

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

جامعة غرداية

Université de Ghardaïa

N° d'enregistrement

/.../.../.../.../...



كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

قسم الآلية والكهروميكانيك

Département d'Automatique électromécanique

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de master

Domaine : Science et technologie

Filière : Électromécanique

Spécialité : Maintenance Industrielle

Thème :

Etude de la maintenance préventive des boites à vitesse des
camions poids lourds MAN

Soutenue publiquement le :...../.../....

Par :

Houache ilyes et Hani Noureddine

Devant le jury composé de :

M.BENDAOUI

...MCB....

Univ. Ghardaïa

Examinateur

F.AKARMI

...MCA....

Univ. Ghardaïa

Examinateur

B.ZITANI

...MAA....

Univ. Ghardaïa

Encadreur

Année universitaire 2022/2023

REMERCIEMENT

Tout d'abord, nous exprimons notre gratitude envers Dieu, le tout-puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience nécessaires pour accomplir ce travail modeste.

Ensuite, nous tenons à remercier chaleureusement notre encadrant,

M. ZITANI, pour ses conseils précieux et son assistance tout au long de cette période de travail. Nous sommes également reconnaissants envers M. LATRECHE Ahmed, le gérant de l'entreprise TRUCK TEC, pour avoir facilité notre accès aux terrains d'étude sur la maintenance des camions poids lourds dans le grand sud algérien. Nous souhaitons également exprimer notre gratitude envers tous les professeurs qui nous ont enseigné et formé durant notre parcours universitaire.

Nous n'oublions pas de remercier notre famille et nos proches qui nous ont soutenus à tout moment. Nous remercions également nos amis d'étude, en particulier les étudiants du département Electromécanique, avec qui nous avons partagé de bons et mauvais moments. Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui nous ont aidés et soutenus pour mener à bien ce projet. Nous sommes reconnaissants pour leur contribution à notre réussite.

Liste des figures :

Introduction général :

Figure: 1.camion MAN TRUCK.....1

Chapitre I : la mécanique des camions poids lourd :

Figure I : 1.TRUCK TEC.....	4
Figure I : 2.l'atelier de TRUCK TEC.....	5
Figure I : 3.Réparation mécanique.....	6
Figure I : 4.Réparation électriques.....	7
Figure I : 5.Scanner (diagnostic) [13]	8
Figure I : 6.Tôlerie [13].....	8
Figure I : 7.moteur MAN TRUCK.....	9
Figure I : 8.la boite vitesse.....	11
Figure I : 9.la boite vitesse manuelle [2].....	11
Figure I : 10.la boîte de vitesses automatique [2].....	12
Figure I : 11.la boîte de vitesses ZF.....	13
Figure I : 12.logo de la société ZF FRIEDRICHSHAFEN AG [3]	13
Figure I : 13.la boite vitesse ZF dans TRUCK TEC.....	14
Figure I : 14.bloc boite vitesse ZF.....	15
Figure I : 15.plaque signalétique de boite vitesse ZF	15
Figure I : 16.arbre primaire vide [4]	17
Figure I : 17.arbre primaire avec des synchrones et des pignons	17
Figure I :18. arbre secondaire vide [4]	18
Figure I : 19.arbre secondaire avec des synchrones et des pignons	18
Figure I : 20.les synchrones [4]	19

Figure I : 21.les pignons [4].	20
Figure I :22. Les fourchettes.	21
Figure I : 23.LOT DE JOINTS de biote vitesse ZF [4]	22
Figure I : 24.les roulements mécaniques.	23
Figure I : 25.les roulements mécaniques ZF.	24
Figure I : 26.Système de freinage pneumatique.	25
Figure I : 27.Freins à disque et à tambour.	25
Figure I : 28.Régulateur de freinage électronique (EBS)	26
Figure I : 29.Système antiblocage des roues (ABS)	27
Figure I : 30.Pneus	28
Figure I : 31.TRUCK suspension	28
Figure I :32. Cabine	30
Figure I :33. Cabine MAN TRUCK	31
Figure I : 34.Châssis.	32

Chapitre II : Historique et statistiques

Figure II : 1.tableau des Historiques.	36-37
Figure II : 2.lubrifiant de boite vitesse.	39

Chapitre III : Les méthodes utilisées dans maintenance préventive :

Figure III :1. Les différentes formes de la maintenance	42
Figure III : 2.Analyse des temps de la maintenance	47
Figure III: 3.Diagramme cause-effet (5M)	50
Figure III : 4.Diagramme de Pareto	51

Chapitre IV : Analyse des résultats de maintenance préventive :

Figure IV :1. tableau des Historiques	56
Figure IV :2. tableau des types des panne	57
Figure IV :3.tableau de la méthode AMDEC	58
Figure IV : 4.tableau de la méthode ABC.	60-61

Figure IV : 5.la courbe ABC61

Liste des abréviations explicitées

TTR : Temps de réparation

TBF : Temps de bon fonctionnement

UT : Temps entre défaillances

R(t) : Fonction de fiabilité

F(t) : Fonction de défaillances

f (t) : Densité de probabilité

λ (t) : Taux de défaillance

MUT : Moyenne temps entre défaillance

MTTR : Moyenne de temps de réparation

μ : temps de réparation

MTBF : Moyenne de Temps de bon fonctionnement

F : Fiabilité

M : Maintenabilité

D : Disponibilité

β : Paramètre de forme

γ : Paramètre de position

η : Paramètre d'échelle

AMDEC : Analyse des Modes des Défaillance de leurs Effets et de leur Criticité

Table des matières

REMERCIEMENT	i
Liste des figures :	ii
Liste des abréviations explicitées.....	iv
Table des matières.....	v
Introduction Générale	2
1. Introduction :	1
2. Son rôle dans l'importance économique :	2
Chapitre I : La mécanique des camions poids lourds	3
I . Présentation du Lieu de Stage :	4
1. Introduction :	4
2. Les Service de l'atelier :	5
2.1 Entretien d'un poids lourd :	5
2.2. Réparation mécanique :	6
2.3. Réparation électriques :	7
2.4. Scanner (diagnostic) :	7
2.5 Tôlerie :	8
II . Les composants des camions MAN :	9
1. Moteur :	9
- Moteur D08 :	9
- Moteur D15 :	10
- Moteur D26 :	10
- Moteur D38 :	10
2. Boîte de vitesses :	11
2.1 Les types de boîtes de vitesses :	11
2.2 La boite vitesse de MAN TRUCK :	13
2.2.1 Définition de la société ZF FRIEDRICHSHAFEN AG :	13
2.2.2 Les composants principales de boite vitesse MAN TRUCK (ZF) :	14
-bloc boite vitesse ZF :	14
-Arbre primaire :	17
-arbre secondaire :	18
-les pignons et les synchros :	19
-Les fourchettes :	21
-Les joints de la boîte de vitesses :	22

-les roulements mécaniques :	23
3. Système de freinage :	25
4- Pneus :	28
5- Suspension :	28
6- Cabine :	29
7- Châssis :	32
-En conclusion	33
Chapitre II : Historique et statistiques	35
1. Problèmes sur le lieu de travail :	36
1.1 Historiques des réparations de boite vitesse 2022 :	36
1.2 Les problèmes les plus courants dans les boîtes de vitesse des camions MAN TRUCK :	37
2. Les huiles et le vidange des boites vitesses ZF des camions poids lourd :	38
Chapitre III :Les méthodes utilisées dans maintenance préventive	40
Introduction :	41
1. Définition de la maintenance (norme NF EN 13306) :	41
2. Les différentes formes de la maintenance :	41
3. Objectifs de la maintenance (norme FD X 60-000) :	42
4. La stratégie de maintenance (norme FD X 60-000) :	43
5. Les types de maintenance (norme NF EN 13306):	43
5.1 Maintenance Corrective :	43
5.2 Maintenance préventive (norme NF EN 13306) :	43
6.Les types de maintenance préventive	44
6.1. Maintenance préventive conditionnelle	44
6.2.Maintenances préventives systématiques	44
✓ Visites systématiques	44
✓ Remplacements systématiques	45
7.Objectifs de la maintenance préventive :	45
8.Les temps de la maintenance :	47
9.Les méthodes utilisées en maintenance :	48
9.1. Q, Q, O, Q, C, P :	48
9.2 Diagramme cause-effet (5M)	49
9.3.Diagramme de Pareto :	50
10. La méthode AMDEC :	51
10.1. Objectifs de l'AMDEC :	52
10.2. Les types de la méthode AMDEC :	52
Conclusion	53

Chapitre IV : Analyse et les résultats de maintenance préventive.....	54
1. introduction :	55
2. historique des pannes de la boite vitesse ZF des camions poids lourds MAN TRUCK :	55
3. l'application de la méthode AMDEC :	58
4. l'application de la méthode ABC :	60
Interprétation de la courbe :	62
Conclusion générale.....	63
Références bibliographiques.....	65
Résumé.....	68

Introduction Générale

1. Introduction :

-Les camions poids lourds sont généralement définis comme des camions dont la charge utile varie entre 3,5 tonnes et plus de 50 tonnes, et ils sont utilisés pour transporter des marchandises lourdes et volumineuses telles que des conteneurs, des matières premières, des machines lourdes, des équipements industriels, des denrées alimentaires, des boissons et des produits dangereux.

Dans l'économie algérienne, les camions poids lourds jouent un rôle vital dans le transport de marchandises et de matières essentielles, contribuant ainsi grandement à permettre aux entreprises et aux institutions de livrer leurs produits sur différents marchés et de répondre aux besoins logistiques.



Figure : 1.camion MAN TRUCK

Ils font également partie intégrante des industries de transformation et des usines, où ils sont utilisés pour transporter des matières premières et des produits finis.

Au niveau mondial, les camions poids lourds sont un élément essentiel de la chaîne d'approvisionnement mondiale, contribuant au transport de marchandises à travers les frontières et facilitant le commerce international. Par conséquent, la croissance économique et le commerce international dépendent largement des camions poids lourds et de leur rôle dans le transport de marchandises entre les pays. Et Les camions poids lourds nécessitent une maintenance régulière et des soins particuliers pour le moteur, le système de transmission, le système de freinage, la boîte de vitesses et d'autres pièces essentielles du véhicule afin de maintenir ses performances et sa sécurité dans les meilleures conditions.

2. Son rôle dans l'importance économique :

-Les camions jouent un rôle vital dans le transport terrestre en Algérie et dans le monde, où ils constituent un moyen de transport essentiel pour les marchandises et les matières premières des usines et des fermes vers les entrepôts, les marchés et les ports.

En Algérie, le transport terrestre est l'un des secteurs économiques les plus importants, car la plupart des industries et des entreprises dépendent des camions pour transporter les marchandises et les matières premières. Les camions sont également un moyen de transport principal pour les produits importés et exportés, ce qui contribue à renforcer le commerce international de l'Algérie.

Au niveau mondial, le transport terrestre est une partie intégrante de l'économie mondiale, car de nombreux produits et marchandises sont transportés à travers les frontières internationales en utilisant des camions. Les camions sont également un moyen de transport principal pour le pétrole, le gaz et d'autres matières premières, qui représentent une part importante du commerce international.

En outre, les camions offrent des emplois à de nombreuses personnes, que ce soit en tant que chauffeurs de camions ou dans des emplois de soutien au transport terrestre, ce qui contribue à stimuler la croissance économique et à améliorer le niveau de vie de nombreux individus.

Par conséquent, on peut dire que les camions jouent un rôle vital dans le transport terrestre et l'économie, que ce soit en Algérie ou dans le monde, en contribuant à renforcer le commerce, à offrir des opportunités d'emploi et à améliorer le niveau de vie des individus.

Chapitre I : La mécanique des camions poids lourds

I. Présentation du Lieu de Stage :

1. Introduction :

-Ces dernières années ont vu un essor ou un développement des services dans le domaine des poids lourds et des camions avec remorques, après l'implantation de quelques ateliers, dont **TRUCK TEC**.

L'atelier **TRUCK TEC** a été créé en 2010, situé dans la zone industrielle du Soudan à Berriane à GHARDAIA, et il est spécialisé dans les services de maintenance pour les poids lourds et les camions [1].



Figure I :1. TRUCK TEC

Aujourd'hui, **TRUCK TEC** c'est 10 collaborateurs mobilisés autour des métiers de service que sont : contrat d'entretien, gestion de flotte, formation à la consommation, etc.), entretien et réparation poids lourds, vente de pièces et prestations châssis remorques (tôlerie, sablage, peinture , mise à niveau de banc...)



Figure I:2. l'atelier de TRUCK TEC

2. Les Service de l'atelier :

2.1 Entretien d'un poids lourd :

- Vidanger l'huile moteur.
- Changer les éléments filtrants par des équivalents neufs (filtre à huile, filtre à air, filtre à carburant, etc.),
- Remplir le réservoir moteur avec une huile neuve, propre et fluide

2.2. Réparation mécanique :

-Le mécanicien est un technicien d'atelier qui entretient (pression des pneus, vidanges, contrôle des pièces, analyse d'huiles, etc.) et répare les véhicules. Le mécanicien prévient les pannes, les diagnostique, effectue les réglages, répare, remonte les pièces défectueuses, et procède aux essais sur route.



Figure 1: 3. Réparation mécanique

2.3. Réparation électriques :

-Il s'occupe du système électrique d'un véhicule (batterie, moteur de démarrage, alternateur, fusibles, câbles et connecteurs), et de tous les dispositifs qui fonctionnent grâce à l'énergie électrique : circuits des phares et de l'éclairage, antivol, GPS, système de climatisation, fermeture centralisée, écrans et tableaux numériques, fermeture des vitres, rétroviseurs et sièges électriques.



Figure I:4.Réparation électriques

2.4. Scanner (diagnostic) :

-En automobile, les diagnostics les plus importants sont ceux qui touchent à l'électronique. Ce technicien est un spécialiste dans la recherche de pannes et le contrôle des composants systèmes électroniques. Il utilise l'appareil de diagnostic "Scanner" pour communiquer avec les calculateurs des véhicules et compare l'état des circuits électronique avec les données d'origine.

Chapitre I : La mécanique des camions poids lourds

- On peut ainsi avoir une connaissance précise des dysfonctionnements et localiser toutes interventions éventuelles[1].



Figure I:5.Scanner (diagnostic) [13]

2.5 Tôlerie :

-Dans le milieu industriel, la tôlerie utilise un grand nombre de machines telles que les machines de découpe laser, les presses plieuses, les cisailles guillotine et autres appareils de transformation. La manœuvre de ces machines



Figure I : 6.Tôlerie

implique l'intervention de tôliers, de techniciens de production et de traceurs afin de mener à bien la découpe ou la mise en forme du métal[1].

II. Les composants des camions MAN :

-Les composants des camions MAN peuvent varier selon le type, le modèle et l'utilisation prévue. Cependant, voici quelques-uns des composants de base que partagent les camions MAN :



Figure I : 7.moteur MAN TRUCK

1. Moteur :

-La société **MAN TRUCK** propose une large gamme de moteurs spécialement conçus pour les camions lourds et moyens. Voici quelques exemples de moteurs de camions MAN TRUCK courants :

- Moteur D08 :

- Nombre de cylindres : 6 cylindres, moteur en ligne (In line)
- Capacité du moteur : 6.9 litres
- Puissance : peut atteindre jusqu'à 330 chevaux
- Couple : peut produire un couple maximal de 1 250 Nm
- Série : ce moteur appartient à la série **TGL**.

Chapitre I : La mécanique des camions poids lourds

- Moteur D15 :

- Nombre de cylindres : 6 cylindres, moteur en ligne (In line)
- Capacité du moteur : 9 litres
- Puissance : peut atteindre jusqu'à 560 chevaux
- Couple : peut produire un couple maximal de 2 300 Nm
- Série : ce moteur appartient à la série **TGS** et **TGM**.

- Moteur D26 :

- Nombre de cylindres : 6 cylindres moteur V6
- Capacité du moteur : 12,4 litres
- Puissance : peut atteindre jusqu'à 510 chevaux
- Couple : peut produire un couple maximal de 3 000 Nm
- Série : ce moteur appartient à la série **TGX** et **TGS**.

- Moteur D38 :

- Nombre de cylindres : 6 cylindres, moteur en ligne (In line)
- Capacité du moteur : 15,2 litres
- Puissance : peut atteindre jusqu'à 640 chevaux
- Couple : peut produire un couple maximal de 3 000 Nm
- Série : ce moteur appartient à la série **TGX** et **TGM**[2].

2. Boîte de vitesses :

2.1 Les types de boîtes de vitesses :

- Les types de boîtes de vitesses **MAN TRUCK** utilisées dans les camions **TGX, TGM, TXS** et **TGM** varient en fonction du modèle et de l'application spécifique du camion.

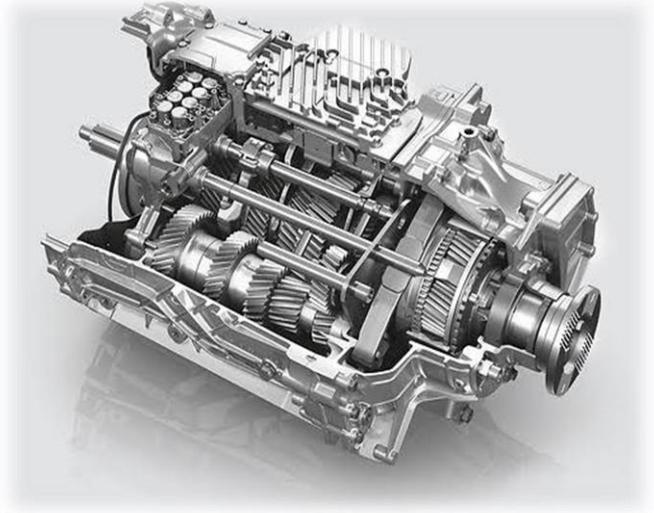


Figure I : 8.la boîte vitesse

-Cependant, voici un aperçu général de quelques types de boîtes de vitesses que les camions **MAN TRUCK** mentionnés pourraient utiliser:



Figure I : 9.la boîte vitesse manuelle [2]

Chapitre I : La mécanique des camions poids lourds

- **Boîte de vitesses manuelle (Manual Gearbox) :** Elle comprend généralement de 6 à 16 vitesses et fonctionne en déplaçant manuellement le levier de vitesses pour sélectionner la vitesse souhaitée. Elle est généralement utilisée dans les camions lourds.

- **Boîte de vitesses automatique (Automatic Gearbox) :** Elle convertit automatiquement les vitesses en fonction de la vitesse et de la charge du camion. Le conducteur peut contrôler le processus de changement automatique en utilisant des boutons sur le volant ou le levier de vitesses manuel. Elle peut être utilisée dans les camions lourds et légers[2].



Figure I : 10. la boîte de vitesses automatique [2]

- **Boîte de vitesses semi-automatique (Semi-Automatic Gearbox) :** Elle fonctionne de manière similaire à la boîte automatique, mais avec une option de contrôle manuel des vitesses à l'aide d'un levier de vitesses manuel ou des boutons de commande sur le volant. Elle est généralement utilisée dans les camions lourds.

Il convient de noter que cette liste n'est pas exhaustive et que les types de boîtes de vitesses utilisées dans les camions MAN TRUCK peuvent varier en fonction du modèle et des spécifications spécifiques[2].

2.2 La boîte vitesse de MAN TRUCK :

-Il est courant que les camions MAN soient équipés de transmissions ZF, car ZF est un fournisseur majeur de transmissions pour l'industrie automobile en général. Les transmissions ZF sont connues pour leur efficacité et leur fiabilité, et elles sont utilisées dans une grande variété de véhicules de différentes marques.



Figure I : 11.la boîte de vitesses ZF

2.2.1 Définition de la société ZF FRIEDRICHSHAFEN AG :

-ZF Friedrichshafen AG est une entreprise allemande spécialisée dans la production de transmissions, de systèmes de direction, de systèmes de freinage et de technologies de sécurité pour les véhicules. Fondée en 1915, ZF est devenue un fournisseur majeur de l'industrie automobile, fournissant des pièces et des systèmes à de nombreuses marques automobiles dans le monde entier.



Figure I : 12.logo de la société ZF FRIEDRICHSHAFEN AG [3]

-La société ZF est basée à Friedrichshafen, dans le sud de l'Allemagne, et emploie environ 160 000 personnes dans le monde entier. En plus des transmissions et des systèmes de direction, ZF produit également des composants pour les véhicules

électriques et hybrides, ainsi que des systèmes de contrôle de châssis pour améliorer la stabilité et la maniabilité des véhicules.

-ZF est connue pour son engagement en matière de recherche et développement, en utilisant des technologies avancées pour développer des produits plus efficaces et plus durables pour l'industrie automobile[3].

2.2.2 Les composants principales de boîte vitesse MAN TRUCK (ZF) :



Figure I : 13.la boîte vitesse ZF dans TRUCK TEC

-bloc boîte vitesse ZF :

- Le bloc de boîte de vitesses des camions est une pièce importante de la transmission qui contient l'ensemble des engrenages, arbres de transmission et des roulements nécessaires pour assurer le fonctionnement de la boîte de vitesses.

Chapitre I : La mécanique des camions poids lourds

-Le bloc de boîte de vitesses est généralement en fonte ou en aluminium pour offrir une résistance élevée tout en étant relativement léger. Le bloc de boîte de vitesses des camions peut être conçu pour différentes configurations de transmission, telles que des transmissions manuelles ou automatiques. Les transmissions manuelles sont souvent utilisées dans les camions pour leur capacité à offrir un meilleur contrôle et une efficacité énergétique accrue, tandis que les transmissions automatiques offrent un confort accru et une conduite plus facile.



Figure I : 14.bloc boîte vitesse ZF

-Le bloc de boîte de vitesses des camions est souvent conçu pour être démontable afin de faciliter l'entretien et la réparation. Cela permet de remplacer facilement les pièces endommagées ou usées,



Figure I : 15.plaque signalétique de boîte vitesse ZF

telles que les roulements, les engrenages et les arbres de transmission, sans avoir à remplacer l'ensemble du bloc de boîte de vitesses.

Chapitre I : La mécanique des camions poids lourds

-L'entretien régulier du bloc de boîte de vitesses est essentiel pour assurer sa durée de vie et éviter les pannes coûteuses. Cela comprend le remplacement régulier de l'huile de transmission, l'inspection des roulements et des engrenages pour détecter toute usure ou tout dommage, ainsi que le remplacement de ces pièces si nécessaire.

-En somme, le bloc de boîte de vitesses des camions est une pièce essentielle de la transmission qui doit être bien entretenu pour assurer la durée de vie et le bon fonctionnement du véhicule.

-Arbre primaire :

- L'arbre primaire (ou arbre d'entrée) d'une boîte de vitesses est l'arbre qui reçoit la puissance du moteur et transmet cette puissance à la boîte de vitesses.



Figure I : 16.arbre primaire vide [4]

-L'arbre primaire est généralement relié au moteur par l'intermédiaire de l'embrayage et tourne en même temps que le moteur. Ensuite, la boîte de vitesses utilise les différents rapports de démultiplication pour adapter la vitesse de rotation de l'arbre primaire à celle des roues, afin de fournir la puissance et le couple nécessaires pour déplacer le véhicule[4].



Figure I : 17.arbre primaire avec des synchros et des pignons.

-arbre secondaire :

-L'arbre secondaire (ou arbre de sortie) est un autre composant important d'une boîte de vitesses de camion MAN. Cet arbre est responsable de transmettre la puissance du moteur à la transmission du camion, qui à son tour entraîne les roues.



Figure I : 18.arbre secondaire vide [4]

-L'arbre secondaire est généralement situé à l'arrière de la boîte de vitesses, juste après les engrenages. Il est relié à la transmission à travers une série de roulements, de bagues d'étanchéité et d'autres pièces qui lui permettent de tourner librement[4].



Figure I : 19.arbre secondaire avec des synchros et des pignons

-L'arbre secondaire est souvent doté d'un pignon ou d'un engrenage qui est connecté à l'arbre de transmission. Lorsque le moteur tourne, il entraîne l'arbre d'entrée de la boîte de vitesses, qui à son tour fait tourner l'arbre de sortie et transmet la puissance du moteur à la transmission et aux roues du camion.

Chapitre I : La mécanique des camions poids lourds

Il est important que l'arbre secondaire soit bien entretenu pour assurer un fonctionnement optimal de la boîte de vitesses. Des pièces telles que les roulements et les bagues d'étanchéité doivent être inspectées régulièrement pour s'assurer qu'elles sont en bon état de fonctionnement, car une défaillance de ces composants peut entraîner une panne de la boîte de vitesses et même des dommages plus importants au camion.

-les pignons et les synchronos :

-Dans une boîte de vitesses manuelle, les pignons sont des engrenages qui permettent de changer la vitesse de rotation entre l'arbre moteur et l'arbre de sortie de la boîte de vitesses. Les synchronos sont des dispositifs mécaniques qui aident à synchroniser les vitesses de rotation des pignons afin de faciliter le passage des vitesses[5].



Figure I : 20.les synchronos [4]

-Chaque pignon de la boîte de vitesses est en contact avec un autre pignon, et lorsqu'un pignon est enclenché, il transmet la puissance du moteur à l'arbre de sortie, qui est connecté à la transmission et finalement aux roues. Les pignons ont

Chapitre I : La mécanique des camions poids lourds

des tailles différentes, ce qui permet de varier la vitesse de rotation de l'arbre de sortie en fonction de la vitesse désirée du véhicule.

-Les synchros sont situés entre les pignons et aident à synchroniser leur vitesse de rotation avant que le pignon suivant ne soit engagé. Les synchros sont constitués d'un anneau de friction et d'une bague conique, qui permettent de ralentir le pignon en rotation et de l'aligner avec la vitesse du pignon suivant. Cela facilite le passage des vitesses en évitant les à-coups et les grincements, et en prolongeant la durée de vie des composants de la boîte de vitesses.



Figure I : 21.les pignons [4].

-En somme, les pignons et les synchros sont des éléments clés d'une boîte de vitesses manuelle, qui permettent de changer la vitesse de rotation et de synchroniser les vitesses des pignons pour un passage de vitesses en douceur.

Il est important d'entretenir régulièrement la boîte de vitesse d'un camion, y compris les pignons et les synchros, pour s'assurer qu'elle fonctionne correctement

Chapitre I : La mécanique des camions poids lourds

et en toute sécurité. Un entretien régulier peut aider à prolonger la durée de vie de ces composants clés et à éviter des problèmes coûteux à l'avenir.

-Les fourchettes :

-La fourchette de la boîte de vitesses d'un camion est un composant clé qui permet de sélectionner les différentes vitesses lors de la conduite. Elle est généralement actionnée par un levier de vitesses situé dans la cabine du conducteur.

-La fourchette est constituée d'une tige en forme de fourche qui se déplace le long de l'axe de la boîte de vitesses et qui permet de sélectionner les différentes positions de vitesses. Lorsque le conducteur déplace le levier de vitesses, la fourchette transmet le mouvement à un ensemble de synchroniseurs et de pignons qui permettent de sélectionner la vitesse appropriée.



Figure I : 22. Les fourchettes

Chapitre I : La mécanique des camions poids lourds

-Il existe plusieurs types de joints de boîte de vitesses, notamment les joints à lèvres, les joints toriques et les joints de bride. Les joints à lèvres sont les plus couramment utilisés et sont constitués d'un anneau en caoutchouc souple qui est pressé contre l'arbre de transmission pour empêcher les fuites.

- Les joints toriques sont des joints en caoutchouc en forme de tore qui sont utilisés pour les applications à haute pression et à haute température. Les joints de bride sont des joints en métal qui sont utilisés pour sceller les surfaces de contact entre deux composants[4].

-Il est important de remplacer les joints de la boîte de vitesses si des fuites d'huile sont détectées ou si les joints sont endommagés. Les fuites peuvent provoquer des défaillances de la transmission et causer des dommages coûteux. Les joints de qualité supérieure sont recommandés pour assurer une étanchéité optimale et une longue durée de vie de la transmission.

Les roulements mécaniques dans les boîtes de vitesse des camions jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement de ces derniers. Les roulements mécaniques sont des éléments qui permettent la rotation d'une pièce par rapport à une autre, tout en minimisant les frottements et les pertes d'énergie.

-les roulements mécaniques :

-Dans les boîtes de vitesse des camions, les roulements mécaniques sont utilisés pour permettre la rotation de l'arbre de transmission, qui relie la boîte de vitesse au moteur, ainsi que pour permettre la rotation des différents engrenages qui transmettent la puissance du moteur aux roues du camion.



Figure I : 24.les roulements mécaniques

Chapitre I : La mécanique des camions poids lourds

-Les roulements mécaniques utilisés dans les boîtes de vitesse des camions sont généralement des roulements à billes ou à rouleaux coniques. Ces types de roulements sont conçus pour supporter des charges radiales et axiales importantes, et pour fonctionner à des vitesses élevées. Ils sont également conçus pour résister aux conditions difficiles de fonctionnement dans lesquelles les camions sont souvent utilisés, telles que les vibrations, les températures élevées et les charges lourdes[4].

-L'entretien régulier des roulements mécaniques dans les boîtes de vitesse des camions est crucial pour assurer leur bon fonctionnement et leur durée de vie. Les roulements mécaniques doivent être inspectés régulièrement pour détecter toute usure ou tout dommage, et remplacés si nécessaire. Les lubrifiants doivent également être remplacés régulièrement pour assurer une lubrification adéquate des roulements et minimiser l'usure[4].



Figure I : 25.les roulements mécaniquesZF

-En somme, les roulements mécaniques dans les boîtes de vitesse des camions sont des éléments essentiels pour assurer le bon fonctionnement de ces véhicules. Un entretien régulier est nécessaire pour assurer leur durée de vie et éviter les pannes coûteuses.

3. Système de freinage :

-Le système de freinage des camions MAN TRUCK est conçu pour fournir une puissance de freinage élevée et une grande fiabilité pour les véhicules lourds tels que les camions et les autobus. Voici les principaux composants du système de freinage des camions MAN TRUCK :

-Système de freinage pneumatique :

-Les camions MAN TRUCK sont équipés d'un système de freinage pneumatique à double circuit qui utilise de l'air comprimé pour actionner les freins. Ce système est largement utilisé pour les véhicules lourds en raison de sa grande efficacité et de sa capacité à fournir une puissance de freinage élevée.



Figure I : 26.Système de freinage pneumatique

-Freins à disque et à tambour :

-Les camions MAN TRUCK sont équipés de freins à disque à l'avant et de freins à tambour à l'arrière. Les freins à disque offrent une meilleure performance de freinage et une plus grande durabilité, tandis que les freins à tambour sont plus économiques et conviennent mieux aux charges plus lourdes.



Figure I : 27.Freins à disque et à tambour

Chapitre I : La mécanique des camions poids lourds

-**Système de freinage électrique auxiliaire** : -Le système de freinage électrique auxiliaire est conçu pour fournir une puissance de freinage supplémentaire en cas d'urgence. Il est également utilisé pour maintenir le véhicule à l'arrêt pendant les arrêts prolongés, tels que les arrêts de nuit.

-**Régulateur de freinage électronique (EBS)** : -L'EBS est un système de freinage électronique sophistiqué qui surveille en permanence la vitesse des roues et la pression de freinage pour optimiser la performance de freinage du véhicule. Il est conçu pour réduire les distances d'arrêt et améliorer la sécurité sur la route[2].

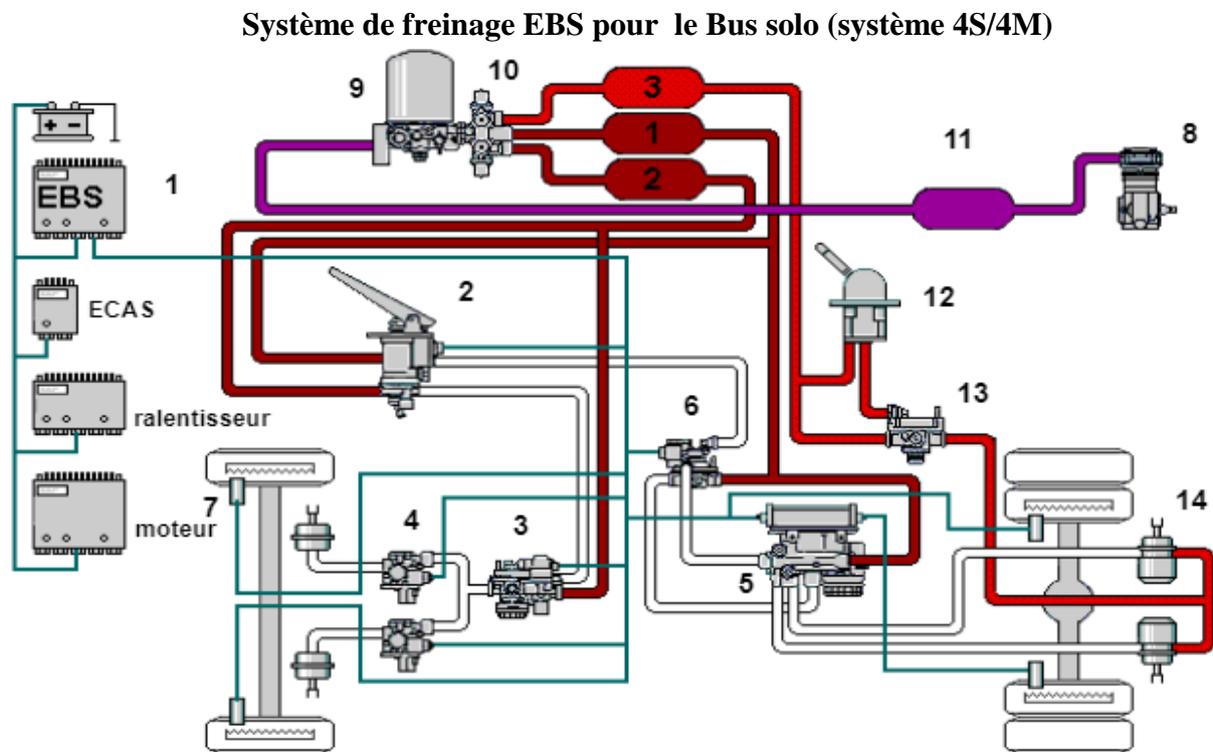


Figure I :28.Régulateur de freinage électronique (EBS)

Légende:

Composants EBS:

- 1 Module central
- 2 Robinet de freinage à pied EBS
- 3 Valve relais proportionnelle
- 4 Electrovalve ABS
- 5 Modulateur d'essieu
- 6 Valve de redondance
- 7 Capteurs ABS

Autres composants:

- 8 Compresseur
- 9 Dessiccateur d'air
- 10 Valve de protection à quatre circuits
- 11 Réservoirs d'air
- 12 Robinet de frein à main
- 13 Valve relais FB

-Système antiblocage des roues (ABS) :

-Le système ABS est conçu pour éviter le blocage des roues pendant le freinage, ce qui peut entraîner une perte de contrôle du véhicule. Il fonctionne en régulant la pression de freinage sur chaque roue individuellement pour maintenir une adhérence optimale.

En somme, le système de freinage des camions MAN TRUCK est conçu pour fournir une performance de freinage fiable et efficace pour les véhicules lourds. Il est équipé de composants de haute qualité, tels que les freins à disque et à tambour, l'EBS et l'ABS, qui contribuent tous à améliorer la sécurité et la fiabilité du véhicule[2].

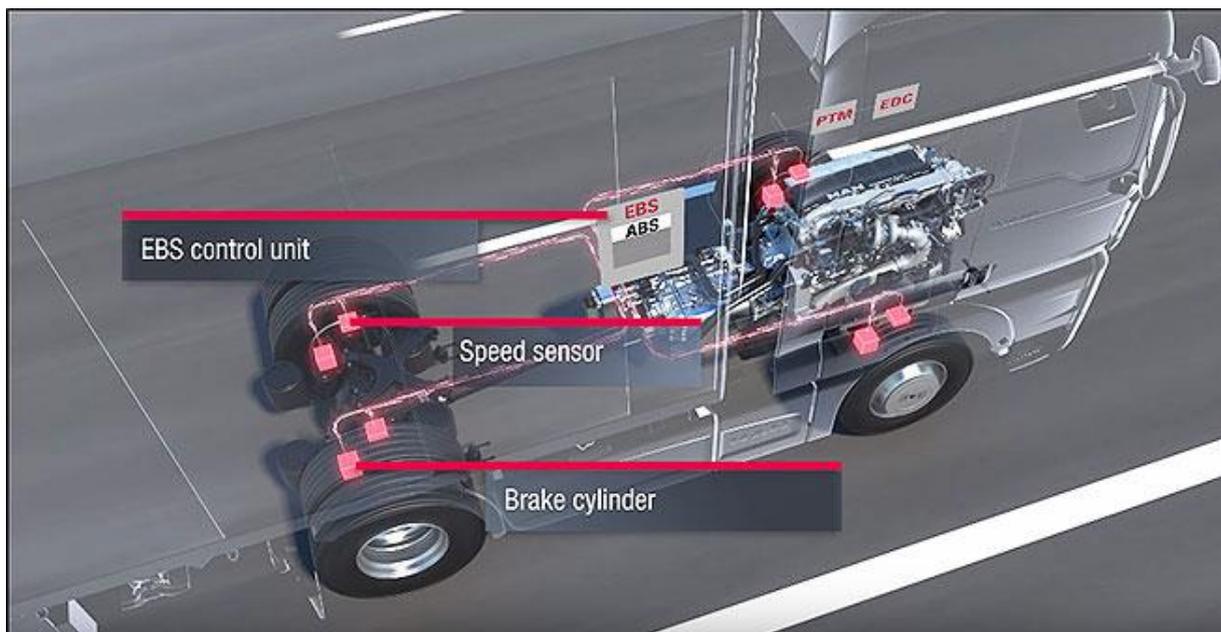


Figure I :29.Système antiblocage des roues (ABS)

4- Pneus :

-Les camions MAN utilisent des pneus robustes et résistants pour supporter des charges lourdes et des conditions difficiles sur la route .



Figure I :30. Pneus

5- Suspension :

-Les camions MAN TRUCK sont équipés de différents types de systèmes de suspension, selon leur modèle et leur configuration. Voici quelques exemples de systèmes de suspension couramment utilisés sur les camions MAN :

TRUCK SUSPENSION

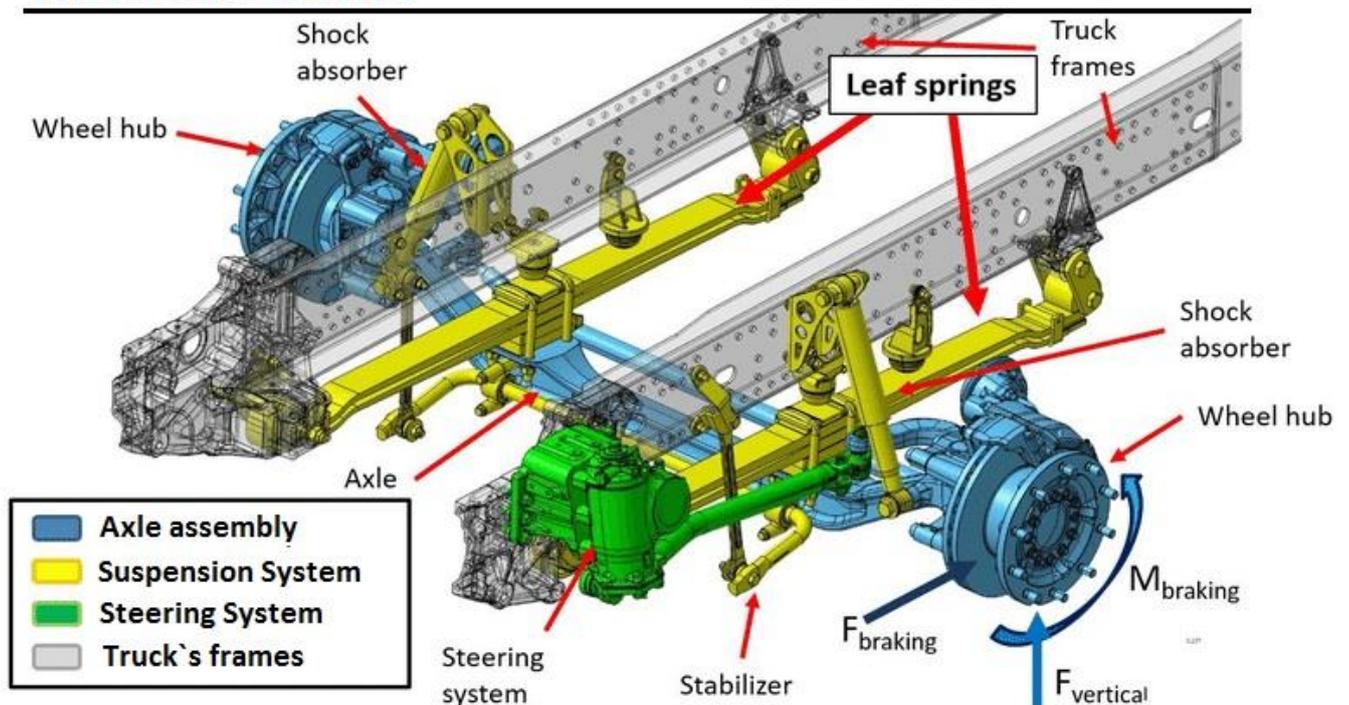


Figure31 : TRUCK suspension

Chapitre I : La mécanique des camions poids lourds

a. Suspension à lames : Ce type de suspension utilise des lames en acier empilées les unes sur les autres pour absorber les chocs et les vibrations. Cette suspension est couramment utilisée sur les camions légers et moyens, ainsi que sur les véhicules hors route.

b. Suspension pneumatique : Ce système utilise des airbags pour supporter le poids du camion et absorber les chocs. Cette suspension offre une conduite plus douce et une meilleure maniabilité que la suspension à lames et est couramment utilisée sur les camions lourds.

c. Suspension hydraulique : Ce système utilise des vérins hydrauliques pour supporter le poids du camion et absorber les chocs. Cette suspension offre une conduite plus douce et une meilleure stabilité que les systèmes de suspension à lames et pneumatiques, et est souvent utilisée dans les fourgonnettes.

d. Suspension à essieu solide : Ce système utilise un essieu solide pour supporter le poids du camion et absorber les chocs. Cette suspension est souvent utilisée dans les camions lourds car elle offre une capacité de charge et une stabilité élevées.

Selon la configuration du camion MAN, plusieurs de ces systèmes de suspension peuvent être utilisés en combinaison pour fournir les meilleures performances possibles[2].

6- Cabine :

-Les cabines des camions MAN sont des espaces de conduite spacieux et ergonomiques, conçus pour offrir un maximum de confort et de sécurité aux conducteurs professionnels. Voici quelques détails sur les cabines MAN TRUCK:



Figure I :32.Cabine

-**Types de cabines** : Les camions MAN sont équipés de différents types de cabines pour répondre aux besoins des conducteurs et des transporteurs. Les cabines disponibles comprennent la cabine courtes, la cabine moyenne, la cabine longue, la cabine XL et la cabine XXL[2].

- **Confort** : Les cabines MAN sont conçues pour offrir un maximum de confort aux conducteurs. Elles sont équipées de sièges confortables, de climatisation, d'un système de son et de divertissement, de fenêtres électriques et de nombreux autres équipements de confort.

- **Sécurité** : La sécurité des conducteurs est une priorité pour MAN. Les cabines sont équipées de nombreuses fonctionnalités de sécurité, telles que des ceintures de sécurité à trois points, des systèmes de freinage avancés, des systèmes de contrôle de stabilité, des caméras de recul et des systèmes de surveillance de la pression des pneus.

- **Espace de rangement** : Les cabines MAN disposent d'un espace de rangement suffisant pour les effets personnels du conducteur et de l'équipage. Les cabines

Chapitre I : La mécanique des camions poids lourds

comportent également des compartiments de rangement supplémentaires pour les outils et les pièces de rechange.



Figure I :33.Cabine MAN TRUCK

- **Design** : Les cabines MAN ont été conçues avec une attention particulière aux détails. Les lignes extérieures sont à la fois élégantes et fonctionnelles, tandis que l'intérieur est ergonomique et facile à utiliser.

En résumé, les cabines des camions MAN offrent un confort exceptionnel, une sécurité maximale et une fonctionnalité pratique, ce qui en fait un choix populaire pour les conducteurs professionnels et les transporteurs[2].

7- Châssis :

- Le châssis d'un camion MAN est l'élément de base sur lequel est construit le véhicule. Voici quelques détails sur le châssis des camions MAN TRUCK :



Figure I :34. Châssis

- **Types de châssis** : Les camions MAN sont équipés de différents types de châssis pour répondre aux besoins des transporteurs. Les types de châssis disponibles comprennent le châssis standard, le châssis renforcé et le châssis surbaissé.

Chapitre I : La mécanique des camions poids lourds

- **Matériaux** : Les châssis MAN sont fabriqués en acier de haute qualité, ce qui leur confère une grande résistance et une grande durabilité.

- **Longueur du châssis** : La longueur du châssis est un élément important pour déterminer la capacité de chargement du camion. Les châssis MAN sont disponibles dans différentes longueurs pour répondre aux besoins des transporteurs.

- **Configuration des essieux** : Les camions MAN sont disponibles avec différentes configurations d'essieux pour répondre aux besoins de transport. Les configurations d'essieux incluent les essieux simples, les essieux jumelés et les essieux triples.

- **Suspension** : La suspension est un élément important du châssis car elle affecte la stabilité et le confort de conduite. Les camions MAN sont équipés de différents types de suspension, y compris la suspension à lames et la suspension pneumatique.

- **Système de freinage** : Les camions MAN sont équipés de systèmes de freinage avancés pour assurer la sécurité des conducteurs et des autres usagers de la route. Les systèmes de freinage incluent les freins à disque et les freins à tambour.

En résumé, le châssis des camions MAN est fabriqué en acier de haute qualité, disponible en différentes longueurs et configurations d'essieux, avec des suspensions et des systèmes de freinage avancés pour offrir une conduite confortable et sécurisée. Le choix du châssis dépend des besoins de transport du client et des exigences de la route[2].

-En conclusion

- La performance des composants des camions MAN est essentielle pour garantir une conduite sûre et efficace. Lorsque tous les composants sont en bon état de fonctionnement et qu'ils travaillent ensemble de manière synchronisée,

Chapitre I : La mécanique des camions poids lourds

le camion peut fonctionner de manière optimale. Les moteurs, les transmissions, les essieux, les suspensions, les freins et les pneus sont tous des composants essentiels qui contribuent à la performance globale du camion. Les ingénieurs de MAN travaillent pour assurer que tous les composants sont conçus pour fonctionner ensemble de manière efficace, ce qui permet d'obtenir une performance optimale en matière de puissance, de traction, de maniabilité, de confort et de sécurité.

Chapitre II : Historique et statistiques

1. Problèmes sur le lieu de travail :

-nous vous présentons des statistiques concernant un atelier auquel nous avons participé sur la réparation de poids lourds. Au cours de cet atelier, nous avons collecté des statistiques et des chiffres concernant les pannes et les dysfonctionnements liés à la boîte de vitesses des poids lourds. Ce mémoire vise à mettre en lumière les résultats de cet atelier et à discuter des questions relatives à l'entretien de la boîte de vitesses des poids lourds. Nous analyserons les données que nous avons collectées et présenterons nos recommandations ainsi que celles des experts participants à l'atelier sur la façon d'améliorer l'entretien de la boîte de vitesses, d'éviter les pannes et les dysfonctionnements qui ont un impact négatif sur les performances des poids lourds et sur les opérations de transport en général.

1.1 Historiques des réparations de boîte vitesse 2022 :

-Après révisions et diagnostic des boîtes de vitesses des camions qui sont entrées dans l'atelier, voici les réparations qui ont été effectuées sur les boîtes de vitesses des camions au cours de l'année 2022 :

Figure II : 1.tableau des Historiques

N	Date	Matricule	kilométrage	Réparation
1	12-01-22	63894-516-16	250.000	Changement de roulement
2	17-01-22	92548-507-03	750.550	Changement de synchro
3	21-02-22	00029-512-47	1.250.352	Changement de synchro
4	28-02-22	3857-506-47	1.300.000	Changement de pignon
5	11-03-22	0311-512-47	938.300	Changement de synchro
6	27-03-22	0535-508-47	1.320.000	Changement de synchro
7	14-04-22	00231-515-47	750.000	Changement de roulement
8	11-05-22	0310-518-47	620.000	Changement de roulement
9	21-05-22	2105-509-47	1.050.000	Changement de synchro

Chapitre II : Historique et statistiques

10	30-06-22	1107-511-47	958.000	Changement de synchro
11	04-09-22	0021-517-47	450.000	Changement de pignon
12	07-10-22	0377-507-47	1.220.000	Changement de synchro
13	15-10-22	00108-516-47	620.000	Changement de pignon
14	09-12-22	01515-509-11	1.010.000	Changement de synchro

1.2 Les problèmes les plus courants dans les boîtes de vitesse des camions MAN TRUCK :

-Les pannes de boîte de vitesses peuvent varier en fonction du type de camion et son chauffeur de son âge, de son utilisation et de plusieurs autres facteurs. Cependant, voici quelques-uns des problèmes courants auxquels vous pouvez être confronté :

- **Difficulté à changer de vitesse** : Si vous rencontrez des difficultés à changer de vitesse ou si vous devez forcer le levier de vitesses, cela peut indiquer un problème de synchronisation de la boîte de vitesses.

- **Bruits anormaux** : Si vous entendez des bruits inhabituels lorsque vous changez de vitesse ou que vous conduisez, cela peut être un signe que quelque chose ne va pas avec la boîte de vitesses. Des bruits de cliquetis, de claquement ou de sifflement peuvent indiquer des problèmes.

- **Glissement des engrenages** : Si vous ressentez une sensation de glissement ou de patinage lorsque vous changez de vitesse, cela peut indiquer un problème de friction dans la boîte de vitesses.

- **Fuite d'huile** : Si vous constatez une fuite d'huile sous le camion, cela peut indiquer une fuite de la boîte de vitesses. Une fuite d'huile peut entraîner une perte de pression dans la boîte de vitesses et une usure prématurée des composants.

Chapitre II : Historique et statistiques

- **Blocage de la boîte de vitesses** : Si vous n'arrivez pas à changer de vitesse ou si la boîte de vitesses se bloque complètement, cela peut être un signe de problèmes mécaniques graves dans la boîte de vitesses.

-il est important de faire vérifier le camion par un mécanicien qualifié dès que possible. Les problèmes de boîte de vitesses peuvent rapidement s'aggraver et entraîner des réparations coûteuses s'ils ne sont pas traités rapidement[1].

2. Les huiles et le vidange des boites vitesses ZF des camions poids lourd :

-L'usine ZF Friedrichshafen AG utilise ses propres huiles pour lubrifier ses boîtes de vitesses, et il est important de suivre les spécifications spécifiques pour chaque type de boîte de vitesses. En général, ZF Friedrichshafen AG recommande de changer l'huile de transmission tous **les 250 000 km ou chaque deux ans** . Cependant, il est important de vérifier le manuel du propriétaire pour trouver la période de temps exacte et la distance à laquelle l'huile de transmission doit être remplacée pour un type spécifique de boîte de vitesses.

-L'huile de boîte de vitesses ZF est utilisée pour lubrifier et protéger la boîte de vitesses contre la corrosion, l'usure et la rouille, et pour améliorer l'efficacité de conversion. Les huiles ZF ont été développées pour fonctionner dans des conditions difficiles et sous haute pression, et fonctionnent efficacement dans une plage de températures élevées et basses.

-La qualité de l'huile appropriée pour la boîte de vitesses ZF dépend du type de boîte et de l'application. Pour déterminer l'huile appropriée, il est important de se référer au manuel du propriétaire et aux recommandations du fabricant de la boîte de vitesses et de l'huile utilisée.

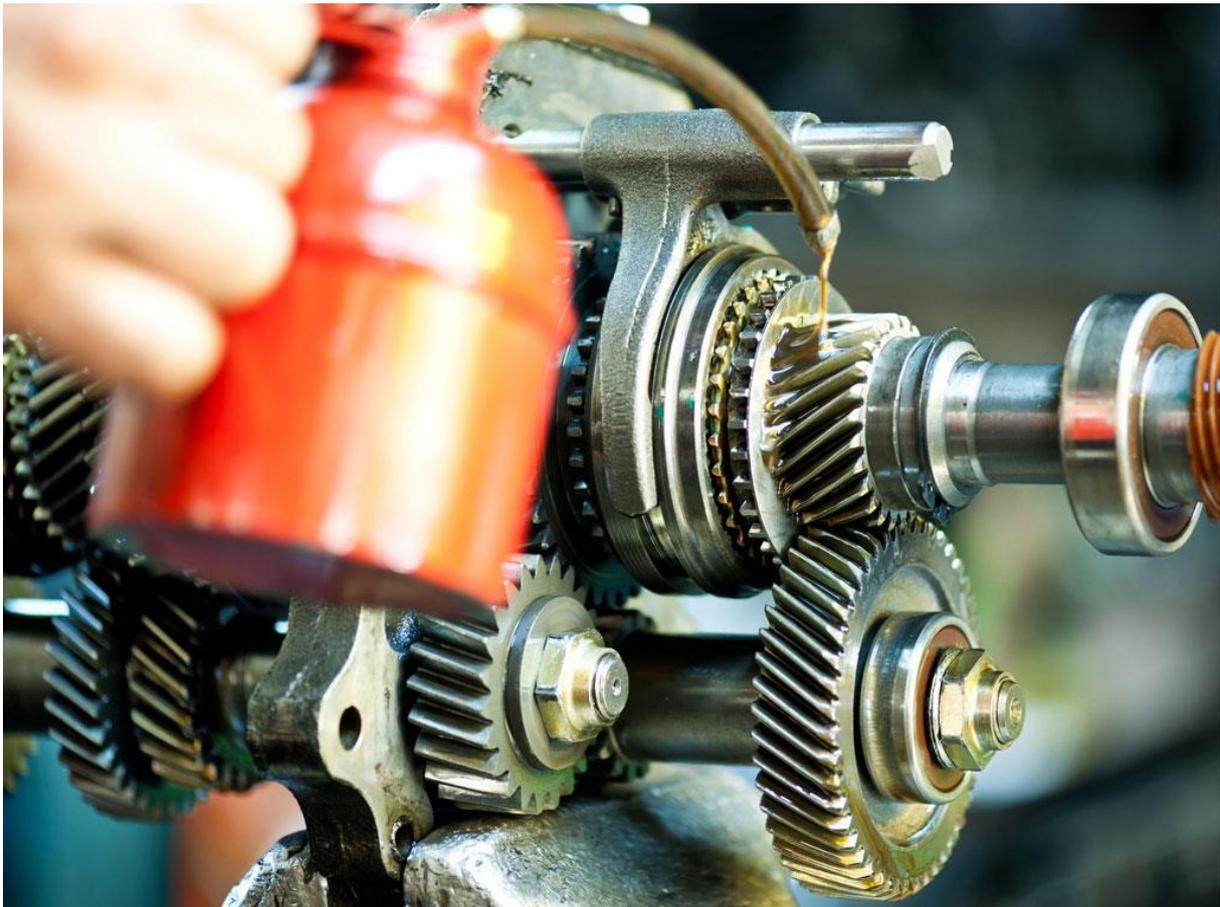


Figure II : 2.lubrifiant de boîte vitesse

-Il est important d'utiliser l'huile de transmission recommandée par le fabricant, et généralement nous utilisons dans les boîtes vitesses ZF l'huile (75W80 et 75W90) qui est déterminée en fonction du type de boîte de vitesses pour assurer une performance maximale et une durée de vie utile de la boîte de vitesses. Il est également recommandé de consulter un mécanicien qualifié pour déterminer la période de temps exacte et la méthode optimale de changement d'huile de transmission en fonction des conditions d'utilisation individuelles du véhicule.

Chapitre III : Les méthodes utilisées dans maintenance préventive

Introduction :

-Longtemps vue comme un mal nécessaire, la maintenance est devenue une réelle préoccupation dans les entreprises. Elle s'est affirmée comme un véritable enjeu compétitif, tant sur l'assurance des performances de disponibilité des matériels existants qu'en termes de sécurité, de qualité et des coûts, L'objectif de ce chapitre est de mettre en relief la notion de maintenance et son importance dans les entreprises.

1. Définition de la maintenance (norme NF EN 13306) :

-La maintenance est l'ensemble des actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise.

2. Les différentes formes de la maintenance :

-Le choix entre les méthodes de maintenance s'effectue dans le cadre de la politique de la maintenance et doit s'opérer en accord avec la direction de l'entreprise[6].

Chapitre III : Les méthodes utilisées dans maintenance préventive

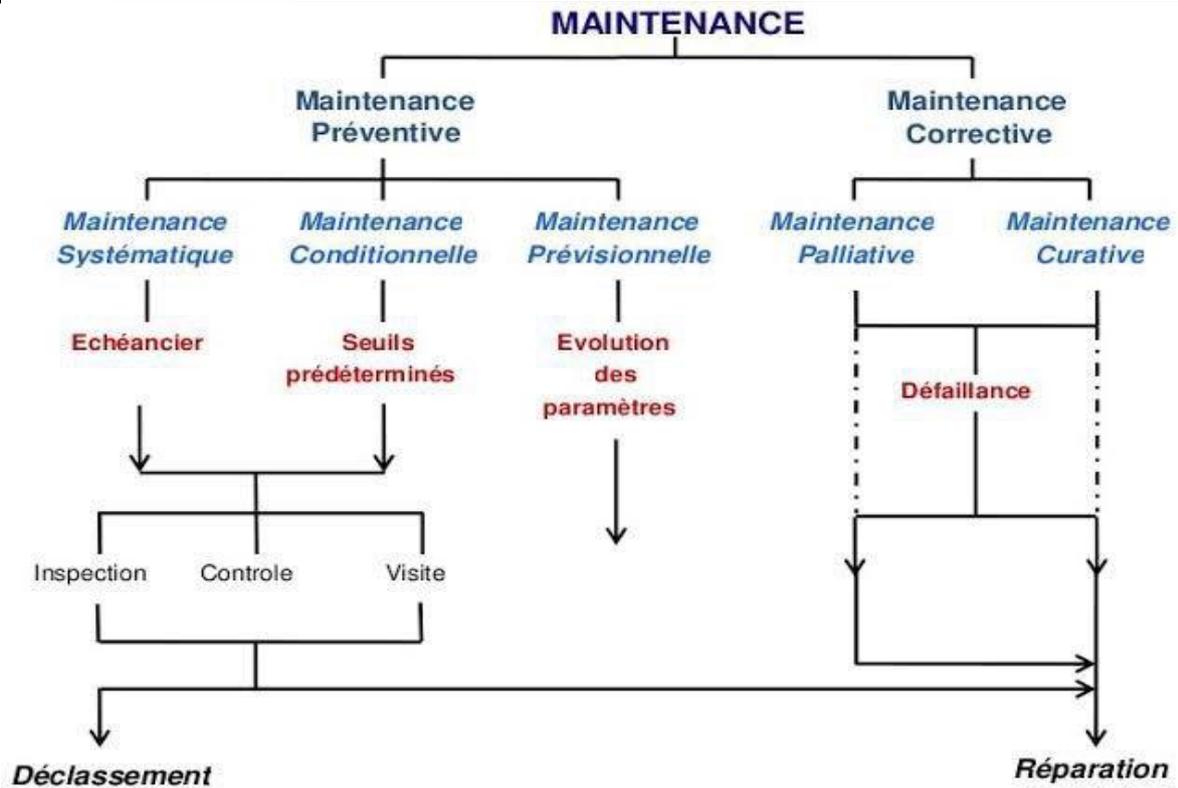


Figure III : 1. Les différentes formes de la maintenance[6].

3. Objectifs de la maintenance (norme FD X 60-000) :

Selon la politique de maintenance de l'entreprise, les objectifs de la maintenance seront basés sur :

- La disponibilité et la durée de vie du bien.
- La sécurité des gens et des biens.
- La qualité des produits.
- La protection de l'environnement.
- L'optimisation des coûts de maintenance

4. La stratégie de maintenance (norme FD X 60-000) :

Les choix de stratégie de maintenance permettent d'atteindre un certain nombre d'objectifs de maintenance :

- Développer, adapter ou mettre en place des méthodes de maintenance.
- Élaborer et optimiser les gammes de maintenance.
- Organiser les équipes de maintenance.
- Internaliser et/ou externaliser partiellement ou totalement les tâches de maintenance.
- Définir, gérer et optimiser les stocks de pièces de rechange et de consommables
- Étudier l'impact économique (temps de retour sur investissement) de la modernisation ou de l'amélioration de l'outil de production en matière de productivité et de maintenabilité.

5. Les types de maintenance (norme NF EN 13306):

5.1 Maintenance Corrective :

Appelée parfois maintenance curative, c'est une maintenance effectuée après la détection d'une défaillance et destinée à remettre un bien dans un état lui permettant d'accomplir une fonction requise, au moins provisionnement. C'est donc une maintenance qui remet en état mais qui ne prévient pas la casse.

5.2 Maintenance préventive (norme NF EN 13306) :

La maintenance préventive est une maintenance effectuée avant la détection d'une défaillance d'un bien, à des intervalles prédéterminés ou selon des critères

Chapitre III : Les méthodes utilisées dans maintenance préventive prescrite (suite à l'analyse de l'évolution surveillée de paramètres significatifs) et destinée à réduire la probabilité de défaillance d'une entité ou la dégradation du fonctionnement du bien.

6. Les types de maintenance préventive

6.1. Maintenance préventive conditionnelle

D'après la définition Afnor, il s'agit d'une forme de maintenance préventive basée sur une surveillance de fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement et intégrant les actions qui en découlent. La maintenance conditionnelle permet d'assurer le suivi continu du matériel en service, et la décision d'intervention est prise lorsqu'il y a une évidence expérimentale de défaut imminent ou d'un seuil de dégradation prédéterminé. [7].

6.2. Maintenances préventives systématiques

✓ Visites systématiques

Les visites sont effectuées selon un échéancier établi suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage. À chaque visite, on détermine l'état de l'organe qui sera exprimé soit par une valeur de mesure (épaisseur, température, intensité, etc.), soit par une appréciation visuelle. Et on pourra interpréter l'évolution de l'état d'un organe par les degrés d'appréciation : Rien à signaler, Début de dégradation, Dégradation avancée et Danger.

Par principe, la maintenance préventive systématique est effectuée en fonction de conditions qui reflètent l'état d'évolution d'une défaillance. L'intervention peut être programmée juste à temps avant l'apparition de la panne. Objectifs visés par la maintenance préventive [7].

Chapitre III : Les méthodes utilisées dans maintenance préventive

✓ Remplacements systématiques

Selon un échéancier défini, on remplace systématiquement un composant, un organe ou un sous-ensemble complet (il s'agit d'un échange standard). Dans la mise en place d'une maintenance préventive, il vaut toujours mieux commencer par des visites systématiques plutôt que par des remplacements systématiques, sauf dans les cas suivants :

- lorsque des raisons de sécurité s'imposent.
- lorsque le coût de l'arrêt de production est disproportionné par rapport au coût de remplacement.
- Lorsque la durée de vie est connue avec exactitude par l'expérience.
- Le risque de remplacement systématique est de changer des éléments encore capables d'assumer le bon fonctionnement pendant un temps non négligeable. [7]

7.Objectifs de la maintenance préventive :

❖ Améliorer la fiabilité du matériel :

La mise en œuvre de la maintenance préventive nécessite les analyses techniques du comportement du matériel. Cela permet à la fois de pratiquer une maintenance préventive optimale et de supprimer complètement certaines défaillances. [8].

❖ Garantir la qualité des produits :

La surveillance quotidienne est pratiquée pour détecter les symptômes de défaillance et veiller à ce que les paramètres de réglage et de fonctionnement soient respectés. Le contrôle des jeux et de la géométrie de la machine permet d'éviter les aléas de fonctionnement. La qualité des produits est ainsi assurée avec l'absence des rebuts.

Chapitre III : Les méthodes utilisées dans maintenance préventive

❖ Améliorer l'ordonnancement des travaux :

La planification des interventions de la maintenance préventive, correspondant au planning d'arrêt machine, devra être validée par la production. Cela implique la collaboration de ce service, ce qui facilite la tâche de la maintenance. Les techniciens de maintenance sont souvent mécontents lorsque le responsable de fabrication ne permet pas l'arrêt de l'installation alors qu'il a reçu un bon de travail pour l'intervention.

❖ Assurer la sécurité humaine :

La préparation des interventions de maintenance préventive ne consiste pas seulement à respecter le planning. Elle doit tenir compte des critères de sécurité pour éviter les imprévus dangereux. Par ailleurs le programme de maintenance doit aussi tenir compte des visites réglementaires.

❖ Améliorer la gestion des stocks :

La maintenance préventive est planifiable. Elle maîtrise les échéances de remplacement des organes ou pièces, ce qui facilite la tâche de gestion des stocks. On pourra aussi éviter de mettre en stock certaines pièces et ne les commander que le moment venu.

❖ Améliorer le climat de relation humaine :

Une panne imprévue est souvent génératrice de tension. Le dépannage doit être rapide pour éviter la perte de production. Certains problèmes, comme par exemple le manque de pièces de rechange, entraîne l'immobilisation de la machine pendant longtemps. La tension peut monter entre la maintenance et la production. En résumé, il faudra examiner les différents services rendus pour apprécier les enjeux de la maintenance préventive :

Chapitre III : Les méthodes utilisées dans maintenance préventive
la sécurité : diminution des avaries en service ayant pour conséquence des catastrophes.

la fiabilité : amélioration, connaissance des matériels.

la production : moins de pannes en production. [7]

8. Les temps de la maintenance :

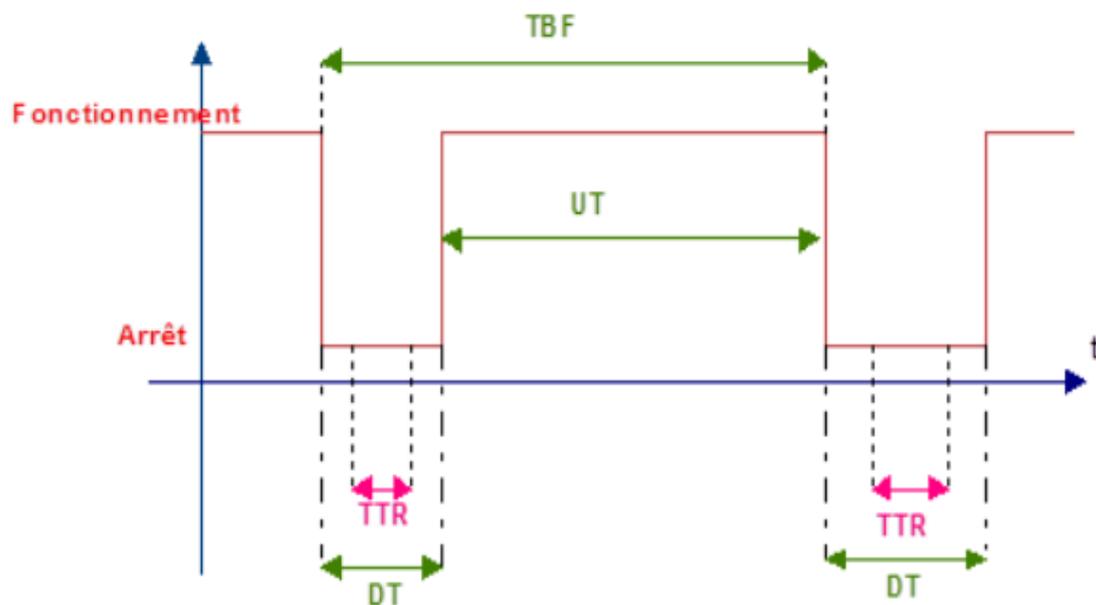


Figure III : 2. Analyse des temps de la maintenance. [7].

Les abréviations utilisées sont les suivantes :

TBF = Time Between Failures (temps s'écoulant entre deux défaillances),

UT = Up Time (temps de fonctionnement après réparation ou temps de disponibilité),

DT = Down Time (temps d'arrêt sur défaillance, y compris le temps de diagnostic de la panne, la réparation et le temps de remise en service, donc temps d'indisponibilité),

TTR = Time To Restoration (temps de réparation),

➤ MTBF : La MTBF est la moyenne des temps de bon fonctionnement (TBF).

Un temps de bon fonctionnement est le temps compris entre deux défaillances.

Chapitre III : Les méthodes utilisées dans maintenance préventive

- **MTTR** : La MTTR est la moyenne des temps techniques de réparation (TTR). Le TTR est le temps durant lequel on intervient physiquement sur le système défaillant. Il débute lors de la prise en charge de ce système jusqu'après les contrôles et essais avant la remise en service.

9. Les méthodes utilisées en maintenance :

9.1. Q, Q, O, Q, C, P :

Technique de structuration de l'information sur un sujet donné, sur la base des questions suivantes : quoi ? Qui ? Où ? Quand ? Comment ? Pourquoi ?

Raisonnement déjà proposé il y a 2000 ans par l'empereur Quintilien, QQUQCQQ : qui, quid, urbi, quitus auxiliés, cum, quo modo, quand (qui, quoi, où, avec quoi, pourquoi, comment, quand). Il l'utilisait pour instruire les procès.

Cet outil qualité permet de rechercher systématiquement des informations sur un problème, que l'on veut mieux cerner, mieux comprendre (il permettra d'identifier les causes si elles sont peu nombreuses), analyser une situation et de définir le plus clairement possible les modalités d'un plan d'action, ce qui évite d'oublier un élément indispensable.

Cette technique adopte une démarche d'analyse critique constructive basée sur le questionnement systématique.

- **Quoi ?** : Objet, action, phase, opération.
- **Qui ?** : parties prenantes, acteurs, responsables.
- **Où ?** : lieu, distance, étape.
- **Quand ?** : moment, planning, durée, fréquence.

Chapitre III : Les méthodes utilisées dans maintenance préventive

- **Comment ?** : matériel, équipement, moyens nécessaires, manières, modalités, procédures.

- **Pourquoi ?** : motivations, motifs, raisons d'être, etc. [9].

9.2 Diagramme cause-effet (5M)

Le Diagramme cause-effet également appelé Diagramme d'Ishikawa ou règle des 5 M se présente sous la forme d'une arborescence visualisant le problème d'un côté, et ses causes potentielles, de l'autre. Les causes sont les facteurs susceptibles d'influer sur le problème. Ces causes sont regroupées classiquement par familles, autour des 5 M. Main-d'œuvre : les professionnels de toute catégorie, en y incluant la hiérarchie.

- Matériel : l'équipement, les machines, le petit matériel, les locaux...
- Matière : tout ce qui est consommable ou l'élément qui est à transformer par le processus.
- Méthode : correspond à la façon de faire, orale ou écrite (procédures, instructions...).
- Milieu : environnement physique et humain, conditions de travail, aspect relationnel...
- Cet outil a été créé et diffusé par Ishikawa en 1943, ingénieur japonais à l'origine des cercles de qualité.

Les principaux objectifs de ce diagramme :

- Représenter les causes d'un dysfonctionnement ou d'un problème de façon claire et structurée.
- Classer les causes d'un dysfonctionnement ou d'un problème, en grandes familles .[10]

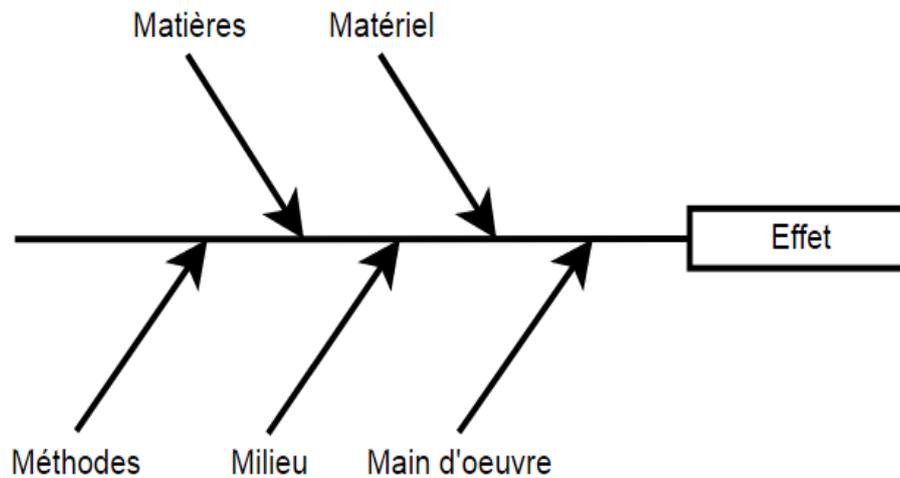


Figure III : 3.Diagramme cause-effet (5M) [10]

9.3.Diagramme de Pareto :

Le diagramme de Pareto est un moyen simple pour classer les phénomènes par ordre d'importance. Il se présente sous la forme d'un histogramme classant les causes d'un problème en ordre décroissant, afin de mettre en évidence les causes principales. Les colonnes les plus grandes sont conventionnellement à gauche et décroissent vers la droite ; une ligne de cumul indique l'importance relative des colonnes (Figure 3.). La popularité des diagrammes de Pareto provient d'une part du fait que de nombreux phénomènes observés obéissent à la loi des 20/80, et d'autre part si 20% des causes produisent 80% des effets, il suffit de travailler sur ces 20% là pour influencer fortement le phénomène. En ce sens, le diagramme. [10]

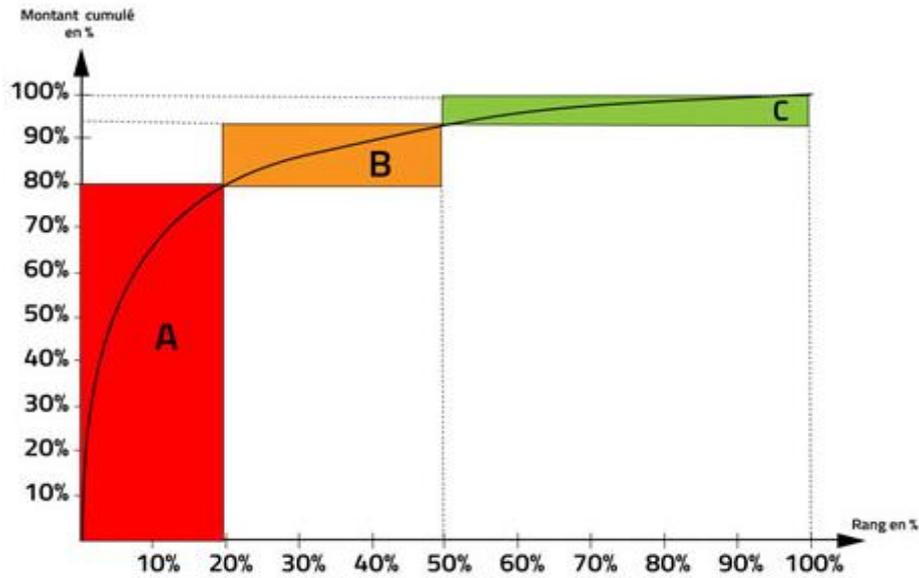


Figure III : 4. Diagramme de Pareto

Construction d'un diagramme de Pareto :

A partir des données recueillies, il faut définir les catégories, puis :

1. Répartir les données dans les catégories,
2. Les catégories sont classées dans l'ordre décroissant,
3. Faire le total des données,
4. Calculer les pourcentages pour chaque catégorie : fréquence/total
5. Calculer le pourcentage cumulé
6. Déterminer une échelle adaptée pour tracer le graphique,
7. Placer les colonnes (les barres) sur le graphique, en commençant par la plus grande à gauche
8. Lorsque les barres y sont toutes, tracer la courbe des pourcentages [9]

10. La méthode AMDEC :

D'après AFNOR, l'analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leur criticités (AMDEC) est une méthode inductive permettant pour chaque composant d'un système, de recenser son mode de défaillance et son effet sur le fonctionnement ou sur la sécurité du système.

Chapitre III : Les méthodes utilisées dans maintenance préventive

10.1. Objectifs de l'AMDEC :

-L'AMDEC est une procédure d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets. Cette méthode a pour objectif :

- Analyser les conséquences des défaillances.
- Identifier les modes de défaillances.
- Préciser pour chaque mode de défaillance les moyens et les procédures de détection.
- 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 [12].

10.2. Les types de la méthode AMDEC :

On distingue 3 types dans cette méthode :

✓ AMDEC produit :

Est utilisée pour vérifier la conformité d'un produit développé par rapport aux exigences du client, et pour étudier en détail la phase de conception du produit ou d'un projet. Si le produit comprend plusieurs composants. On applique l'AMDEC composants.

✓ AMDEC processus :

Pour valider la fiabilité du processus de fabrication et assurer que chaque étape de la fabrication du produit ne générera pas de défauts de qualité.

Chapitre III : Les méthodes utilisées dans maintenance préventive

✓ AMDEC machine :

Est utilisée pour vérifier la fiabilité d'un équipement et assurer que les équipements, les machines fonctionneront avec la meilleure disponibilité possible.

Les sorties de l'étude sont :

- Modes opératoires de conduite et de maintenance
- Formation du personnel (production et maintenance)
- Politique de maintenance et de pièces de rechange
- Modifications pour améliorer la fiabilité ou la maintenabilité [11].

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons illustré la notion de maintenance, et expliqué ses temps classifié leurs différentes méthodes et montré ses objectives dans le domaine industriel , Pour réduire le temps de panne des systèmes électromécaniques, il doit connaitre la nature du défaut et leurs causes, et nous avons clarifié plusieurs méthodes qui permettent d'analyser les défauts des systèmes, quelle que ces méthodes sont la méthode de la courbe ABC, La méthode Diagramme cause-effet (5M) et La méthode Q, Q, O, Q, C, P et la méthode d'AMDEC.

Chapitre IV : Analyse des résultats de maintenance préventive.

1. introduction :

-La boîte de vitesses ZF est l'un des éléments clés dans le fonctionnement des camions poids lourds MAN TRUCK. Pour améliorer la qualité et la fiabilité de la boîte de vitesses ZF, les ingénieurs ont recours à la méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité). Cette méthode permet d'analyser chaque partie de la boîte de vitesses et d'identifier les problèmes potentiels liés à la conception, en réduisant les risques de panne et en améliorant les performances. La méthode AMDEC est un outil puissant pour l'évaluation et l'amélioration des boîtes vitesse des camions lourds de type ZF, aidant à accroître la durabilité de la boîte de vitesses et à réduire les coûts de maintenance et de réparation.

2. historique des pannes de la boîte vitesse ZF des camions poids lourds MAN TRUCK :

-Le tableau suivant résume l'historique des pannes des réparations de boîte vitesse ZF des camions poids lourds MAN TRUCK du TRUCK TEC Berriane-Ghardaïa de l'année **2022** :

Chapitre IV : Analyse des résultats de maintenance préventive.

Figure IV : 1. tableau des Historiques

N	Date	Matricule	kilométrage	Réparation
1	12-01-22	63894-516-16	250.000	Changement de roulement
2	17-01-22	92548-507-03	750.550	Changement de synchro
3	21-02-22	00029-512-47	1.250.352	Changement de synchro
4	28-02-22	3857-506-47	1.300.000	Changement de pignon
5	11-03-22	0311-512-47	938.300	Changement de synchro
6	27-03-22	0535-508-47	1.320.000	Changement de synchro
7	14-04-22	00231-515-47	750.000	Changement de roulement
8	11-05-22	0310-518-47	620.000	Changement de roulement
9	21-05-22	2105-509-47	1.050.000	Changement de synchro
10	30-06-22	1107-511-47	958.000	Changement de synchro
11	04-09-22	0021-517-47	450.000	Changement de pignon
12	07-10-22	0377-507-47	1.220.000	Changement de synchro
13	15-10-22	00108-516-47	620.000	Changement de pignon
14	09-12-22	01515-509-11	1.010.000	Changement de synchro

-Dans le tableau ci-dessous, après notre participation dans l'atelier TRUCK TEC et nos discussions avec les experts là-bas, nous avons répertorié les types de problèmes qui surviennent dans une boîte de vitesses pendant une période de 10 ans ou l'équivalent de 100 000 kilomètres. Il est pratiquement impossible qu'un camion entre dans un seul atelier ou soit réparé au même endroit pendant 10 ans. Ainsi, grâce à leur longue expérience dans le domaine des camions, nous avons obtenu ce qui suit :

Chapitre IV : Analyse des résultats de maintenance préventive.

Figure IV :2. tableau des types des panne

Nº	Type de panne	fréquence	Tempe d'arrêt pour une fois (h)
1	Usure des pignons	5	10
2	Rupture ou usure des synchroniseurs	7	10
3	Déformation géométrique un roulement	2	10
4	Fuite d'huile au niveau du boîte vitesse	2	9
5	Anomalie au niveau des fourchettes	1	7
6	Dommmages au niveau des arbres	1	8
7	Fissures sur le boîtier extérieur	1	7
8	Usure des disques d'embrayages	3	4
9	Problèmes dans le système de lubrification	2	5

Chapitre IV : Analyse des résultats de maintenance préventive.

3. l'application de la méthode AMDEC :

-La gravité, max : 10

- Fréquence, max : 8

-Non détection, max : 5

$$C = G \times F \times D$$

Figure IV :3.tableau de la méthode AMDEC

Mode de défaillance	Effet de défaillance	Sévérité (Gravité) (G)	Cause de défaillance	Fréquence (F)	Non détection (D)	Criticité (C)
La boîte vitesse ne change pas les vitesses	Usure des pièces Interne	5	Usure des Synchroniseurs	5	2	50
			Rupture des synchroniseurs	5	3	75
Perte et Faiblesse du couple moteur	Augmentation de la température et de la consommation de carburant	7	Usure des pignons	3	2	42
Des bruits et des vibrations inhabituels dans la boîte de vitesses	l'arrêt complet de la boîte de vitesses et risque d'accident	9	Rupture De un roulement	2	1	18

Chapitre IV : Analyse des résultats de maintenance préventive.

-Dans ce cas de l'AMDEC, nous définissons trois modes défaillance :

1. La boîte vitesse ne change pas les vitesses.
2. perte et Faiblesse du couple moteur.
3. Des bruits et des vibrations inhabituels dans la boîte de vitesses.

-Nous avons comme effet :

1. Usure des pièces Interne.
2. Augmentation de la température et de la consommation de carburant.
3. l'arrêt complet de la boîte de vitesses et risque d'accident.

-Après avoir finalisé l'AMDEC , nous utilisons les résultats pour :

- Atténuer les défaillances à risque élevé.
- Réduire la gravité des conséquences et la probabilité d'occurrences.
- Insérer des contrôles pour améliorer la détection des pannes.
- Créer des plans d'action avec des dates et responsables de la mise en œuvre de chaque amélioration.
- Réévaluer pour s'assurer que les objectifs ont été atteints.

-En conclusion

-D'après ce tableau, il est clair que les synchroniseurs dans la boîte de vitesses doivent recevoir une attention particulière. Et Pour ce faire, il est nécessaire de prendre les mesures suivantes :

- Veiller à la qualité de l'huile et respecter les intervalles de changement.
- Utiliser des pièces de rechange d'origine conformes aux normes.
- Éviter les surcharges.
- En plus de ces précautions, le conducteur doit être compétent et bien connaître l'utilisation de la boîte de vitesses.

4. l'application de la méthode ABC :

-De notre table (Figure3) nous obtient ce qui suit :

Figure IV :4.tableau de la méthode ABC

N°	Type de panne	fréquence	Tempe d'arrêt (heurs)	Cumul de fréquence	Cumulde Temps d'arrêt	Cumul de fréquence (%)	Cumul Temps d'arrêt (%)
1	Rupture ou usure des synchroniseurs	7	70	7	70	29,17	34,65
2	Usure des pignons	5	50	12	120	50	59,41
3	Déformation géométrique un roulement	2	20	14	140	58,33	69,31
4	Fuite d'huile au niveau du boite vitesse	2	18	16	158	66,67	78 ,22
5	Usure des disques d'embrayages	3	12	19	170	79,17	84 ,16
6	Problèmes dans le système de lubrification	2	10	21	180	87,50	89,11

Chapitre IV : Analyse des résultats de maintenance préventive.

7	Dommmage s au niveau des arbres	1	8	22	188	91,67	93,07
8	Anomalie au niveau des fourchettes	1	7	23	195	95,83	96,53
9	Fissures sur le boîtier extérieur	1	7	24	202	100	100

-A partir du tableau ci-dessus, on trace la courbe de Pareto (figure ci-dessous) pour étudier la boite vitesse en priorité :

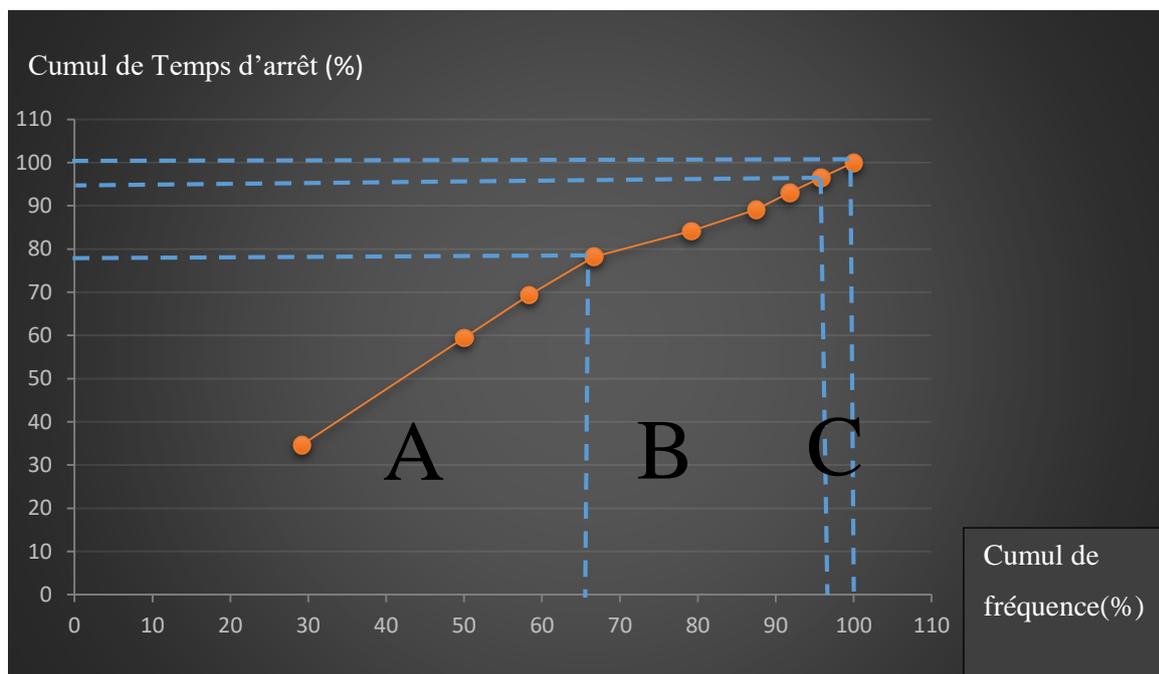


Figure IV :5.la courbe ABC

Interprétation de la courbe :

a) D'après la courbe, il y a trois zones :

-La zone A : c'est la Zone la plus importante. Cette zone contient les éléments les plus perturbés : -les synchroniseurs, les pignons, les jointes et les roulements

-La zone B : c'est une zone contient des éléments moins perturbés par rapport aux éléments de la zone A.

Les éléments de la zone B : les arbres, les fourchettes et le boîtier extérieur

-La zone C : c'est zone elle contient les éléments les moins perturbés par rapport aux deux autres zones.

Les éléments de la zone C : le système de lubrification et disques d'embrayage.

-En conclusion

- Pour améliorer la boîte vitesse et réduire les défaillances dans la zone A, on doit :

- Appliquer la maintenance préventive systématique.
- Prévoir un stock des pièces de rechange.
- Programmer des cycles de formation pour les techniciens du service maintenance portants sur les thèmes de maintenance la boîte vitesse.

Conclusion générale

Conclusion générale

-Notre stage pratique dans l'atelier de réparation mécanique des poids lourds TRUCK TEC a été une expérience fructueuse et extrêmement bénéfique. Pendant cette période, nous avons acquis des connaissances précieuses dans le domaine de la maintenance préventive et découvrir son importance pour le maintien les performances des camions de manière optimale et éviter les pannes futures.

-Nous avons appris l'importance de la maintenance préventive pour préserver la forme et les performances de la boîte de vitesses. Nous avons examiné et diagnostiqué les différents composants et parties, et appris à effectuer une maintenance systématique et à changer les huiles et les filtres selon un calendrier approprié. De plus, nous avons bénéficié d'une expertise avancée dans le traitement des pannes courantes de la boîte de vitesses et leur correction de manière efficace.

Pour optimiser la maintenance de la boite vitesse nous avons proposé

- D'une part selon les résultats de l'analyse ABC ce qui suit :

Augmenter la fréquence des entretiens systématique pour les éléments qui cause les défaillances situant dans la zone A de la courbe ABC. Notamment **(les pinions, les roulements, les synchroniseurs et les joints.)**

- D'autre part et selon les résultats de l'étude AMDEC, on peut dire que la méthode AMDEC est un outil efficace pour notre cas pour analyser les risques et identifier les erreurs potentielles dans le produit ou le processus, ainsi que pour prendre les mesures nécessaires pour les éviter. Il est important de mettre en œuvre cette méthode régulièrement afin de mettre à jour et d'améliorer le processus, et de garantir la qualité du produit.

En fin il faut réviser bien et appliquer les consignes et les recommandations d'exploitation assignées par le constructeur de la boite vitesse.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] Documents du TRUCK TEC
- [2] [En ligne]. le site officielle de **MAN TRUCK** : <https://www.man.eu/>
- [3] [En ligne]. le site officielle de **ZF FRIEDRICHSHAFEN AG** :
<https://www.zf.com/>
- [4] [En ligne].le site officielle de **EURORICAMBIGROUP** Des pièces détachées Made in Italy pour véhicules industriels et commerciaux
- [5] document from **ZF FRIEDRICHSHAFEN AG** published in ITALY
(07.02.2012) « gearbox ZF 16S1820TO »
- [6] Monchy, François. "maintenance, Méthodes et Organisation, dunod." (2000)
- [7] J. HENG, Pratique de maintenance préventive, livre.
- [8] O. CHILARD, G. DONNART & D. RENON, « EDF Patented Protection 'PDTR' Against Resistive Phase to Ground Faults in Compensated MV », CRIS'2004, France à Grenoble, October 2004.
- [9] Hohmann C. 2009. Techniques de productivité : Editions Eyrolles, 258
- [10] ANAES. 2000. Agence Nationale d'Accréditation et d'Évaluation en Santé : Évaluation de la qualité de la tenue du programme. Paris
- [11] A. ABDI, «mémoire de master, optimisation de la fonction maintenance par la méthode AMDEC,» Tlemcen, 2012/2013.
- [12] [En ligne]. Avalable : <https://qualite.ooreka.fr/comprendre/amdec>.
[Accès le 03 05 2020].
- [13] B. BASLIMANE, A. KACIMOUSA, «mémoire de master, Etude et rénovation de l'installation électrique d'un camion semi-remorque type 4x2 » Ghardaïa, 2021/2022.

Résumé

Résumé

Résumé

-La boîte de vitesses des camions poids lourds est un élément crucial pour leurs performances. Elle assure la transmission du mouvement et augmente le couple moteur pour une performance optimale. Il est essentiel de maintenir et d'entretenir régulièrement la boîte de vitesses afin d'éviter les pannes précoces et d'améliorer sa durée de vie. En cas de dysfonctionnement de la boîte de vitesses, cela peut compromettre la sécurité du conducteur et entraîner des coûts de réparation élevés. De plus, l'entretien de la boîte de vitesses améliore l'efficacité énergétique et permet au camion de supporter des charges lourdes en toute fluidité. Il est donc primordial de prendre soin de la boîte de vitesses pour optimiser les performances, éviter les problèmes majeurs et améliorer la sécurité du conducteur et du camion.

ملخص

-علبة التروس في الشاحنات الوزن الثقيل تعد جزءاً حاسماً لأداء الشاحنة. تنقل الحركة وتزيد من عزم الدوران للأداء الأمثل. يتطلب الحفاظ على علبة التروس صيانة منتظمة لتجنب الأعطال المبكرة وتحسين عمر التشغيل. إذا حدث خلل في علبة التروس، فقد يؤثر على سلامة السائق ويتسبب في تكاليف إصلاح عالية. بالإضافة إلى ذلك، صيانة علبة التروس تحسن كفاءة الوقود وتساعد الشاحنة على تحمل الأحمال الثقيلة بسلاسة. لذلك، من الضروري الاهتمام بصيانة علبة التروس لتعزيز الأداء وتجنب المشاكل الكبيرة وتحسين سلامة السائق والشاحنة.

Mots clés : maintenance préventive, MAN TRUCK, Boite vitesse, les synchroniseurs.