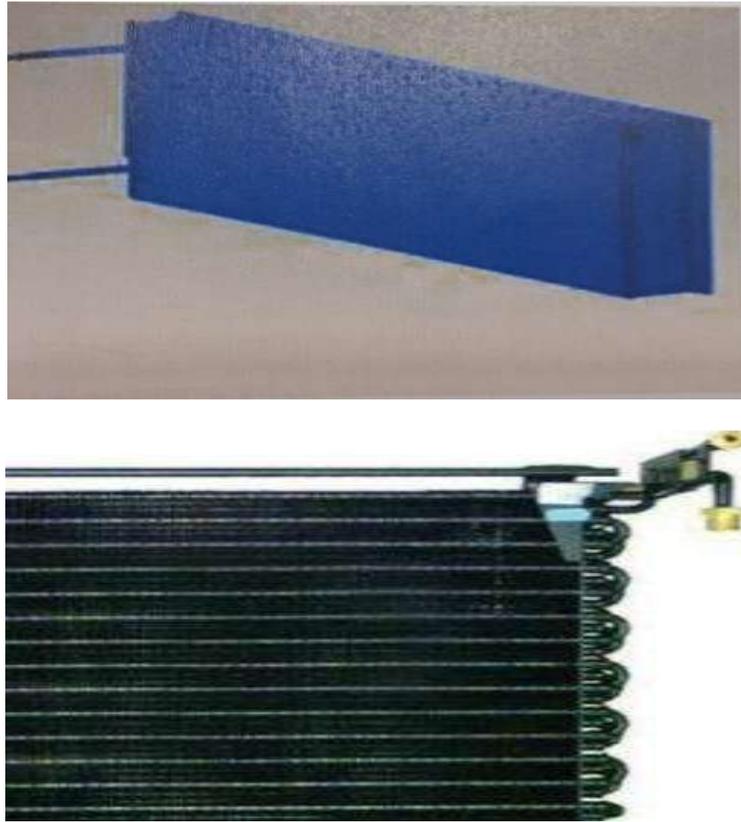


Figure (1.6): condenseur [2]

- **Détendeur (vanne d'expansion):** dans le circuit de réfrigération, la vanne d'expansion agit comme dispositif d'étranglement entre les cotés haute pression et basse pression du groupe de climatisation, en adaptant sa section d'écoulement du réfrigérant au besoin instantané de cycle de réfrigérant

La vanne d'expansion commande de la surchauffe du réfrigérant en état de vapeur à la sortie de l'évaporateur. Si la surchauffe atteint une valeur supérieure à celle prédéfinie, une quantité supérieure de réfrigérant est envoyée à l'évaporateur. En revanche, si la surchauffe est inférieure à la valeur indiquée, la quantité de réfrigérant est diminuée



Figure (1.7): Détendeur [2]

- **L'évaporateur:** l'évaporateur installé sur le groupe de climatisation est conçu comme un échangeur thermique air-liquide fait de tuyaux de cuivre, sur lesquels sont sorties des ailettes d'aluminium. Le réfrigérant maintient l'évaporateur dans un état gazeux surchauffé, réduisant le risque de coup béliet dans le compresseur. L'eau condensée se vide par deux orifices dans le bac de vidange situé sous l'évaporateur.



Figure (1.8): Evaporateur [2]

1.9 Conclusion

L'entreprise Alstom produit plusieurs types de tramways Citadis, qui sont une famille indépendante qui contient différents types de tramways en termes de taille, longueur, type et nombre des bogie (CITADIS 402, CITADIS 404, CITADIS 302 ... etc). Comme chaque type contient un certain nombre de climatiseurs, ces climatiseurs fonctionnent avec un système de climatisation fermé qui basé principalement sur quatre composants, c'est : le compresseur, condenseur, détendeur et l'évaporateur que ces éléments fonctionnent en ordre dans un cycle fermé, et le système contient également des éléments secondaires tels que l'électrovanne, prises de pression(HP), pressostat(HP), pressostat(BP), tuyaux d'entrée de gaz (BP), tuyaux de sortie de gaz (HP), sécheur de filtre. Ce système utilise un type de gaz spécial R 134A.

2.1 Introduction

Le système de climatisation subit plusieurs défauts au cours de son travail et pour éviter cela, il est soumis à diverses opérations de maintenance selon un programme spécifique et périodique par l'entreprise responsable afin d'assurer une durée de vie plus longue et des performances élevées .

-Quel est ce processus, comment se déroule-t-il ?
et quel est le plan spécifié pour cela ?

2.2 Définitions de la maintenance :

Selon la définition de l'AFNOR, la maintenance vise à maintenir ou à rétablir un bien dans un état spécifié afin que celui-ci soit en mesure d'assurer un service déterminé. La maintenance regroupe ainsi les actions de dépannage et de réparation, de réglage, de révision, de contrôle et de vérification des équipements matériels (machines, véhicules, objets manufacturés, etc.) ou même immatériels (logiciels) [4].

Ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise ». (Norme AFNOR X 60-010). [5].

2.3 Types de maintenance :

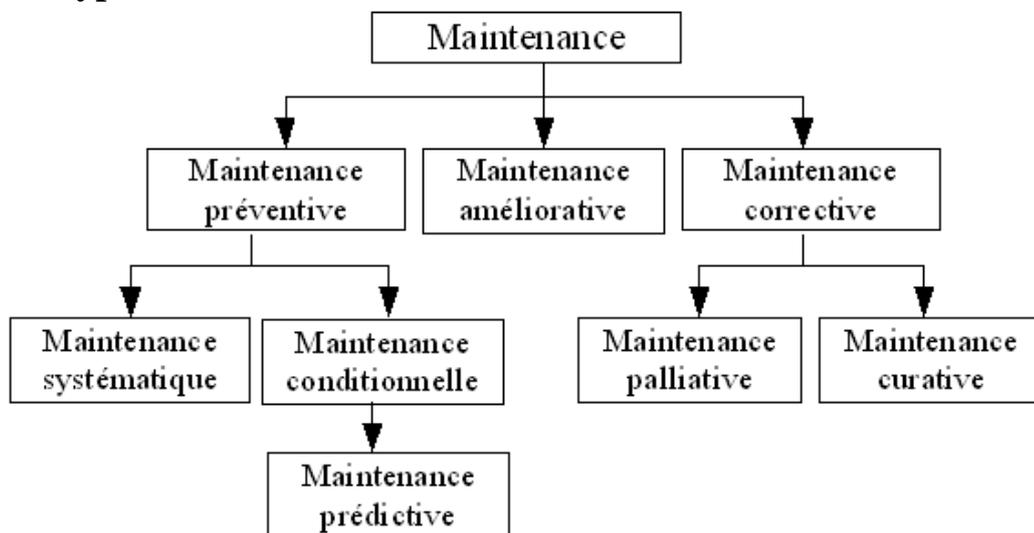


Figure (2-1) : Les différents types de maintenance.

2.3.1 Maintenance corrective:

« Maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise » (Extrait norme NF EN 13306 X60-319) [5].

2.3.1.1 Différents types de maintenance corrective:**a) Maintenance palliative**

Ce sont des activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise. Appelé couramment dépannage, cette maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui devront être suivies d'actions curatives. [6]

b) Maintenance curative

Ce sont des activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir totalement sa fonction requise.

2.3.2 Maintenance préventive:

« Maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien » (extrait norme NF EN 13306 X 60-319). [6]

2.3.2.1 Les différents types de maintenance préventive :**a) Maintenance préventive systématique**

La Maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien (EN 13306 : avril 2001) [5].

b) Maintenance préventive conditionnelle

La Maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent. La surveillance du fonctionnement et des paramètres peut être exécutée selon un calendrier, ou à la demande, ou de façon continue (EN 13306 : avril 2001) [5].

c) Maintenance préventive prévisionnelle

« Maintenance conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien » (Extrait norme NF EN 13306 X 60-319) [5].

2.4 Les opérations de la maintenance préventive:

Elles peuvent être regroupées en 3 familles : les inspections, les contrôles, les visites. Elles permettent de maîtriser l'évolution de l'état réel du matériel. Elles peuvent être effectuées de manière continue ou à des intervalles, prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou le nombre d'unités d'usage.

2.5 Les opérations de la maintenance corrective:

Les opérations de la maintenance corrective débouche sur 2 types d'interventions dépannage, réparation Elles destinées à permettre à un bien d'accomplir totalement sa fonction requise.

2.6 Avantages et inconvénient de la Maintenance préventive et corrective:

Malgré que la maintenance que la maintenance préventive porte beaucoup d'avantage par rapport à la maintenance corrective. Mais, elle présente certains inconvénients qu'il faut tenter à les réduire (voir les tableaux 2.1 et 3.2).

2.6.1 Avantages:

La Maintenance corrective	La Maintenance préventive
faible coût de maintenance	<ul style="list-style-type: none"> • Evitez les pannes majeures de la machine en utilisant des techniques de maintenance bien pensées. • Réduire lorsqu'elle s'arrête. • Préserver l'intégrité de la machine

Tableau (2.1): les avantages de la maintenance corrective et préventive

2.6.2 Inconvénients

La Maintenance corrective	La Maintenance préventive
<ul style="list-style-type: none"> • Coût de réparation important. • Peu de sécurité des travailleurs. • Stockage important des pièces. <ul style="list-style-type: none"> • Temps de réparation élevé. • Perte de production élevée. 	<ul style="list-style-type: none"> • Selon le matériel acheté et le niveau d'exigence désiré, ces techniques exigent un haut niveau de formation du personnel. Cela implique donc de libérer du temps de formation et de trouver du personnel compétent, capable de s'adapter aux évolutions rapides de ces techniques. • Les gros inconvénients sont que certaines technologies sont assez chères.

Tableau (2.2): les inconvénients de la maintenance corrective et préventive

2.7 Buts de la maintenance:

- ✓ Augmenter la durée de vie des matériels.
- ✓ Diminuer la probabilité des défaillances en service.
- ✓ Diminuer les temps d'arrêt en cas de révision ou de panne.

- ✓ Prévenir et aussi prévoir les interventions coûteuses de maintenance corrective.
- ✓ Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions.
- ✓ Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc.
- ✓ Améliorer les conditions de travail du personnel de production.
- ✓ Diminuer le budget de maintenance.
- ✓ Supprimer les causes d'accidents graves.

2.8 Niveaux de la maintenance :

Les niveaux de maintenance sont définis en fonction de la complexité des travaux. L'AFNOR identifie 5 niveaux de maintenance dont en précise le service (voir tableau 2.3). [7].

Niveau	Types de travail	Personnel concerné	Exemples
1	Réglages simples - pas de démontage ni ouverture	Exploitant du bien	Remise à zéro d'un automate après arrêt d'urgence
2	Dépannage par échange standard - opérations mineures de maintenance préventive	Technicien habilité	Changement d'un relais - contrôle de fusibles – réenclenchement de disjoncteur
3	Identification et diagnostic de pannes - réparation par échange standard - réparations mécaniques mineures - maintenance préventive (par ex. réglage ou réaligement des appareils de mesure)	Technicien spécialisé	Identification de l'élément défaillant, recherche de la cause, élimination de la cause, remplacement
4	Travaux importants de maintenance corrective ou préventive sauf rénovation et reconstruction - réglage des appareils de mesure	Équipe avec encadrement technique spécialisé	Intervention sur matériel dont la remise en service est soumise à qualification
5	Rénovation - reconstruction - réparations importantes	Moyens proches de la fabrication	Mise en conformité selon réglementation d'équipements lourds

Tableau(2.3): Les niveaux de maintenance.

2.9 Plan de l'entretien préventif des rames :

Il s'agit d'un schéma appliqué par un groupe spécialisé pour la maintenance des véhicules au CITAL afin de maintenir et garantir une durée de vie plus longue et assurer de bonnes performances pour réduire le pourcentage des pannes et par conséquent la baisse des coûts (voir tableau 2.4).

VP	Pas de maintenance	Indice	Commentaire
VP15000 km	15000 km	A	inspection et testes cabines de conduites inspection toiture inspection sous-châssis inspection intérieur salles des voyageurs inspection caisse et inter-caisses
VP30000 km	30000 km	B	
VP60000 km	60000 km	C	
VP120000 km	120000 km	D	
VP180000 km	180000 km	E	
VP300000 km	300000 km	F	
VP600000 km	600000 km	G	
RP25000 km	25000 km	RP	Reprofilage des roues et ajustements des suspensions

Tableau (2.4): plans de maintenance préventifs matériel roulant - CITADIS 402 Ouargla

2.9.1 Plan de Maintenance Préventive de la climatisation (salle voyageurs):

Dans cette étude, on se concentre sur le plan de maintenance préventive (PMP) de la climatisation dans la salle des voyageurs. Ce plan fait partie de pan globale de maintenance qui se base sur des échéanciers de jours de fonctionnement et de kilométrage roulés par la rame (voir tableau 2.5).

Description des opérations	O.C.S	N 430	Indice F	N.O.R	I.E.O
GRUPE DE CLIMATISATION SALLE				3 par train	-
Inspection du filtre d'air mélangé et remplacement si nécessaire		430R422	LRCS000143811	3	15 Jours
Inspection et nettoyage des écouteurs si nécessaire sur échantillon de 10% du parc pour confirmer le pas selon le REX			LRCS000253322	0.3	15 Jours
Inspection et nettoyage si nécessaire de l'échangeur, du moto ventilateur de l'évaporateur			LRCS000183388	0.3	15 Jours
			LRCS000144585		15 Jours
Inspection et nettoyage si nécessaire de l'échangeur, du moto ventilateur du condenseur			LRCS000183386	0.9	15 Jours
			LRCS000144244		15 Jours
Inspection et nettoyage des écouteurs si nécessaire			LRCS000253322	3	15000 km

Test chaud avant chaque hiver / Test froid avant chaque été			LRCS000144711	3	60000 km
Contrôle des dispositifs de sécurité (thermostat et pressostats)		430R522	LRCS000144049	6	60000 km
Inspection générale (absence de dégradation/corrosion, fixations, couples de serrages, connexions électriques)			LRCS000144112	3	60000 km
Vérification et nettoyage des condenseurs			LRCS000144244	9	60000 km
Vérification et nettoyage de l'évaporateur (YC des écouleurs) avant chaque été			LRCS000144585	3	60000 km
Contrôle du degré d'humidité du fluide frigorigène			LRCS000144636	6	60000 km
Contrôle du niveau d'huile du compresseur			LRCS000144644	6	60000 km

Tableau(2.5): Plan de Maintenance Préventive (PMP) Climatisation salle voyageurs

2.9.2 Opérations d'interventions de la maintenance:

a) Interventions dans les ateliers sur site

La plus part des interventions de la maintenance sont exécutés dans les ateliers sur le site de l'entreprise CITAL. Certaines opérations de dépannages sur la voie ferrée sont prises en charge par le déplacement des équipes spécialisées tel que les pannes du réseau électrique. Un long hangar est réservé à l'exécution de différentes interventions. Il est équipé d'un fausse (voir figure 2.2) qui permet d'intervenir au dessous des trames pour la réalisation des interventions préventives et curatives.

Un atelier de carrosserie et tôlerie (voir figure 2.3) équipé d'une chambre blanche qui permet l'isolation des parties endommagés pour assurer une bonne qualité de peinture. Il est doté des équipements spéciaux pour le redressement et polissage des tôles endommagés.

Le profilage des roues de trames est pris en charge par un atelier doté d'une rectifieuse à affichage numérique (voir figure 2.4). Cette machine permet un contrôle de grande précision de l'état des déformations survenues sur les roues métalliques. Ainsi, elle réalise les rectifications nécessaires dans la plage des normes admissibles.



Figure (2.2) ; Fausse d'intervention de maintenance



Figure(2.3) : Atelier de carrosserie et peinture



Figure (2.4) : Profilage des roues

b) Interventions sur le voie ferré

L'entreprise d'exploitation de tramway "SETRAM" est dotée d'un véhicule railroute, il est construit sur la base d'un véhicule Mercedes-Benz UNIMOG U400 Euro 5 (voir figure 2.4) [20]. Le passage de la version route en rail-route adapté pour le ferroviaire se fait en parfaite autonomie. Le véhicule est conçu pour le transport des équipes sur voies ferrées pour réaliser différents travaux de maintenance sur les infrastructures ferroviaires :

- pulvérisation de produits herbicides,
- débroussaillage voies / ballasts,
- nettoyage des rails,
- grue de manutention.



Figure (2.5) : Véhicule railroute Mercedes-Benz UNIMOG U400 Euro 5 [20]

2.10 Fichiers de suivi de maintenance des rames:

Le fichier décrit les détails des opérations de la maintenance réalisés sur les rames. Il s'étend à partir de la date de l'incident survenue sur la rame jusqu'au la date de sa remise en service (voir tableau 2.6).

Date de l'incident	Rame	Véhicule	Catégorie	Défaut / Avarie	Code activité	Intervention	Date remise en service	Temps d'intervention	Nre Intervenants	Temps total
15/05/18	101	C2	2	Une fuite d'eau de clim salle CC + C2	0020 - Réparé sans dépose	nettoyage générale des cimes salle C1,CC,C2 au toiture	15/05/18	3	2	6
25/06/18	101	C1	2	Défaut clim salle C1 CC C2 faible	0020 - Réparé sans dépose	Vérification totale de clim salle C1 CC C2 , RAS	25/06/18	1	2	2
26/06/18	101	C2	2	Défaut clim salle C1 CC C2 faible	0020 - Réparé sans dépose	Vérification totale de clim salle C1 CC C2 , RAS	27/06/18	1	2	2
01/07/18	101	C1	2	Défaut clim salle C1 CC C2 faible	0020 - Réparé sans dépose	après vérification de la climatisation, RAS	01/07/18	0.5	2	1
02/07/18	101	C1	2	Défaut clim salle C1 CC C2 faible	0020 - Réparé sans dépose	après vérification de la climatisation, RAS	02/07/18	0.5	2	1

19/07/18	101	CC	2	défaut climatisation salle C1+CC+C2 faible	0020 - Réparé sans dépose	de préparation de la rame ,ouverture générale de toutes les portes & puis préparation la rame	19/07/18	1	1	1
25/07/18	101	CC	2	climatisation des salles sont faible	0020 - Réparé sans dépose	après la vérification des climes salle RAS	26/07/18	1	1	1
16/10/18	101	C1	2	fuite d'eau clim salle C1	0020 - Réparé sans dépose	nettoyage bec de canard	16/10/18	2	2	4
08/06/19	101	C2	1	Défaut clim salle faible	0020 - Réparé sans dépose	Vérification + teste tous marche bien	08/06/19	2	2	4
15/06/19	101	C2	1	Défaut clim salle faible	0020 - Réparé sans dépose	Vérification + teste tous marche bien	15/06/19	2	2	4
18/06/19	101	C1	1	Défaut clim salle faible	0020 - Réparé sans dépose	Vérification + teste tous marche bien	18/06/19	2	2	4
25/06/19	101	CC	1	Défaut clim salle	0020 - Réparé sans dépose	Vérification + teste tous marche bien	25/06/19	2	2	4
26/06/19	101	C1	1	Défaut clim salle	0020 - Réparé sans dépose	Vérification + teste tous marche bien	26/06/19	2	2	4
07/07/19	101	C2	1	Défaut clim salle faible	0020 - Réparé sans dépose	Vérification + Téléchargé les évènement teste tous marche bien	07/07/19	2	2	4
08/07/19	101	M2	1	Défaut de production chaud/froid salle 1	0020 - Réparé sans dépose	Vérification + Téléchargé les évènement teste tous marche bien	08/07/19	2	2	4
08/07/19	101	CC	1	Défaut clim salle faible CC	0020 - Réparé sans dépose	Vérification + Téléchargé les évènement teste tous marche bien	08/07/19	2	2	4
11/07/19	101	CC	1	Défaut clim salle faible CC	0020 - Réparé sans dépose	Vérification + Téléchargé les évènement teste tous marche bien	11/07/19	2	2	4
11/07/19	101	C1	1	Défaut de production chaud/froid salle 1	0020 - Réparé sans dépose	Vérification + Téléchargé les évènement teste tous marche bien	11/07/19	1	2	2
13/07/19	101	CC	1	Défaut clim salle faible CC / C1/ C2	0020 - Réparé sans dépose	Vérification + Téléchargé les évènement teste tous marche bien	13/07/19	2	2	4
14/07/19	101	C1	1	Défaut de production chaud/froid	0020 - Réparé sans	Vérification + Téléchargé les évènement teste tous	14/07/19	1	2	2

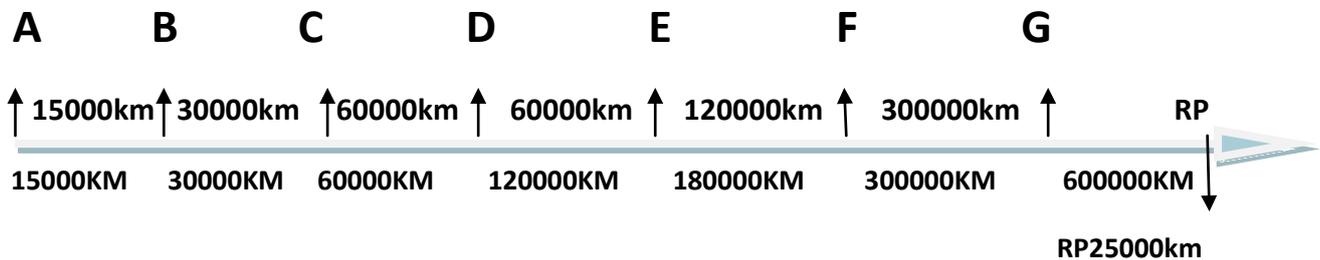
				salle 1	dépose	marche bien				
01/08/19	101	C1	1	Défaut de production chaud/froid salle 1	0020 - Réparé sans dépose	Vérification + Téléchargé les évènement teste tous marche bien	01/08/19	1	2	2
07/09/19	101	C1	1	Défaut de production chaud/froid salle 1	0020 - Réparé sans dépose	Vérification + Téléchargé les évènements	07/09/19	2	2	4
26/09/19	101	C1	1	Défaut de production chaud/froid salle 1	0020 - Réparé sans dépose	Vérification + Téléchargé les évènements	26/09/19	2	2	4
02/10/19	101	C2	1	Défaut de production chaud/froid salle 2	0020 - Réparé sans dépose	Vérification + Téléchargé les évènements	02/10/19	2	2	4
13/10/19	101	C2	1	Défaut de production chaud/froid salle 2	0020 - Réparé sans dépose	Vérification + Téléchargé les évènements	13/10/19	2	2	4
25/10/19	101	C2	1	Défaut de production chaud/froid salle 2	0020 - Réparé sans dépose	Vérification + Téléchargé les évènements	25/10/19	2	1	2
26/11/19	101	C1	1	Défaut de production chaud/froid salle C1	0020 - Réparé sans dépose	Vérification + Téléchargé les évènements	26/11/19	2	2	4
20/12/19	101	C1	1	Défaut sur 2 climatisations salle	0020 - Réparé sans dépose	Vérification + Téléchargé les évènements	20/12/19	2	2	4
23/12/19	101	C2	1	Défaut de production chaud/froid salle 2	0020 - Réparé sans dépose	Vérification + Téléchargé les évènements	23/12/19	2	1	2
29/12/19	101	C1	1	Défaut de production chaud/froid salle 1	0020 - Réparé sans dépose	Vérification + Téléchargé les évènements	29/12/19	2	2	4
30/12/19	101	C1	1	Défaut de production chaud/froid salle 1	0020 - Réparé sans dépose	Vérification + Téléchargé les évènements	30/12/19	2	2	4

Tableau (2.6): fichiers de suivi de maintenance des rames

2.11 Suivi de système de climatisation :

À travers le plan de maintenance préventive de CITAL Ouargla, nous notons qu'il est basé sur un plan bien pensé qui maintient le fonctionnement du véhicule de manière à éviter l'apparition de pannes comme indiqué dans le tableau, afin que le processus de maintenance ait lieu après que le véhicule a parcouru certaines

distances fixes, sachant que chaque distance parcourue nécessite un entretien spécifique comme indiqué dans la figure suivante:



A travers Plan de Maintenance Préventive (PMP) Climatisation salle voyageurs, nous concluons qu'il existe plusieurs processus de maintenance au niveau du groupe climatisation de sorte que chaque opération est limitée par un numéro de référence (numéro 430) car elle constitue un certain degré de risque connu par l'Indice F.

Ces opérations suivent un plan de travail qui diffère dans sa dépendance entre le temps et les distances parcourues selon L'appareil à entretenir.

2.12 Conclusion :

La maintenance est une opération que nous effectuons sur l'équipement pour assurer une durée de vie plus longue et une efficacité élevée de l'équipement aux coûts les plus bas, et la maintenance est divisée en trois types

- Correctif
- préventif
- Amélioration

Il contient également plusieurs opérations et différents niveaux

Ces opérations sont appliquées à la rame en général et en particulier au climatiseur à travers un plan spécifique et périodiquement, généralement déterminé par la distance parcourue ou le nombre d'heures de travail.

Chaque opération a un code, l'opération est enregistrée dans le fichier de la rame, il s'agit de réaliser des statistiques de pannes et de les étudier en vue de les éliminer

3.1 Introduction

La maintenance est affectée par plusieurs facteurs, dont le plus important est la fiabilité, qui joue un rôle majeur dans l'amélioration de la compétitivité et de la productivité, et par conséquent du contenu marketing. Le terme fiabilité recouvre plusieurs concepts différents liés au domaine de la maintenance et étant donné l'importance du processus de maintenance et son impact sur les performances, des méthodes d'amélioration ont été développées pour aider les responsables de la maintenance à construire ou modifier les stratégies de Maintenance comme AMDEC; Pareto.

3.2 Fiabilité :

3.2.1 Définition du concept de fiabilité :

La fiabilité est l'aptitude d'un système (équipement mécanique, électronique, informatique, . . .) à accomplir une fonction (ou mission) donnée durant une période déterminée dans des conditions spécifiques d'exploitation [8],[9]. Les conditions sont toutes les contraintes externes, qu'elles soient d'origine mécanique, chimique, atmosphérique, humaine, autres.

Le terme " fiabilité " est un néologisme (mot de création récente). En et, ce terme, traduit du mot anglo-saxon "reliability" a été introduit aux U.S.A. en 1960 par la Commission Electrotechnique Internationale. La fiabilité fait partie intégrante du concept de qualité d'un produit ou du service qui repose sur :

- ✓ Sa conformité a l'instant de l'achat ($t = 0$).
- ✓ Sa fiabilité n notée $R(t)$.

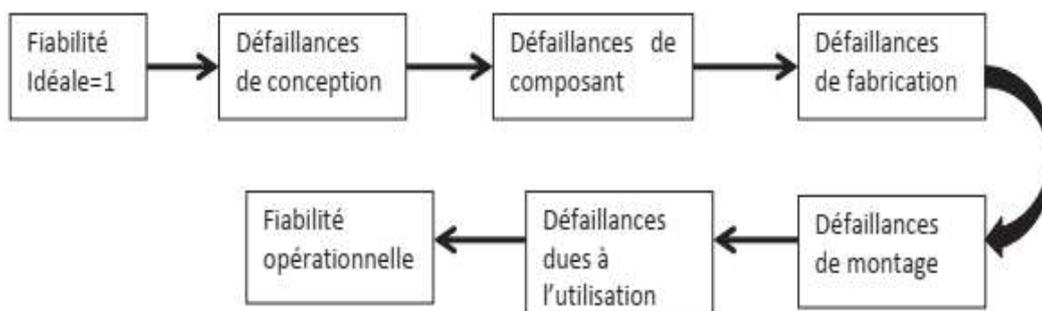


Figure (3.1) : Optimisation de la fiabilité

3.2.2 Défaillance de matériel ou système :

La défaillance est une perte partielle ou totale des propriétés d'un élément qui diminuent significativement et entraîne la perte totale de sa capacité de fonctionnement [8],[10].

3.2.3 Indices de fiabilité :

Admettons qu'à la date $t = 0$ un élément est mis en fonctionnement et qu'à la date $t = T$ il tombe en panne. La durée de vie T de cet élément est assimilée à une variable aléatoire non négative, vu que la défaillance est la conséquence de divers facteurs aléatoires. La fonction de répartition $F(t) = P(T \leq t)$ de la variable aléatoire w représente la probabilité que l'élément tombe en panne avant l'instant t .

La fonction de fiabilité, notée $R(t)$, représente la probabilité que l'élément fonctionne sans défaillance dans l'intervalle $[0, t]$. Elle est donnée par :

$$R(t) = p(T > t) = 1 - F(t)$$

La densité de probabilité $f(t)$ est la fonction dérivée de $F(t)$, définie par :

$$f(t) = \frac{\partial F(t)}{\partial t} = -\frac{\partial R(t)}{\partial t}$$

Elle représente la probabilité de défaillance de l'élément à l'instant t . L'espérance de la variable aléatoire w représente la durée de vie moyenne de l'élément :

$$E(t) = \int_0^{+\infty} t \cdot f(t) \cdot dt = \int_0^{+\infty} R(t) \cdot dt$$

On l'appelle aussi moyenne des temps de bon fonctionnement (MTTF) lorsqu'il s'agit d'un équipement réparable.

- **Taux de défaillance:**

La notion de taux de défaillance représente la probabilité de panne pour un système dans l'intervalle infiniment petit $[t, t + h]$, sachant qu'il a fonctionné sans défaillance jusqu'à l'instant t . Les notions de fiabilité ci-dessus sont liées, la connaissance de l'une d'elles permet de déterminer les autres. En effet :

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp\left[-\int_0^t \lambda(u) du\right]$$

$$\text{D'où} \quad \lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

$$\text{Ou} \quad f(t) = F'(t)$$

- **Matériel réparable :**

C'est un matériel qui peut être remis en fonctionnement après avoir subi une défaillance. La vie d'un tel matériel peut être décrite à l'aide de ce chronogramme [11]:

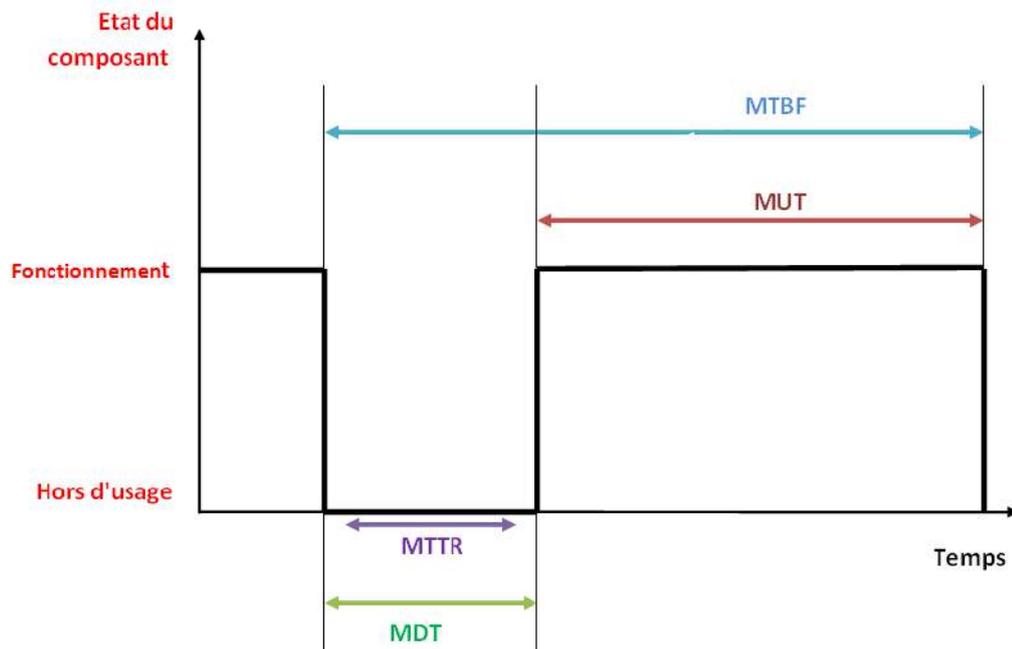


Figure (3.2) : Chronogramme d'un équipement réparable.

Avec,

MTBF : Moyenne des temps entre deux défaillances (Mean Time Between Failure).

MUT : Moyenne des temps de fonctionnement (Mean Up Time).

MDT : Moyenne des temps de panne (Mean Down Time).

MTTR : Moyenne des temps techniques de réparation (Mean Time To Repair).

- **Matériel irréparable (non réparable) :**

Le matériel ne peut-être remis en fonctionnement.

Le chronogramme correspondant est [11]:

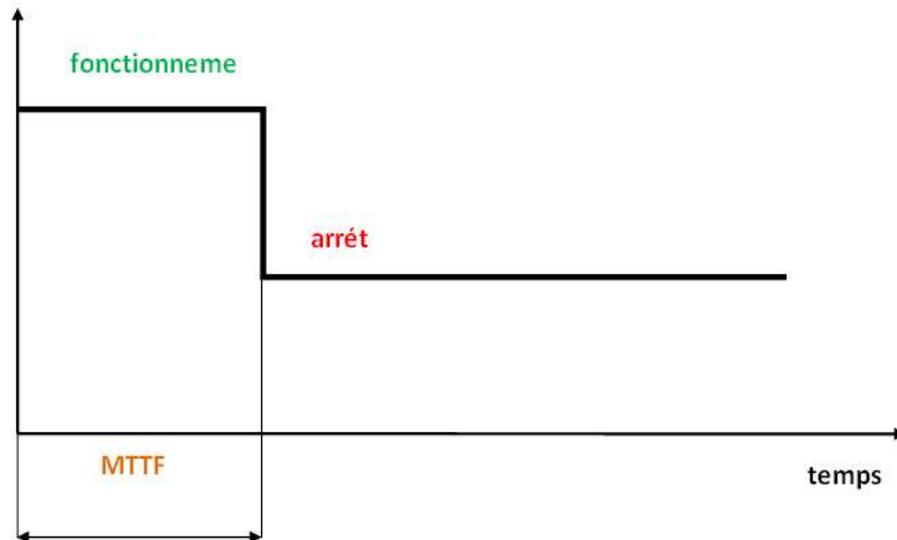


Figure (3.3): Chronogramme d'un 'équipement irréparable.

Avec :

MTTF : Moyenne des temps jusqu'`a la panne (Mean time to Failure).

3.2.3.1 Courbe de mortalité « courbe en baignoire »

La courbe en baignoire (Figure 3.4) donne l'évolution du taux de défaillance $\lambda(t)$, en fonction de l'âge du matériel. Elle comprend (pour un matériel mécanique) trois phases, chacune avec un sens de variation différent.

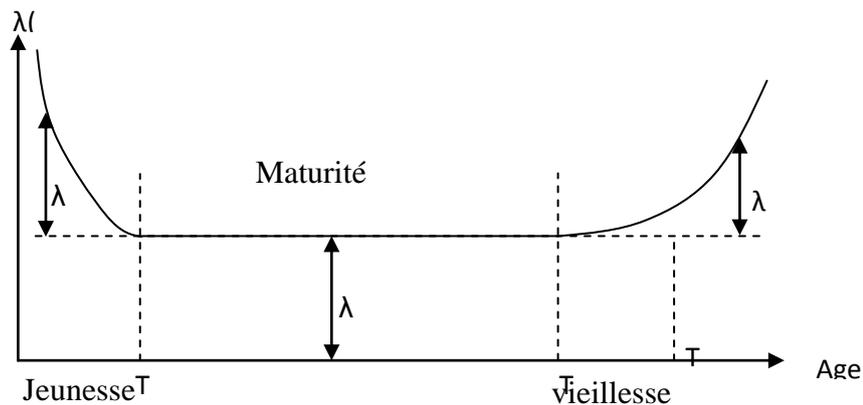


Figure (3.4): Courbe de mortalité

- Période de jeunesse : elle est caractérisée par des pannes précoces (Défauts de conception, surproduction), $\lambda(t)$ est décroissant.

- Période de maturité : correspond à la vie utile de l'élément (Défaits occasionnelles), $\lambda(t)$ est pratiquement constant.
- Période de vieillesse : correspond à la période d'usure (détérioration, corrosion, etc.) de l'élément, $\lambda(t)$ est croissant.

3.2.4 Modèles paramétriques de fiabilité :

3.2.4.1 Loi exponentielle :

C'est la plus couramment utilisée en fiabilité électronique pour décrire la période durant laquelle le taux de défaillance des équipements est considéré comme constant [12].

Elle décrit le temps écoulé jusqu'à une défaillance ou l'intervalle de temps entre deux défaillances successives.

Elle est définie par le taux de défaillance λ ou par la moyenne des temps de bon fonctionnement $\frac{1}{\lambda}$.

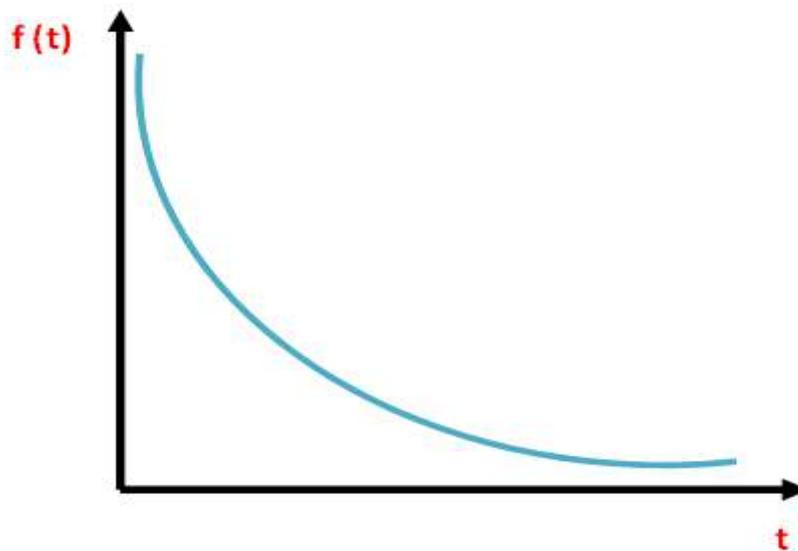


Figure (3.5) : Densité de probabilité de la loi exponentielle.

Densité de probabilité: $f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$; $t \geq 0, \lambda > 0$;

• Fonction de réparation : $F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$; $t > 0$

• Fonction de fiabilité : $R(t) = 1 - F(t) = e^{-\lambda t}$; $t \geq 0, \lambda > 0$;

- Taux de défaillance : $\lambda(t) = \lambda$;
- Espérance: $E(T) = \frac{1}{\lambda}$
- Variance: $V(T) = \frac{1}{\lambda^2}$

3.2.4.2 Loi de Weibull :

C'est une loi fréquemment utilisée en fiabilité des matériels mécaniques. Elle permet de représenter les différentes phases de la vie d'un matériel : jeunesse, vie utile et vieillesse. elle contient trois paramètres : γ , η et β .

– Le paramètre de position γ : Il représente le décalage existant entre le début de l'observation et le début du processus que l'on observe.

– Le paramètre d'échelle η , $\eta > 0$: Ce paramètre nous renseigne sur l'étendue de la distribution.

– Le paramètre de forme β , $\beta > 0$: Il est associé à la cinétique du processus observé. • Si $\beta < 1$: Le taux de défaillance décroît dans le temps, ce qui correspond à la période de jeunesse des matériels dans la courbe en baignoire.

• Si $\beta = 1$: Le taux de défaillance est constant, ce qui correspond à la période de vie utile.

• Si $\beta > 1$: Le taux de défaillance est croissant, ce qui correspond à la période de vieillesse ou d'usure.

Remarque 3.1 Pour $\beta > 3$, la loi de Weibull se rapproche de la loi Normale [13]

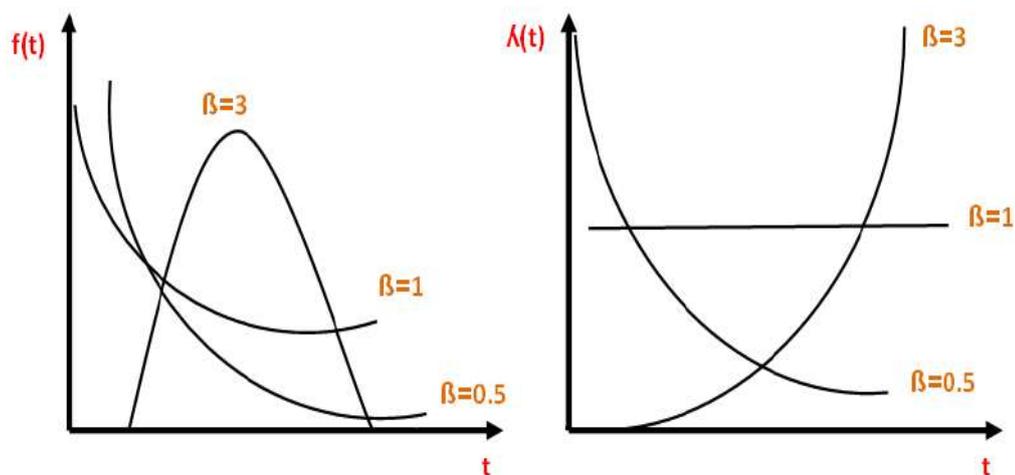


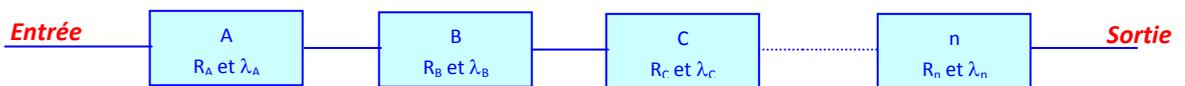
Figure (3.6): Influence de β sur la densité de probabilité et le taux de défaillance.

- Densité de probabilité : $f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \exp\left(-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right) t > \gamma;$
 - Fonction de répartition : $F(t) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right) t > \gamma;$
 - Fonction de fiabilité: $R(t) = \exp\left(-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right) t > \gamma;$
 - Espérance : $E(T) = \int_0^{+\infty} R(t) dt = \gamma + \eta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right).$
- tel que : $\Gamma(x) = \int_0^{+\infty} t^{x-1} e^{-t} .dt;$
- Taux de défaillance : $\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1}.$

3.2.5 Opérations sur la fiabilité des systèmes :

3.2.5.1 Montage série :

$R(s)$ représente la fiabilité d'un ensemble de "n" composants montés en série. La fiabilité $R(s)$ d'un ensemble de "n" composants A, B, C , ... , n montés ou connectés en série est égale au produit des fiabilités respectives $R_A, R_B, R_C, \dots, R_n$ de chacun des composants.



On a donc : $R(s) = (R_A)(R_B)(R_C) \dots (R_n)$

Nota 1 : Si les "n" composants sont identiques avec une même fiabilité R la formule sera la suivante : $R(s) = R^n$

Nota 2 : Si les taux de défaillances sont constants au cours du temps la fiabilité sera calculée suivant la formule : $R(s) = (e^{-\lambda_A t})(e^{-\lambda_B t})(e^{-\lambda_C t}) \dots (e^{-\lambda_n t})$

Avec : $MTBF = \frac{1}{\lambda_A + \lambda_B + \lambda_C + \dots + \lambda_n}$

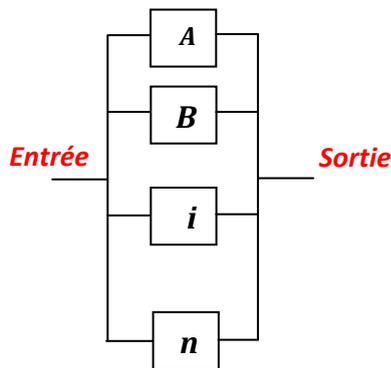
Si en plus, les composants sont identiques : $\lambda_A = \lambda_B = \lambda_C = \dots = \lambda_n = \lambda$

$MTBF = \frac{1}{n \cdot \lambda}$ et alors : $R(s) = \exp[-n \lambda t]$

3.2.5.2 Montage parallèle :

La fiabilité d'un système peut être augmentée en plaçant des composants (identiques ou non) en parallèle. Un dispositif, constitué de "n" composants en parallèle, ne peut tomber en panne que si les "n" composants tombent tous en panne au même moment. Soit les "n" composants de la figure ci-dessous montés

en parallèle. Si la probabilité de panne pour chaque composant repéré (*i*) est notée *F_i*, alors :



$$F_i = 1 - R_i$$

F_i représentant la fiabilité associée.

La **probabilité de pannes *F(s)*** de l'ensemble des "n" composants en parallèle est égal au produit des ***F_i*** entre eux :

$$F(s) = (F_A)(F_B)(F_C)...(F_n) = (1 - R_A) \times (1 - R_B) \times (1 - R_C) \times \dots \times (1 - R_n)$$

La **fiabilité *R(s)*** de l'ensemble est donnée par la relation :

$$R(s) = 1 - (1 - R_A) \times (1 - R_B) \times (1 - R_C) \times \dots \times (1 - R_n)$$

Nota : Si les "n" composants sont identiques ($R = R_1 = R_2 = \dots = R_n$) et ont tous la même fiabilité **R**, l'expression devient : $R(s) = 1 - (1 - R)^n$

3.3 Application de fiabilité sur la rame :

3.3.1 Données de calcul de fiabilité :

Le tableau 3.1 présente les données sur la rame pour six mois:

Mois	Km	Nbre de défauts	Temps Correctif	MTBF	MTTR	$\lambda=1/MTBF$	Temps Total des Interventions Maintenance	Disponibilité du parc
12/2018	99305	58	155	748.88	2.67	0.001335	#REF!	
01/2019	99103	84	413	1179.80	4.92	0.000848	1067	79.38%
02/2019	89970	77	402	1168.44	5.22	0.000856	1195	81.21%
06/2019	89198	134	516	665.66	3.85	0.001502	1539	81.30%
07/2019	89290	169	722	528.34	4.27	0.001893	1794	84.57%
08/2019	87706	75	342	1169.41	4.56	0.000855	1097	83.45%

Tableau (3.1) : les données sur la rame pour six mois.

:

3.3.2 Calcul TBF et TTR sur le système de climatisation de la rame :

TBF+TR						
N° panne	date et heur de début de panne	date et heur de fin de panne	date de début 2	TBF	TR	
01	15/05/2018 09:30:00	15/05/2018 12:30:00	16/05/2018 09:30:00	1320	03	
02	25/06/2018 10:00:00	25/06/2018 11:00:00	25/06/2018 12:00:00	2280	01	
03	26/06/2018 09:00:00	26/06/2018 10:00:00	27/06/2018 09:00:00	24	01	
04	01/07/2018 10:00:00	01/07/2018 10:30:00	01/07/2018 11:00:00	96	0,5	
05	02/07/2018 11:45:00	02/07/2018 12:15:00	02/07/2018 15:00:00	24	0,5	
06	19/07/2018 10:00:00	19/07/2018 11:00:00	19/07/2018 12:30:00	423	01	
07	25/07/2018 15:00:00	25/07/2018 16:00:00	26/07/2018 07:00:00	144	01	
08	16/10/2018 08:00:00	16/10/2018 10:00:00	17/10/2018 07:00:00	3624	02	
09	08/06/2019 09:00:00	08/06/2019 11:00:00	08/06/2019 15:30:00	7512	02	
10	15/06/2019 10:40:00	15/06/2019 12:40:00	16/06/2019 07:00:00	168	02	
11	18/06/2019 07:00:00	18/06/2019 09:00:00	18/06/2019 11:00:00	72	02	
12	25/06/2019 09:00:00	25/06/2019 11:00:00	25/06/2019 15:00:00	168	02	
13	26/06/2019 11:00:00	26/06/2019 13:00:00	26/06/2019 15:00:00	24	02	
14	07/07/2019 08:00:00	07/07/2019 10:00:00	07/07/2019 11:30:00	264	02	
15	08/07/2019 10:00:00	08/07/2019 12:00:00	08/07/2019 15:00:00	1123 2	02	
16	08/07/2019 08:00:00	08/07/2019 10:00:00	08/07/2019 15:30:00	24	02	
17	11/07/2019 10:00:00	11/07/2019 12:00:00	12/07/2019 15:00:00	72	02	
18	11/07/2019 09:00:00	11/07/2019 10:00:00	11/07/2019 11:00:00	72	01	
19	13/07/2019 08:00:00	13/07/2019 10:00:00	13/07/2019 12:00:00	48	02	
20	14/07/2019 10:00:00	14/07/2019 11:00:00	14/07/2019 15:00:00	72	01	
21	01/08/2019 11:00:00	01/08/2019 12:00:00	01/08/2019 14:00:00	384	01	
22	07/09/2019 08:00:00	07/09/2019 10:00:00	07/09/2019 11:30:00	888	02	
23	26/09/2019 07:00:00	26/09/2019 09:00:00	26/09/2019 11:15:00	456	02	
24	02/10/2019 08:00:00	02/10/2019 10:00:00	02/10/2019 11:00:00	120	02	
25	13/10/2019 11:00:00	13/10/2019 13:00:00	13/10/2019 15:00:00	264	02	
26	25/10/2019 11:00:00	25/10/2019 13:00:00	25/10/2019 15:00:00	288	02	
27	26/11/2019	26/11/2019	26/11/2019 11:30:00	744	02	

	09:00:00	11:00:00				
28	20/12/2019	20/12/2019	20/12/2019	13:00:00	888	02
	09:00:00	11:00:00				
29	23/12/2019	23/12/2019	23/12/2019	11:00:00	648	02
	08:00:00	10:00:00				
30	29/12/2019	29/12/2019	29/12/2019	11:30:00	144	02
	08:00:00	10:00:00				
31	30/12/2019	30/12/2019	31/12/2019	08:00:00	24	02
	08:00:00	10:00:00				

Tableau (3.2) : calcul TBF et TTR sur le système climatisation en rame.

3.3.3 Calcul de taux de défaillance, fiabilité, défaillance et densité :

Il s'agit de calcul sur le système de climatisation de la rame:

N° panne	Taux de défaillance $\lambda(t)$	Densité $f(t)$	Fiabilité $R(t)$	$R(t)\%$	Défaillance $F(t)$	$F(t)\%$
01	$7,57*10^{-4}$	$2,786*10^{-4}$	0,37	37%	0,63	63%
02	$4,38*10^{-4}$	$1,613*10^{-4}$	0,37	37%	0,63	63%
03	0,04	0,0153	0,38	38%	0,62	62%
04	0,01	$3,828*10^{-3}$	0,38	38%	0,62	62%
05	0,04	0,0153	0,38	38%	0,62	62%
06	$2,36*10^{-3}$	$8,69*10^{-4}$	0,37	37%	0,63	63%
07	$6,94*10^{-3}$	$2,55*10^{-3}$	0,37	37%	0,63	63%
08	$2,76*10^{-4}$	$1015*10^{-4}$	0,37	37%	0,63	63%
09	$1,33*10^{-3}$	$6,09*10^{-8}$	0,37	37%	0,63	63%
10	$5,95*10^{-3}$	$2,2015*10^{-3}$	0,37	37%	0,63	63%
11	0,01	$3,828*10^{-3}$	0,38	38%	0,62	62%
12	$5,95*10^{-3}$	$2,2015*10^{-3}$	0,37	37%	0,63	63%
13	0,04	0,0153	0,38	38%	0,62	62%
14	$3,79*10^{-3}$	$1,40*10^{-3}$	0,37	37%	0,63	63%
15	$8,9*10^{-5}$	$3,29*10^{-5}$	0,37	37%	0,63	63%
16	0,04	0,0153	0,38	38%	0,62	62%
17	0,01	$3,828*10^{-3}$	0,38	38%	0,62	62%
18	0,01	$3,828*10^{-3}$	0,38	38%	0,62	62%
19	0,02	$7,4*10^{-3}$	0,37	37%	0,63	63%
20	0,01	$3,828*10^{-3}$	0,38	38%	0,62	62%
21	$2,6*10^{-3}$	$9,62*10^{-4}$	0,37	37%	0,63	63%
22	$1,12*10^{-3}$	$4,032*10^{-4}$	0,36	36%	0,64	64%
23	$2,19*10^{-3}$	$8,103*10^{-4}$	0,37	37%	0,63	63%
24	$8,33*10^{-3}$	$3,08*10^{-3}$	0,37	37%	0,63	63%
25	$3,78*10^{-3}$	$1,39*10^{-3}$	0,37	37%	0,63	63%

26	$3,47 \cdot 10^{-3}$	$1,283 \cdot 10^{-3}$	0,37	37%	0,63	63%
27	$1,34 \cdot 10^{-3}$	$4,95 \cdot 10^{-4}$	0,37	37%	0,63	63%
28	$1,12 \cdot 10^{-3}$	$4,03 \cdot 10^{-4}$	0,36	36%	0,64	64%
29	$1,54 \cdot 10^{-3}$	$5,698 \cdot 10^{-4}$	0,37	37%	0,63	63%
30	$6,94 \cdot 10^{-3}$	$2,56 \cdot 10^{-3}$	0,37	37%	0,63	63%
31	0,04	0,0152	0,38	38%	0,62	62%

Tableau (3.3) : Taux de défaillance, fiabilité, défaillance et densité

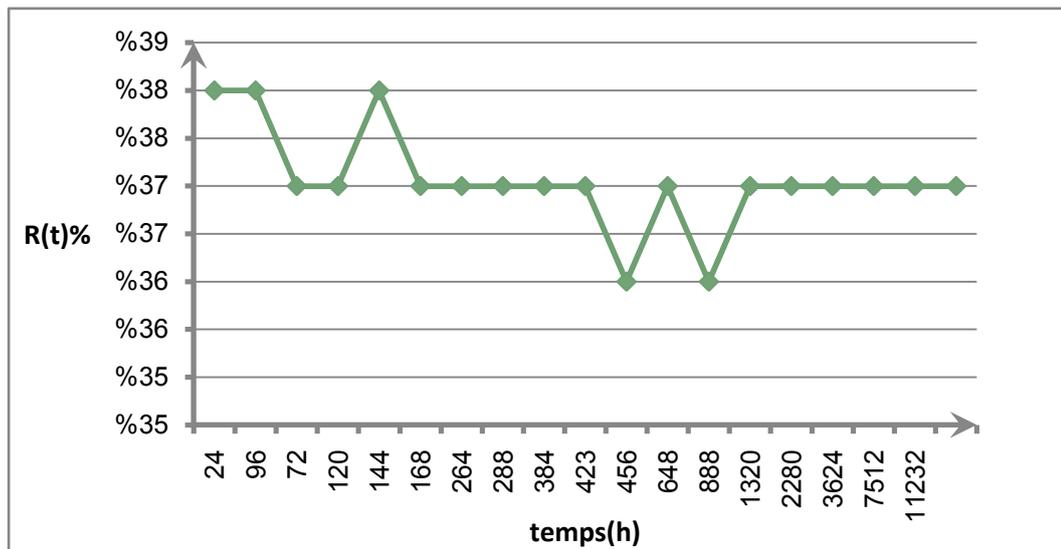


Figure (3.7) : Fiabilité de système

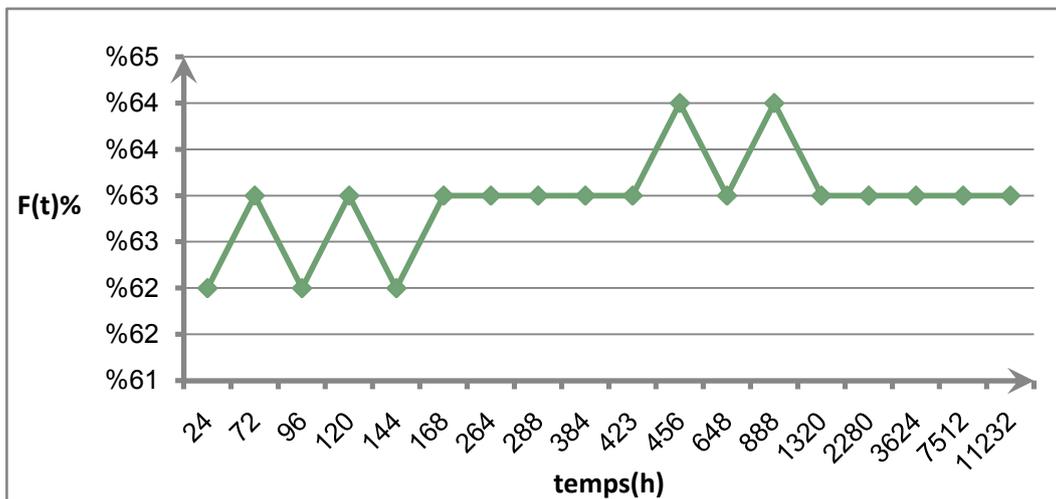


Figure (3.8) : Défaillance de système

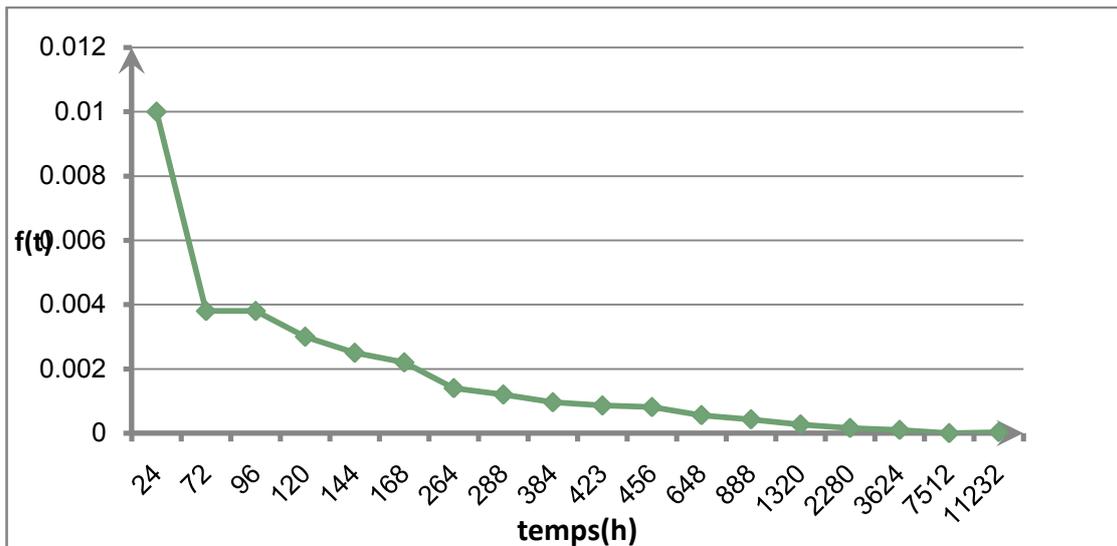


Figure (3.9) : Densité de système.

3.4 Méthodes d'optimisation de la maintenance :

3.4.1 Introduction :

Dans le contexte actuel d'ouverture des marchés, les entreprises doivent améliorer leur compétitivité et donc leur productivité. « Produire plus pour moins cher » c'est avoir une meilleure disponibilité des moyens de production et c'est dépenser moins.

Or la maintenance influe sur les deux facteurs : une maintenance mieux ciblée, c'est moins d'indisponibilité ; une maintenance mieux maîtrisée, c'est moins de dépenses, Au vu de l'importance du processus maintenance et de son impact sur les performances des installations, des méthodes d'optimisation ont été développées permettent d'aider les responsables de maintenance à construire ou à modifier les stratégies de maintenance telle que la méthode AMDEC, le diagramme de Pareto [14].

3.4.2 Analyse des méthodes de défaillance de leur effet et criticité (AMDEC)

3.4.2.1 Définition de l'AMDEC :

C'est une méthode qualitative et inductive qui définit une règle ou une loi à partir de l'expérience : un raisonnement inductif visant à identifier les risques de pannes potentielles. Contenus dans un avant _ projet de produit ou de système, quelles que soient les technologies, de façon à les supprimer ou à les maîtriser [15].

3.4.2.2 Application de la méthode AMDEC sur le système de climatisation

Nous avons un ensemble de défauts qui s'accumulent sur le chariot, nous voulons réduire le temps passé à le réparer et faciliter le processus de détection, nous utilisons donc la méthode AMDEC , comme indiqué dans le tableau suivant:

éléments	fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	effet	détection	Cotation de la criticité			
						F	G	D	C
Une fuite d'eau de clim salle	nettoyage générale des climes salle C1,CC,C2 au toiture	hydraulique	les trous de passage l'eau clim a l'extérieure sont bouchées	RS – Retrait prochain terminus	Tuyau d'évacuation des condensats	1	3	2	6
Défaut clim salle faible	Vérification ' totale de clim salle C1 CC C2 , RAS	mécanique	RAS	RS – Retrait prochain terminus	GROUPE DE CLIM SALLE	4	3	3	36
Défaut de production chaud/froid salle	Vérification + Téléchargé les évènement teste tous marche bien	hydraulique	RAS	RS – Retrait fin journée service commercial	Intérieure Salle	4	3	1	12

Tableau (3.4): La méthode AMDEC sur le système climatisation

Classement des problèmes rencontrés :

Les actions menées sont décidées par le groupe de travail pour pouvoir éliminer tous points critiques. A partir de la valeur de la criticité, on peut classer les problèmes par ordre décroissant et les répartir en différentes classes (tableau 3.5).

Valeur de la criticité	Politique de la maintenance
$C < 16$	Mise sous correctif.
$16 \leq C < 32$	Mise sous préventif à la fréquence faible.
$32 \leq C < 36$	Mise sous préventive à la fréquence élevée.
$36 \leq C < 48$	Recherche d'amélioration.
$48 \leq C < 64$	Reprendre la conception.

Tableau (3.5): la criticité (G,F,D)

3.4.2.3 Résultat de la méthode AMDEC :

A travers le tableau (3.4), on remarque:

Elément (Une fuite d'eau de clim salle) et élément (Défaut de production chaud/froid salle) il semblait être placé sous le pari de correction.

Elément (Défaut clim salle faible) Rechercher une amélioration.

D'après ce que nous avons vu dans le tableau (3.4) et (3.5) nous concluons que le but est de Déterminer l'importance ou la criticité de chaque mode de défaillance, classer les modes de défaillance, Etablir des échelles de signification et de probabilité de défaillance.

3.4.3 L'analyse de Pareto(ABC) :

3.4.3.1 Définition de l'analyse de Pareto :

L'analyse de Pareto consiste à déterminer la minorité des causes responsables des majorités des effets, on peut alors faire un plan d'action sélectif qui s'attaque aux éléments essentiels

On peut grâce à elle déterminer par exemple:

_ la minorité des équipement responsables de la majorité des cout de maintenance

_ la minorité des défaillances responsables de la majorités des arrêts de produits

Zone A 20% d'éléments responsables 80% des effets

Zone B 30% d'éléments responsables 15% des effets

Zone C 50% d'éléments responsables 5% des effets

3.4.3.2 Application de la Méthode PARETO sur le système de climatisation

-défaut clim salle faible : 16 fois

-défaut production froid chaud : 13 fois

-défaut fuit d'eau:2 fois

Cause	Ordre	Cumule Ordre	Cumule Ordre(%)	Nombre fois	Cumule Nbr.fois	Cumule Nbr.f (%)
clim salle faible	1	1	$1/6=16\%$	16	16	$16/31=51\%$
production frd\chd	2	3	$3/6=50\%$	13	29	$29/31=93\%$
fuit d'eau	3	6	$6/6=100\%$	2	31	$31/31=100\%$
Total	\	6	100%	\	31	100%

Tableau (3.6) : Classement des cause par ordre decroissant

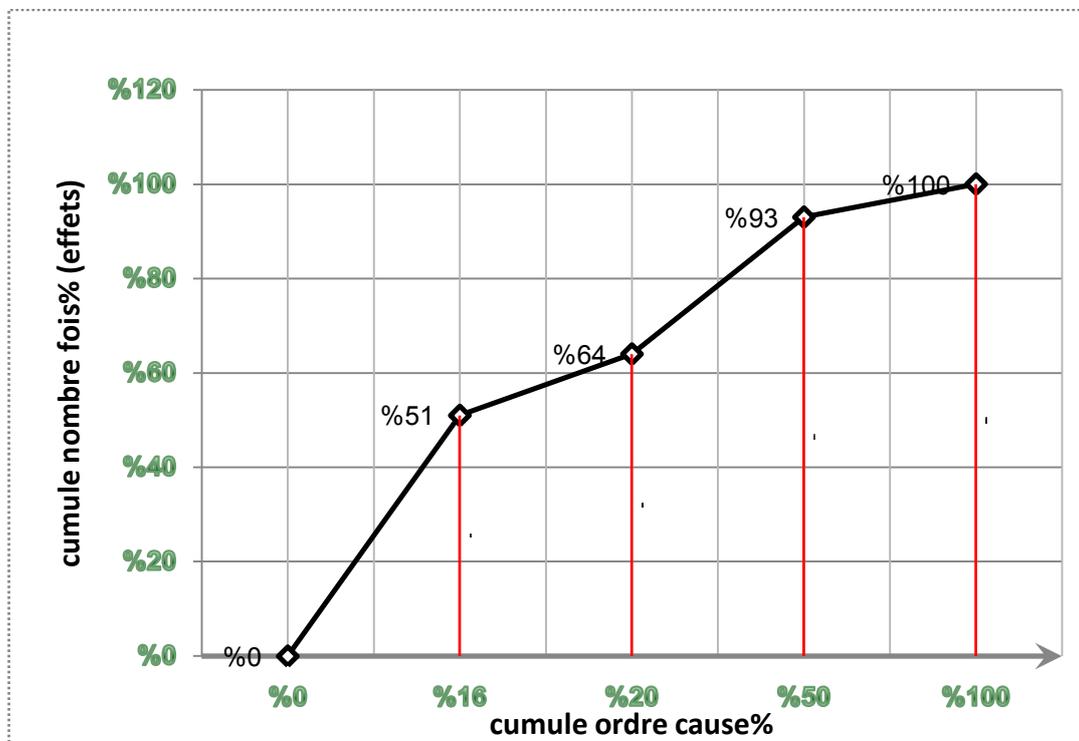


Figure (3.10) : Courbe des défauts de système climatisation.

3.4.3.3 Discussions des allures des courbes :

À travers la courbe, on remarque que le pourcentage du nombre des fois où les défauts (effets) survies augmentent avec l'augmentation du pourcentage d'accumulation du système des causes, et à partir de là, cette courbe peut être divisée en trois zones:

Zone A 20% des causes responsable 64% des pannes (effets)

Zone B 30% des causes responsable 29% des pannes (effets)

Zone C 50% des causes responsable 7% des pannes (effets)

3.5 Conclusion :

La fiabilité fait partie intégrante du concept de qualité de produit ou de processus, car elle représente la capacité du système à remplir ses fonctions dans un délai spécifié, ce qui à son tour assure la force du produit sur le marché et gagne ainsi la confiance des clients.

Les méthodes d'analyse des causes de défaillance sont des méthodes préventives qui peuvent être appliquées à un produit ou une méthode dans le but de :

- Protection contre les défaillances
- Étude des causes de défaillance
- Détermination de ses conséquences
- Classement de défaillance et ses priorités

Ces résultats permettent de prendre les mesures nécessaires et la priorité par la détermination de type de maintenance requis dans le plan de maintenance de l'équipement qui peut être préventif ou correctif. Cela augmente la durée de vie de l'appareil et garantit de bonnes performances aux coûts les plus bas.

Conclusion générale

Dans ce mémoire, nous intéressons à l'étude de performance de circuit de conditionnement d'air de tramway, et pour réaliser cette étude nous avons passé stage pratique dans le centre de maintenance du tramway de Ouargla CITAL pour se familiariser avec les différentes structures de ce centre, ainsi que son système de travail et nous avons également pu voir en détail les composants du rame, notamment le climatiseur qui est le thème à étudié.

Le climatiseur dépend de quatre organes de base dans son travail (compresseur, condenseur, détendeur, évaporateur) Ils fonctionnent en série, en circuit fermé.

Ce système est soumis à différentes politiques de maintenance (préventive, corrective et amélioration), ce qui garantit une durée de vie plus longue des dispositifs du système au coût le plus bas possible.

Après avoir introduit les notions de base de fiabilité, nous avons procédé au calcul d'indicateurs de fiabilité en fonction de la disponibilité des équipements de chaque appareil selon la loi exponentielle des appareils liés au climatiseur.

Nous avons également pu identifier les équipements les plus faibles ainsi que de déterminer et classer les pannes et étudier leurs causes et conséquences au moyen de méthodes préventives approuvées dans le domaine de la maintenance (méthode ABC, AMDEC). Ces analyses donnent des résultats qui permettent de définir le protocole de base pour éviter la défaillance.

Pour un future travail nous espérons de compléter l'aspect de la gestion de maintenance assisté par ordinateur qui un outil primordial pour la maitrise de la maintenance de parc roulant.

Références

- [1] www.alston.com, consulté le 25/05/2020.
- [2] www.cital-dz.com , consulté le 30/05/2020.
- [3] www.societe.com/societe/faiveley-transport-nsf, consulté le 04/05/2020.
- [4] Kelly A, Harris M. j., Management of industrial maintenance, London, Butterworths Management Library,1978.
- [5] Jean-Marie Auberville, Génie Industrielle. Maintenance Industrielle de l'entretien de base à l'opération de la sureté, 2004.
- [6] Babana Ould Mohamed Lamine, Méthodes de maintenance, Institut Supérieur d'Enseignement Technologique de Rosso, Mauritanie, 2009.
- [7] Francois Monchy, la fonction maintenance, Edition, MASSON, 1996.
- [8] D. Aïssani, Cours de modélisation. Département de Recherche Opérationnelle et Informatique, Université de Bejaia 2010.
- [9] X. Borax, TPM en quelques mots. E.R.I.C.S Associes, 2003.
- [10] H. Procaccia, L. Piepszownik. Fiabilité des équipements et théorie de la décision statistique fréquentielle et bayésienne. Ed. Eyrolle, 1992.
- [11] P. Lionnet. Optimisation d'une politique de maintenance. Ed. Techniques et documentation (Lavoisier), 1993.
- [12] J. C. Ligeron, P. Lionnet. La fiabilité en exploitation, organisation et traitement des données. Ed. Techniques et documentation (Lavoisier), 1993.
- [13] A. Aïssani, Modèles Stochastiques de la théorie de fiabilité. O.P.U, 1992.
- [14] www.maintenance-preventive.com, consulté le 11/04/2020
- [15] www.boutique.afnor.org, consulté le 12/05/2020.
- [16] KEDIDI Abessamed & BABKAR Omar, Study of tramway thermal comfort in Ouargla city. Mémoire de master, Université Kasdi Merbah OUARGLA, 2019

-
- [17] Benhassani Wahiba, La commande de tramway : Cas de tramway de Constantine. Mémoire de master, Université Larbi Ben M'Hidi, Oum El Bouaghi, Juin 2016.
- [18] /www.stm.info/fr, consulté le 21/05/2020.
- [19] Gabriel Haller, RTA Rail Tec Arsenal Fahrzeugversuchsanlage GmbH 1210 Vienna Paukerwerkstrasse 3, Austria, 2006.
- [20] Catalogue Daimler AG, Mercedes-Benz Special Trucks, 2018

Résumé

Les moyens de transport modernes se distinguent par leur efficacité à atteindre le confort thermique des passagers, en particulier dans des conditions climatiques difficiles, et en conséquence nous avons discuté dans cette mémoire l'étude de la performance du système de circuit de refroidissement dans le climatiseur de tramway dans l'entreprise Cital (Tramway Maintenance Corporation de Ouargla), et pour maintenir cette fonctionnalité, ce système est soumis à divers processus de maintenance déterminés par des méthodes étudiées.(ABC, AMDEC), qui permet d'identifier les défauts et les éléments critiques du système et ainsi réduire le temps d'indisponibilité, de sorte que l'amélioration des opérations de maintenance dépend de la connaissance de la fiabilité des appareils. La mise en œuvre de ces politiques a montré une amélioration significative des coûts et de la qualité.

Mots-clé: tramway, Système de climatisation, maintenance, défaillance, fiabilité, ABC,AMDEC.

Abstract:

Modern means of transport are distinguished by their efficiency in achieving thermal comfort of passengers, especially in difficult climatic conditions, and as a result we have discussed in this thesis the study of the performance of the cooling cycle system in the air conditioner from the Tramway Maintenance Corporation of Ouargla (CITAL), and to maintain this functionality, this system is subjected to various maintenance processes determined by studied methods. (ABC,AMDEC) which helps identify faults and critical system elements and thereby reduce downtime, so that improving maintenance operations depends on knowing the reliability of devices. The implementation of these policies has shown a significant improvement in costs and quality.

Keywords: Tramway, Air conditioning system, Maintenance, Failure, Reliability, ABC,AMDEC.

ملخص

تتميز وسائل النقل الحديثة بكفاءتها في تحقيق الراحة الحرارية للركاب خاصة في ظل الظروف المناخية القاسية، وعليه تطرقنا في هذه المذكرة إلى دراسة أداء نظام دورة التبريد في المكيف الهوائي بمؤسسة صيانة الترامواي بورقلة (CITAL)، وللحفاظ على هذه الميزة يخضع هذا النظام لعمليات صيانة مختلفة تحددها طرق مدروسة (AMDEC,ABC) والتي تسمح بتحديد العيوب والعناصر الحساسة في النظام وبالتالي تقليص زمن عدم الإتاحة، بحيث يعتمد تحسين عمليات الصيانة على معرفة موثوقية الأجهزة. أظهر تطبيق هذه السياسات تحسنا كبيرا في التكلفة والجودة.

الكلمات المفتاحية: الترامواي ، نظام التبريد ، الصيانة، العطل، الموثوقية، ABC ، AMDEC