



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE 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'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : **Sciences et Technologie**

Filière : **Electromécanique**

Spécialité : **Maintenance Industrielle**

Thème

Application de la méthode de l'AMDEC sur le système de freinage hydraulique de tramway cas Ouargla

Présenté par :

SIBOUKEUR Abdelmalek & HATHAT Farouk

Devant le jury :

Achouri El hadj	M.A.A	UKMO	Président
Damen Djamila	M.A.A	UKMO	Examineur
Guebailia Moussa	M.C.A	UKMO	Encadreur

Anne universitaire 2019/2020

Dédicaces

Avec l'aide de Dieu, j'ai pu compléter ce travail

Humble et simple

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse,
leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mes chères sœurs pour leurs encouragements permanents, et leur
soutien moral,

A mes chers frères, pour leur appui et leur encouragement,

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours
universitaire,

À mes amis et à tous ceux qui m'aiment

Et enseignants, administratif, et le personnel de département de mécanique
a université KASDI Merbah.

Siboukeur Abdelmalek

Dédicaces

Avec l'aide de Dieu, j'ai pu compléter ce travail

Humble et simple

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse,
leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mes chères sœurs pour leurs encouragements permanents, et leur
soutien moral,

A mes chers frères, pour leur appui et leur encouragement,

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours
universitaire,

À mes amis et à tous ceux qui m'aiment

Et enseignants, administratif, et le personnel de département de mécanique
a université KASDI Merbah.

A mes amis A la fin je dédie ce mémoire.

Et enseignants, administratif, et le personnel de département de mécanique
a université KASDI Merbah.

Hathat Farouk



Remerciements

A l'occasion de la réduction de ce mémoire de fin d'études je tiens particulièrement à remercier ALLAH de m'avoir accordé la foi, le courage, la volonté pour élaborer ce travail.

En guise de reconnaissance, je tiens à témoigner mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de mon stage de fin d'étude et à l'élaboration de ce modeste travail.

Mes sincères gratitudee à M. Guebailia pour avoir accepté de m'encadrer pour ce sujet et pour la qualité de son enseignement, ses conseils et son intérêt incontestable qu'il porte à tous les étudiants.

Nous remercions aussi les membres de jury qui nous ont fait honneur d'accepter le jugement de notre travail.

Remerciements spéciaux, Mr Amin Hafyan, Pour son grand soutien à travers des documents pour accomplir ce travail.

Dans l'impossibilité de citer tous les noms, nos sincères remerciements vont à tous ceux et celles, qui de près ou de loin, ont permis par leurs conseils et leurs compétences la réalisation de ce mémoire

En particulier tous nos collègues de la promotion MAINTENANCE
INDUSTRIEL

TABLE DES MATIERES

Dédicaces a	I
Dédicaces f	II
Remerciements	III
TABLE DES MATIERES	IV
LISTE DE FIGURES	VIII
LISTE DES TABLEAUX	X
Introduction générale	2
CHAPITER I	
I.1 Introduction	4
I.2 Définition de maintenance	4
I.2.1 Les différentes formes de maintenance	4
I.2.1.1 Maintenance préventive	4
I.2.1.2 Maintenance corrective	5
I.2.2 Les Operations de maintenance	5
I.2.2.1 Les Operations de maintenance corrective	5
I.2.2.2 Les Operations de maintenance préventive	5
I.2.3 Les niveaux de maintenance	6
I.2.4 Les objectifs de la maintenance	6
I.2.5 Les Types de maintenance	7
I.3 Le Méthode de Maintenance (AMDEC)	7
I.3.1 L'histoire de l'AMDEC	7
I.3.2 Le but de l'AMDEC	8
I.3.3 Les types d'AMDEC	9
I.3.3.1 AMDEC-Produit	9
I.3.3.2 AMDEC-Process	9
I.3.3.3 AMDEC- Moyen de production	9
I.3.3.4 AMDEC Fonctionnel	10
I.3.3.5 AMDEC Flux	10
I.3.4 Démarche pratique de l'AMDEC	10
I.3.5 Caractéristiques essentielles de l'AMDEC	13
I.4 Présentation de la société	14

I.4.1	Projet tramway d'Ouargla	14
I.4.2	Généralité sur le projet	15
I.4.3	Description globale de la société	15
I.4.4	CITAL	16
I.4.4.1	Présentation de CITAL	16
I.4.4.2	Description CITAL	17
I.4.4.3	Localisation du site	18
I.4.4.5	Organigramme de site	18
I.4.5	Gestions des équipes de maintenance au niveau de CITAL SPA OUA	19
I.4.5.1	Présentation de service de maintenance	19
I.4.5.2	Mode de travail	20
I.5	Module de sureté de fonctionnement	21
I.5.1	Principaux concepts	21
I.5.2	La sureté de fonctionnement	21
I.5.3	Bref historique	21
I.5.4	Les Coût de maintenance	22
I.5.5	Taxonomie	23
I.5.6	Entrave	24
I.6	Conclusion	26
CHAPITER II		
II.1	Introduction : Système de freinage hydraulique	28
II.2	Principes de fonctionnement du frein	28
II.2.1	Notions élémentaires	28
II.2.2	Continuité du frein	29
II.2.3	Automaticité du frein	29
II.2.4	Modérabilité du frein	30
II.2.5	Différents mode de freinage	30
II.3	Fonctionnement du frein automatique	31
II.3.1	Freins desserrés	31
II.3.2	Serrage des freins	31
II.3.3	Desserrage des freins	32
II.3.4	Serrage automatique des freins lors d'une rupture de la CFA	32
II.3.5	Fonctionnement du frein direct	33

II.4 Éléments principaux de l'équipement du frein	33
II.4.1 Bogie moteur	34
II.4.2 Soft Start module	36
II.4.3 Accumulateur BM	36
II.4.4 Centrale hydraulique bogie moteur	37
II.4.5 L'étrier passif ou indirect 40 KN (Étrier indirect ou passif pour bogie moteur)	40
II.4.6 Patin magnétique	41
II.4.7 Disque de freinage	44
CHAPITER III	
III.1 Initialisation	47
III.2 Décomposition fonctionnelle	47
III.2.1 Diagramme pieuvre	47
III.2.2 Décomposition structurelle	48
III.3 Méthodologie de la réalisation d'une AMDEC	50
III.3.1 Analyse AMDEC	51
III.3.2 Applique le méthode d'AMDEC sur le système étudié	51
III.4 Les méthodes d'ABC	57
CHAPITER IV	
IV.1 Gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO)	59
IV.1.1 Pourquoi une G.M.A.O ?	59
IV.1.1.1 Diminution des temps d'arrêt pour une meilleure préparation et connaissance de l'historique	59
IV.1.1.2 Planification dans le temps et suivi des activités du service maintenance	60
IV.1.1.3 Accès aux informations mises à jour	60
IV.1.1.4 Optimisation des stocks PDR	60
IV.1.2 Les domaines gérés par les logiciels de GMAO	60
IV.1.2.1 Domaine technique	60
IV.1.2.2 Domaine économique	60
IV.1.2.3 Domaine personnel	60
IV.1.3 Fonctionnalités du système GMAO	61
IV.1.4 Quelques progiciels de GMAO	61
IV.1.5 Diagramme de GMAO	62
IV.1.7 Diagramme d'actions	64

Conclusion générale	65
Référence Bibliographique	66
Résumé	68
ANNEXES	69
ANNEXE 01	70
ANNEXE 02	71
ANNEXE 03	72
ANNEXE 04	73

LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

CHAPITER I	page
Figure I.1: Les méthodes de maintenance	4
Figure I.2: Les objectifs de maintenance	7
Figure I.3: Les types de maintenance	7
Figure I.4: Tramway de Ouargla	15
Figure I.5: Organisation de la société Metro Algérie [8]	16
Figure I.6: Sites Société CITAL d'Ouargla	18
Figure I.7: Organigramme du site d'Ouargla [8]	19
Figure I.8: Gestion de service de maintenance	20
Figure I.9: Cout de maintenance	23
Figure I.10: Arbre de la sûreté de fonctionnement [Laprie]	24
Figure I.11: Enchainement et propagation des erreurs [Laprie96]	25
CHAPITER II	
Figure II.1 : Freins à blocs.	29
Figure II.2 : Freins à disques.	29
Figure II.3 : Les zones des modes.	31
Figure II.4 : Freins desserrés.	31
Figure II.5 : Serrage des freins.	32
Figure II.6 : Desserrage des freins.	32
Figure II.7 : Serrage automatique des freins lors d'une rupture de la CFA.	33
Figure II.8 : Fonctionnement du frein direct.	33
Figure II.9 : Bogie moteur vue horizontale	34
Figure II.10 : Bogie moteur vue vertical	35
Figure II.11 : le circuit de Bogie moteur avec ces composants	35
Figure II.12 : soft start module	36
Figure II.13 : ACCUMULATEUR BM	36
Figure 14 : centrale hydraulique	39
Figure II.15 : Circuit de centrale hydraulique	39
Figure II.16 : l'étrier 40 Kn	41
Figure II.17 : circuit de l'étrier 40 Kn	41
Figure II.18 : PATIN MAGNETIQUE	42
Figure II.19 : L'équipement de Le patin magnétique (Vertical).	43

LISTE DES FIGURES

Figure II.20 : L'équipement de Le patin magnétique (Horizontale).	43
Figure II.21 : Vue générale de disque	44
Figure II.22 : Usure de disque	45
Figure II.23 : Caractéristique de disque	45
CHAPITER III	
Figure III.1: Diagramme de pieuvre (le système de freinage)	47
Figure III.2: Présentation de décomposition structurlelle	48
Figure III.3: Le diagramme d'abc de système de freinage	55
Figure III.4: Le diagramme (2) d'abc de système de freinage	56
CHAPITER IV	
Figure IV.1: Le diagramme GMAO de le service de maintenance	62
Figure IV.2: Le diagramme d'action de le service de maintenance	63

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITER I

Tableau I.1: Les niveaux de maintenance	6
Tableau I.2: Domaines d'application de l'AMDEC d'après les années	8
Tableau I.3: Exemple de feuille d'AMDEC-moyen de production	11
Tableau I.4: Grilles de cotation graduées de 1 à 10	11
Tableau I.5: Grille de cotation de la probabilité d'occurrence	12
Tableau I.6: Grille de cotation de la probabilité de non detection	12
Tableau I.7: Evaluation de la criticité par l'intervention de F et G	13
Tableau I.8: Caractéristiques de la ligne du tramway d'Ouargla [8]	17
Tableau I.9: Un bref historique de la sureté de fonctionnement	21
Tableau I.10: Cout de moyens d'indisponibilité	22
Tableau I.11: Coût annuel des défaillances informatiques	23
Tableau I.12: Quelques chiffres [Laprie07]	23
Tableau I.13: Classification des d'défaillances en fonction des effets	25
Tableau I.14: Classification des modes de d'défaillance	26

CHAPITER II

Tableau II.1: les Caractéristique de ACCUMULATEUR BM [2]	37
Tableau II.2: les élément de centrale hydraulique	37
Tableau II.3: centrale hydraulique	40
Tableau II.4: Les caractéristiques patins magnétiques.	42

CHAPITER III

Tableau III.1: Expliquant les fonctions de diagramme pieuvre	48
Tableau III.2: Analyse AMDEC (F x N x G)	50
Tableau III.3: Les résultantes applications d'AMDEC	50
Tableau III.4: Niveau de Criticité et leurs actions correctives à engager	53
Tableau III.5: Les composants au défaillance et leur niveau de criticité	53

CHAPITER IV

Tableau IV.3: Différents progiciels de gestion de la maintenance	60
Tableau IV.4: Utilisation de GMAO et la realization	61

INTRODUCTION

Générale

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Le terme maintenance est apparu en conjonction avec le boom industriel dont le monde a été témoin après la révolution industrielle. Le terme maintenance fait référence au maintien des équipements en production. Ce dernier est un enjeu clé pour la productivité des usines aussi bien que pour la qualité des produits.

L'une des objectifs principaux de ce projet (La Gestion de Maintenance) est : premièrement, pour citer les actions corrective engager après la criticités, deuxième gérer le stock de pièce de rechange, enfin augmenter le rendement de service

Dans le domaine industriel, en particulier, la maintenance industrielle, les pannes fréquentes et soudains provoquent l'arrêt de la production, ce qui fait de grandes pertes à l'entreprise, des pertes en termes de temps et de coûts, La plupart de ces pannes sont fréquentes et pourraient être prévisibles si étudié attentivement. C'est pourquoi les ingénieurs ont créé un programme qui leur permet d'étudier ces pannes en les suivant sur des périodes répétées et en les classant dans un planning qui leur permet également de connaître l'heure de survenue de la panne, ce qui leur donne du temps. Pour préparer et traiter la panne et ainsi éviter les pertes soutenues par l'entreprise. Ce programme s'appelle AMDEC.

Notre travail consiste à étudier la méthode AMDEC (l'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et leur Criticité), et de pouvoir appliquer réellement sur le système de freinage hydraulique de Tramway Ouargla. Nous allons diviser notre mémoire comme la suit :

- Chapitre 1 : Intéressé par l'identification de quatre partie et qui est le suivant : la maintenance, la méthode de maintenance (AMDEC) ; présentation de la société, Module de sureté de fonctionnement.
- Chapitre 2 : cette partie a pour but présente le system de freinage hydraulique et le principe de fonctionnement et leur constitués de chaque équipement
- Chapitre 3 : application de la méthode AMDEC sur le système de freinage hydraulique.
- Chapitre 4 : la discussion de résulta et organise dans le GMAO (Gestion de Maintenance assistée par Ordinateur)

En fin, nous terminons notre travail par une conclusion générale et confirmera ce travaillé.

Chapitre I :

Description générale

I.1 Introduction

Dans les opérations de maintenance, il faut maitre en évidence les couts et le temps précisé pour la maintenance ou elle particulier un budget pour les services suivant (L'équipement, l'intervention, les personnels, les outils de travail, les pannes, le stockage, les pièces de rechange...) Et avec l'évolution de la technologie moderne, les méthodes modernes d'amélioration du rendement s'accompagnent d'une bonne gestion de la maintenance comme AMDEC, et pour assurer la sécurité de fonctionnement. [1]

I.2 Définition de maintenance[1]

Ensemble des opérations permettant de maintenir ou de rétablir un matériel, un appareil, un véhicule, etc., dans un état donné, ou de lui restituer des caractéristiques de fonctionnement spécifiées.

Action ayant pour objet de maintenir en condition, grâce à un complètement en personnel et en matériel, des unités militaires éprouvées par le combat ; ensemble des moyens nécessaires à cette action. [1]

I.2.1 Les différentes formes de maintenance

Les déverses option suxptible d'être mis en œuvre par le service de maintenance relèvent de deux principes fondamentaux.

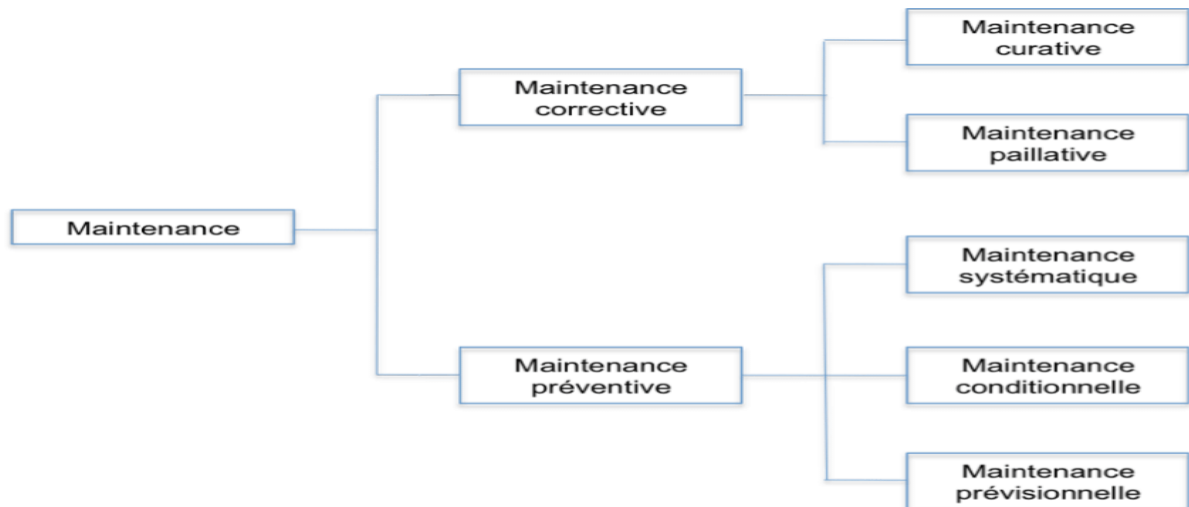


Figure I.1: Les méthodes de maintenance[1].

I.1.1.1. Maintenance préventive.

Selon l'AFNOR «la maintenance préventive est une maintenance ayant pour objet de réduire probabilité ou dégradation d'un bien»

- **Maintenance préventive Systématique** : Selon l'afnor «maintenance effectuée selon un échancier établi selon le temps ou un nombre prédéterminé d'unité d'usage. »

- **Maintenance préventive Conditionnelle** : Selon l'afnor « Maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé, (autodiagnostic, vibration, température, etc.), révélateur de l'état de dégradation du bien. »
- **Maintenance préventive prévisionnelle** : maintenance conditionnelle exécutée en suivant la prévision extrapolées de l'analyse

I.1.1.2. Maintenance corrective

Selon l'afnor «ensemble les activités réalisées après la défaillance d'un bien. »

- **Les interventions palliatives** : c'est une remise en état de fonctionnement effectuée in situ parfois sans interruption du fonctionnement de l'ensemble concerné elle a corrective provisoire et doit être suivie par une action corrective durable
 - **Les interventions curatives** : il s'agit des réparations faites in situ ou en atelier central parfois après dépannage ce type de maintenance a un caractère définitif.
- **Défaillance** : « Altération ou cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise. »

On distingue deux formes de défaillance : la défaillance partielle et la défaillance complète.

- **Défaillance partielle** : «Altération de l'aptitude d'un bien à accomplir les fonctions requises. »
- **Défaillance complète** : «Cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise. » La maintenance corrective a pour objet de redonner au matériel des qualités perdues nécessaires à son utilisation.

Les défauts, pannes ou avaries diverses exigeant une maintenance corrective entraînent une indisponibilité immédiate ou à très brève échéance des matériels affectés ou / et une dépréciation en quantité ou / et en qualité des services rendus.

I.1.2. Les opérations de maintenance[1]

I.1.2.1. Les opérations de maintenance corrective

- **Le dépannage** : action physique exécutée pour permettre à un bien en panne d'accomplir sa fonction requise pendant une durée limitée jusqu'à ce que la réparation soit exécutée.
- **La réparation** : action physique exécutées pour rétablir la fonction requise d'un bien en panne

I.1.2.2. Les opérations de maintenance préventive

- **Les inspections** : contrôles de conformité réalisés en mesurant, observant, testant, ou calibrant les caractéristiques significatives d'un bien

- **Visite** : opération de surveillance qui dans le cadre de la maintenance préventive systématique s'apparente selon une périodicité déterminée
- **Contrôle** : vérification de conformité par rapport à des données préétablies suivie d'un jugement.

I.1.3. Les niveaux de maintenance

Niveau	Définition	Personnel intervention	Moyens
1	Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'organes accessibles sans aucun démontage d'équipement ou échange d'éléments accessibles en toute sécurité.	Exploitant sur Place.	Outillage léger défini dans les conditions d'utilisation.
2	Dépannage par échange standard d'éléments prévus à cet effet ou d'opérations mineures de maintenance préventives (rondes).	Technicien habilité, sur place.	Idem, plus les pièces de rechange trouvées à proximité, sans délai.
3	Identification et diagnostic de panne, réparation par échange de composants fonctionnels, réparations mécaniques mineures.	Technicien spécialisé, sur place ou en local de maintenance	Outillage prévu, plus des appareils de mesure, banc d'essai, contrôle...
4	Travaux importants de maintenance corrective ou préventive.	Equipe encadrée par un technicien spécialisé (Atelier central).	Outillage général plus spécialisé, matériel d'essai, de contrôle...
5	Travaux de rénovation de reconstruction ou réparations importantes confiées à un atelier Central.	Equipe complète, polyvalente (atelier central)	Moyens proches de la fabrication par le constructeur.

Tableau I.1: Les niveaux de maintenance[1]

I.1.4. Les objectifs de la maintenance

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

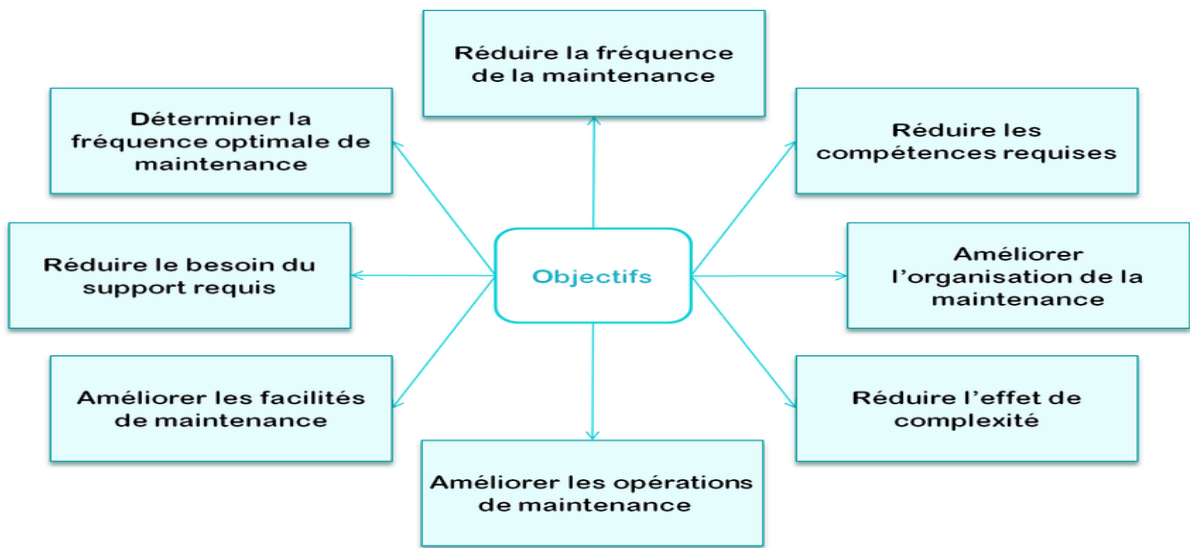


Figure I.2: Les objectifs de maintenance[1]

I.1.5. Les Types de maintenance

Après une étude approfondie des concepts, types, processus et objectifs de maintenance, tout ce qui précède peut être résumé dans le diagramme suivant :

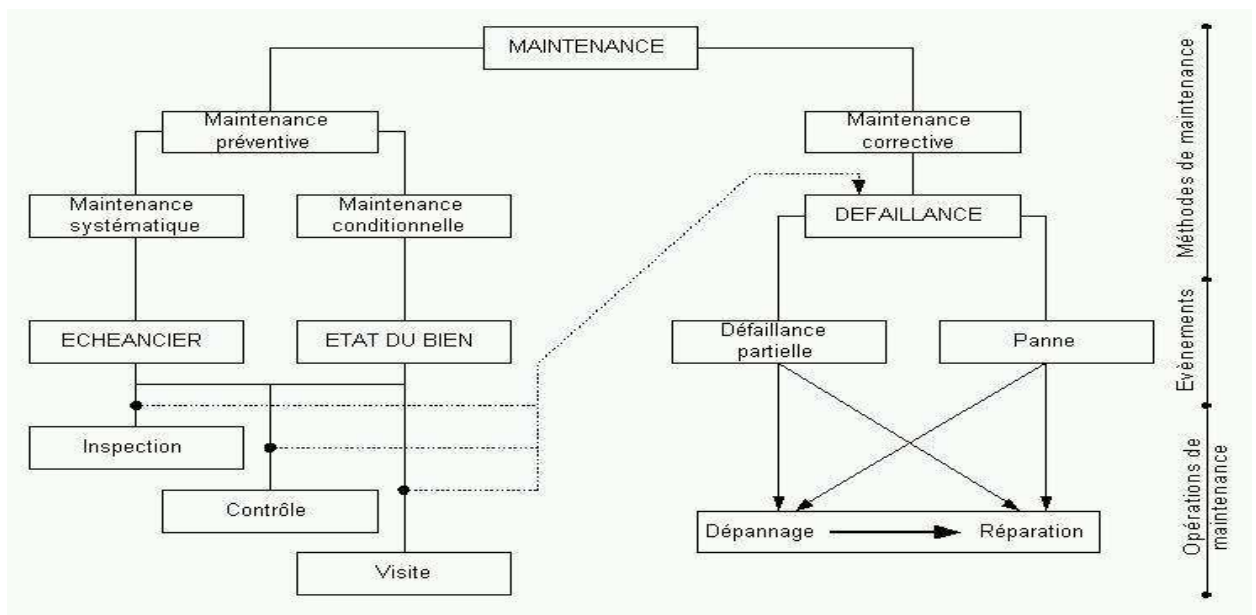


Figure I.3: Les types de maintenance[1]

I.2.1. L’histoire de l’AMDEC [2]

L’Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) est une méthode d’analyse prévisionnelle de la fiabilité qui permet de recenser systématiquement les défaillances potentielles d’un dispositif puis d’estimer les risques liés à l’apparition de ces défaillances. L’AMDEC a été adaptée à l’ensemble des activités à risques (nucléaire civil ; domaine aéronautique, spatial ; grands travaux), Elle a fait son apparition en France dans le domaine aéronautique (Concorde puis Airbus) au cours des années 1960 (cf. encadré). Introduite dans l’industrie manufacturière de série depuis les années 1980, puis a été intégrée dans les projets industriels De nos jours, son emploi est très répandu dans le monde industriel soit pour améliorer l’existant, soit pour traiter préventivement les causes potentielles de non-performance des nouveaux produits, procédés ou moyens de production. [2]

Années	Domaines d’application de l’AMDEC
1950	la méthode FMECA (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis) est introduite aux États-Unis dans le domaine des armes nucléaires
1960	cette méthode est mise en application en France sous le nom d’AMDEC pour les programmes spatiaux et aéronautiques.
1970	son application est étendue aux domaines du nucléaire civil, des transports terrestres et des grands travaux.
1980	l’AMDEC est appliquée aux industries de produits et de biens d’équipement de production

Tableau I.2: Domaines d’application de l’AMDEC d’après les années[2]

I.3.2 Le but de l’AMDEC

L’AMDEC est une technique qui conduit à l’examen critique de la conception dans un but d’évaluer et de garantir la sûreté de fonctionnement (sécurité, fiabilité, maintenabilité et disponibilité) d’un moyen de production .

L’AMDEC doit analyser la conception du moyen de production pour préparer son exploitation, afin qu’il soit fiable et maintenable dans son environnement opérationnel. Pour parvenir à ce but, le propriétaire de l’installation exige :

- qu'elle soit intrinsèquement fiable ;
- de disposer des pièces de rechange et des outillages adaptés ;
- de disposer des procédures ou aides minimisant les temps d'immobilisation du moyen par la diminution du temps d'intervention (diagnostic, réparation ou échange et remise en service)
- que les personnels (d'exploitation et de maintenance) soient formés ;
- qu'une maintenance préventive adaptée soit réalisée, afin de réduire la probabilité d'apparition de la panne.

I.2.2. Les types d'AMDEC

Il y a Cinq types d'AMDEC (jusqu'au 2011) suivant que le système ana- lysé est :

- le produit fabriqué par l'entreprise ;
- le processus de fabrication du produit de l'entreprise ;
- le moyen de production intervenant dans la production du produit de l'entreprise.
- le fonctionnement.
- la sécurité de produit et des personnes.

I.2.2.1. AMDEC-Produit

L'AMDEC-Produit est utilisée pour l'aide à la validation des études de définition d'un nouveau produit fabriqué par l'entreprise.

Elle est mise en œuvre pour évaluer les défauts potentiels du nouveau produit et leurs causes. Cette évaluation de tous les défauts possibles permettra d'y remédier, après hiérarchisation, par la mise en place d'actions correctives sur la conception et préventives sur l'industrialisation.

I.2.2.2. AMDEC-Process

L'AMDEC-Process est utilisée pour étudier les défauts potentiels d'un produit nouveau ou non, engendrés par le processus de fabrication. Elle est mise en œuvre pour évaluer et hiérarchiser les défauts potentiels d'un produit dont les causes proviennent de son processus de fabrication.

S'il s'agit d'un nouveau procédé, l'AMDEC-Process en permettra l'optimisation, en visant la suppression des causes de défaut pouvant agir négativement sur le produit. S'il s'agit d'un procédé existant, l'AMDEC-Process en permettra l'amélioration.

I.2.2.3. AMDEC- Moyen de production

Il permet d'étudier les moyens de production lors de leur conception ou lors de leur phase d'exploitation.

Il est possible d'identifier et d'analyser les risques potentiels de défaillance qui pourraient entraîner une modification des performances globales d'un système de

production et une dégradation des performances. Il peut être mesuré par la disponibilité limitée des moyens de production

L'objectif est généralement ici de :

- modifier la conception ;
- lister les pièces de rechange ;
- prévoir la maintenance préventive.

Analyser les causes de panne qui Dégrade les performances des appareils de production. Cette dégradation se mesure par la disponibilité limitée des moyens de production, l'analyse est conduite sur le site, avec des récapitulatifs des pannes, les plans, les schémas, etc.

L'objectif est généralement ici de :

- connaître l'existant.
- améliorer ;
- optimiser la maintenance (gamme, procédures, etc.) ;
- optimiser la conduite (procédures, modes dégradés, etc.).

I.2.2.4. AMDEC Fonctionnel

Permet, à partir de l'analyse fonctionnelle (conception), de déterminer les modes de défaillances ou causes amenant à un événement redouté

I.2.2.5. AMDEC Flux

Permet d'anticiper les risques liés aux ruptures de flux matière ou d'informations, les délais de réaction ou de correction, les coûts inhérents au retour à la normale.

I.2.3. Démarche pratique de l'AMDEC

Etape 1 : initialisation de l'étude qui consiste :

- la définition de la machine à analyser,
- la définition de la phase de fonctionnement,
- la définition des objectifs à atteindre,
- constitution de groupe de travail,
- la définition de planning des réunions,
- la mise au point des supports de travail : (prenons un exemple standard de feuille AMDEC [Tableau I.3])

ANALYSE FONCTIONNELLE		ANALYSE DE DEFAILLANCE				ESTIMATION DE CRITICITE				ME-SURES	
Composant		Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effet local	Effet système	Gravités	Occurrence	Non détection	Criticité	Mesures envisagées
Nom	Rep										
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Tableau I.3: Exemple de feuille d’AMDEC-moyen de production[3]

Etape 2 : description fonctionnelle de la machine qui consiste :

- découpage de la machine,
- inventaire des fonctions de service,
- inventaire des fonctions techniques.

Etape 3 : analyse AMDEC qui consiste :

- analyse des mécanismes de défaillances,
- évaluation de la criticité à travers :
 - la probabilité d’occurrence F,
 - la gravité des conséquences G,
 - la probabilité de non détection D.
- la criticité est définie par le produit : $C=F.G.D$
- propositions d’actions correctives.

Etape 4 : synthèse de l’étude/décisions qui consiste :

- bilan des travaux,
- décision des actions à engager.

Les grilles de cotation : On utilise en général des grilles d’évaluations adaptées au problème à étudier. Les différents éléments sont notés la plupart du temps de 1 à 10 (il ne faut jamais coter zéro). Cependant, l’expérience peut amener certaines entreprises à utiliser une notation de 1 à 5, [Tab.4], [Tab.5], [Tab.6].

À titre d'exemple, voici 3 grilles de cotation graduées de 1 à 10 ; seuls trois niveaux sont présentés niveaux (1,5 et 10), [Tableau I.9]

Note F	Fréquence ou probabilité d'ap- parition	Note G	Gravité	Note D	Probabilité de non-détection
10	Permanent	10	Mort d'homme	10	Aucune probabilité de détection
					Un système de

5	Fréquent	5	Conséquences financières et/ou matérielles	5	détection est en place mais n'est pas infaillible
1	Rare	1	Pas grave	1	Le système de détection est infaillible

Tableau I.4: Grilles de cotation graduées de 1 à 10. [3]

Valeurs de F	Probabilité d'apparition de la défaillance
1	Défaillance inexistante sur matériel similaire (1 arrêt max. tous les 2 ans) Improbable
2	Défaillance occasionnelle déjà apparue sur matériel similaire (1 arrêt max. tous les ans) Fréquence très faible
3	Défaillance occasionnelle posant plus souvent des problèmes (1 arrêt max. tous les 6 mois) Fréquence faible
4	Défaillance certaine sur ce type de matériel (1 arrêt max. par mois) Fréquence moyenne
5	Défaillance systématique sur ce type de matériel (1 arrêt max. par semaine) Fréquence forte

Tableau I.5: Grille de cotation de la probabilité d'occurrence. [3]

Valeurs de D	Critère
1	Signe avant-coureur de la défaillance que l'opérateur pourra éviter par une action préventive ou alerte automatique d'incident Détection évidente
2	Il existe un signe avant-coureur de la défaillance mais il y a un risque que ce signe ne soit pas perçu par l'opérateur Détection possible

3	Le signe avant-coureur de la défaillance n'est pas facilement décelable Détection improbable
4	Il n'existe aucun signe avant-coureur de la défaillance Détection impossible

Tableau I.6: Grille de cotation de la probabilité de non détection. [3]

On évalue la criticité par le produit : $C = F \times G \times D$ Plus C est grand, plus le mode de défaillance est critique.

L'indice de criticité définit l'ordre de priorité des actions correctives à entreprendre, pour ($C > 75$), il est nécessaire de repenser la conception. Cependant, et pour ($C < 20$) il est possible d'ignorer certaines des défaillances.

on ne fait alors intervenir que deux paramètres, F et G. Il est également possible d'évaluer la criticité à partir d'une matrice de criticité ;

		Niveau de Gravité			
		Insignifiant	Marginal	Critique	Catastrophique
Fréquence	Fréquent	Indésirable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable
	Probable	Acceptable	indésirable	Inacceptable	Inacceptable
	Occasionnel	Acceptable	indésirable	indésirable	Inacceptable
	Rare	Négligeable	Acceptable	Indésirable	Inacceptable
	Improbable	Négligeable	Négligeable	Acceptable	Acceptable
	Invraisemblable	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Négligeable

Tableau I.7: Evaluation de la criticité par l'intervention de F et G. [3]

I.2.4. Caractéristiques essentielles de l'AMDEC

L'AMDEC est une méthode d'analyse inductive et très efficace rigoureuse qui permet une recherche systématique :

- des modes de défaillance d'un moyen de production (par exemple : perte d'une fonction, dégradation dans la réalisation d'une fonction, réalisation intempestive de la fonction)
- des causes de défaillance générant les modes de défaillance.

Ces causes peuvent se situer au niveau des composants du moyen de production ou être dues à des sollicitations extérieures ;

- des conséquences des défaillances sur le moyen de production, sur son environnement, sur le produit ou sur l'homme ;
- des moyens de détection pour la prévention et/ou la correction des défaillances.

La méthode est qualifiée d'inductive car son point de départ est la recherche des événements élémentaires pour en déduire les conséquences finales. Par opposition, les méthodes déductives consistent à analyser la conséquence finale pour en rechercher les événements élémentaires.

L'AMDEC est une méthode de travail de groupe qui réunit :

- des compétences dans le domaine des études et des méthodes ;
- des expériences dans le domaine de la maintenance, des méthodes, de la fabrication et de la qualité.

I.3. Présentation de la société

I.3.1. Projet tramway d'Ouargla

Les travaux de réalisation, qui sont en cours, seront effectués en deux temps et par deux entreprises différentes. La première tranche des travaux portant la construction des infrastructures et des bâtiments, sera réalisée par le groupement espagnol ROVER - ALCIA / ASSIGNA ELECNOR et la seconde tranche, qui concerne la partie système, sera réalisée par le groupement ALSTOM Transport France et ALSTOM Transport Algérie Description globale de la société.



Figure I.4: Tramway de Ouargla. [5]

I.3.2. Généralité sur le projet

La première ligne de tramway de l'agglomération d'Ouargla à une longueur totale de 9,1 km. La ligne comprend 16 stations distantes en moyenne de 500 à 600 m, un terminus (Hay Nasr) et un terminus de centre commerciale Le matériel roulant prévu est le Tramway Alstom Citadis 402 d'une longueur d'environ 40 mètres. [5]

La vitesse commerciale espérée est d'environ 21 Km/heure de pour une vitesse maximale en ligne de 70 Km/h Le tramway circule en voie double sur la majeure partie du tracé à l'exception près de la boucle du Ksar qui sera réalisée en voie simple, le projet est décomposé en six secteurs. [5]

La construction de la ligne de tramway s'accompagne de la construction de bâtiments en ligne et au Dépôt et Ateliers au niveau du dépôt et ateliers, zone d'environ 10 hectares les principaux bâtiments sont les suivant. [5]

I.3.3. Description globale de la société [5]

La Société Metro Algérie est organisée comme suit :

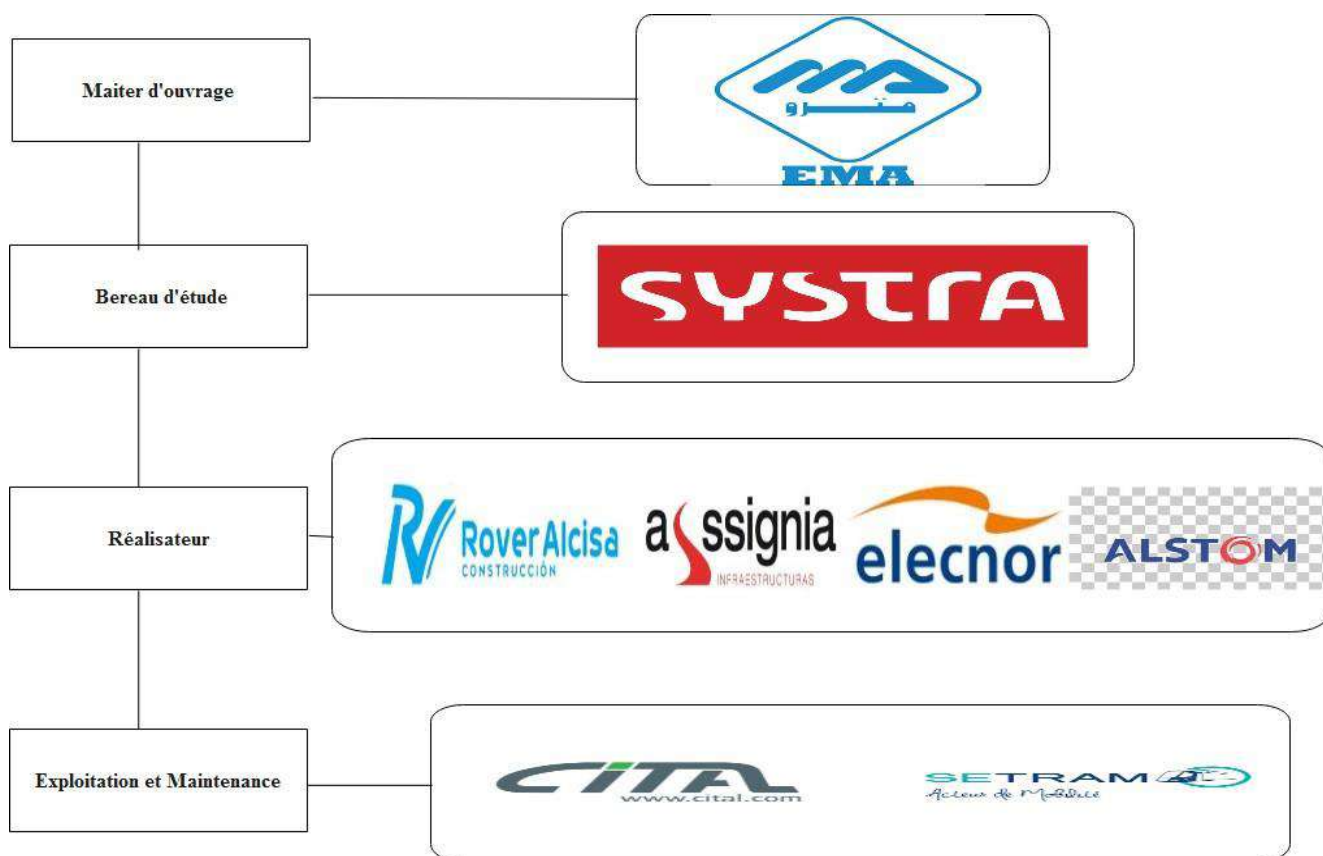


Figure I.5: Organisation de la société Metro Algérie . [5]

I.3.4. CITAL

I.3.4.1. Présentation de CITAL

CITAL est née en 2011 de la volonté de l'Algérie de se doter de capacités industrielles moderne d'assemblage et de maintenance dans le domaine ferroviaire, elle est en charge de satisfaire les besoins en tramways des projets en cours et futurs en Algérie. 6 systèmes de tramway sont maintenus par CITAL : Alger depuis décembre 2010 ; Oran depuis avril 2013 et Constantine depuis juin 2013, Sidi-Bel-Abbès depuis juillet 2017, Ouargla depuis mars 2018 et Sétif depuis mai 2018. Prochainement la maintenance des tramways de Mostaganem et celle des trains grande ligne CORADIA ALGERIE seront également assurée par CITAL. . [6]

CITAL est certifiée ISO 9001 version 2015.

- 145 rames de tramway produites
- Développement d'un tissu économique et industriel ferroviaire à Annaba autour de l'usine, et dans toute l'Algérie autour des centres de maintenance CITAL
- Le recrutement de plus de 500 cadres et employés localement, qui sont formés en Europe et en Algérie, pour devenir hautement qualifiés et maîtriser les technologies de pointe.
- 3 Grands Partenaires EMA, FERROVIAL et ALSTOM
- La Qualité au meilleur niveau mondial attestée par les certifications ISO 9001

- L'engagement de la préservation de notre environnement attesté par les certifications ISO 14001
- La sécurité et la santé de nos employés

I.3.4.2. Description 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.

Les caractéristiques de la ligne :

Type de caractéristiques	Valeur de caractéristiques
Longueur de la ligne	9.1 km
Nombre de stations	16
Nombre dessous stations électriques	05
Nombre de carrefour	10
Nombre de parc relais	01
Nombre de pôles d'échange	02
Centre de maintenance	5.5 hectares
Temps de parcours	34mn
Fréquence	4 mn en heure de pointe
Vitesse commercial	20,6 km/h
Nombre de rames	24 de 42 m dotées d'équipements pouvant faire face au climat de la région
Capacité de transport en heure de pointe	3450 voyageurs /heure/sens
Capacité de transport attendue	34 millions voyageurs par année
Capacité maximale de la rame	400 voyageurs

Tableau I.8: Caractéristiques de la ligne du tramway d'Ouargla . [6]

I.3.4.3. Localisation du site

L'emplacement géographique de la ville d'Ouargla au nord du Sahara Algérien. Elle se situe à une latitude de 31.56° et longitude 5.19° . [6]

Sites d'Ouargla : (Vue générale)

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.

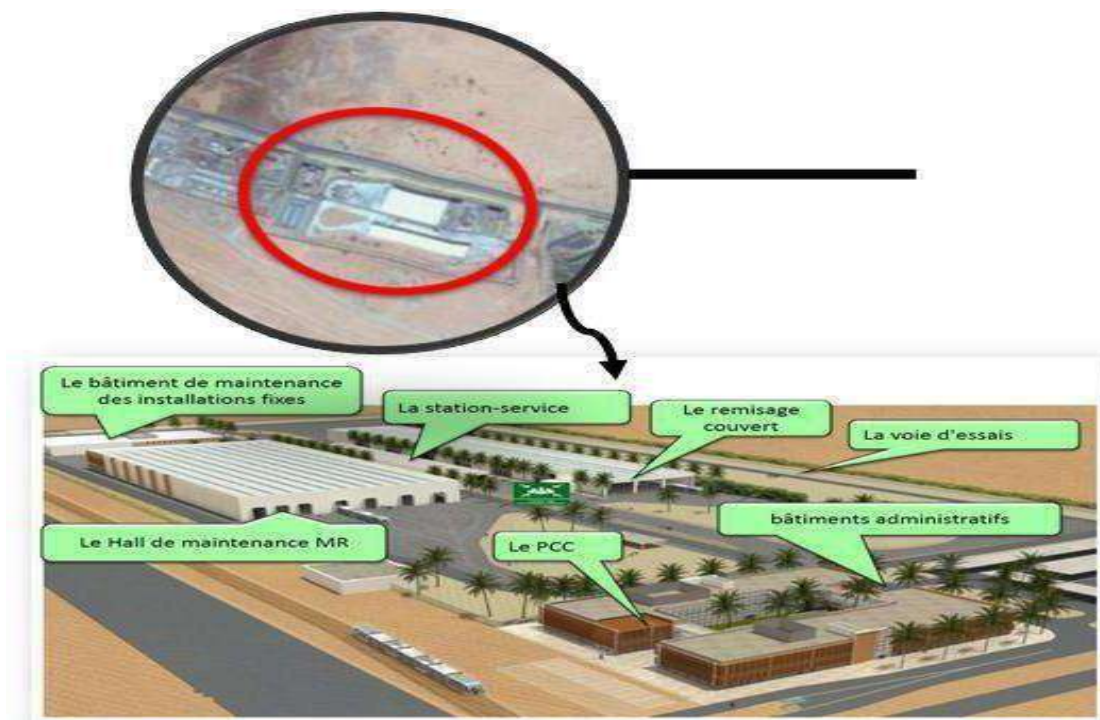


Figure I.6: Sites Société CITAL d'Ouargla. [6]

Pour l'organisation des travaux, la ligne sera décomposée en 6 secteurs hétérogènes :

Séquence 1 : Ville nouvelle

Séquence 2 : Gare et Université nouvelle

Séquence 3 : Nouveau faubourg

Séquence 4 : Nouveau centre

Séquence 5 : Avenue de la République

Auxquels s'ajoutera la zone du Dépôt Ateliers

Nous allons expliquer la structure organisationnelle de l'entreprise CITAL

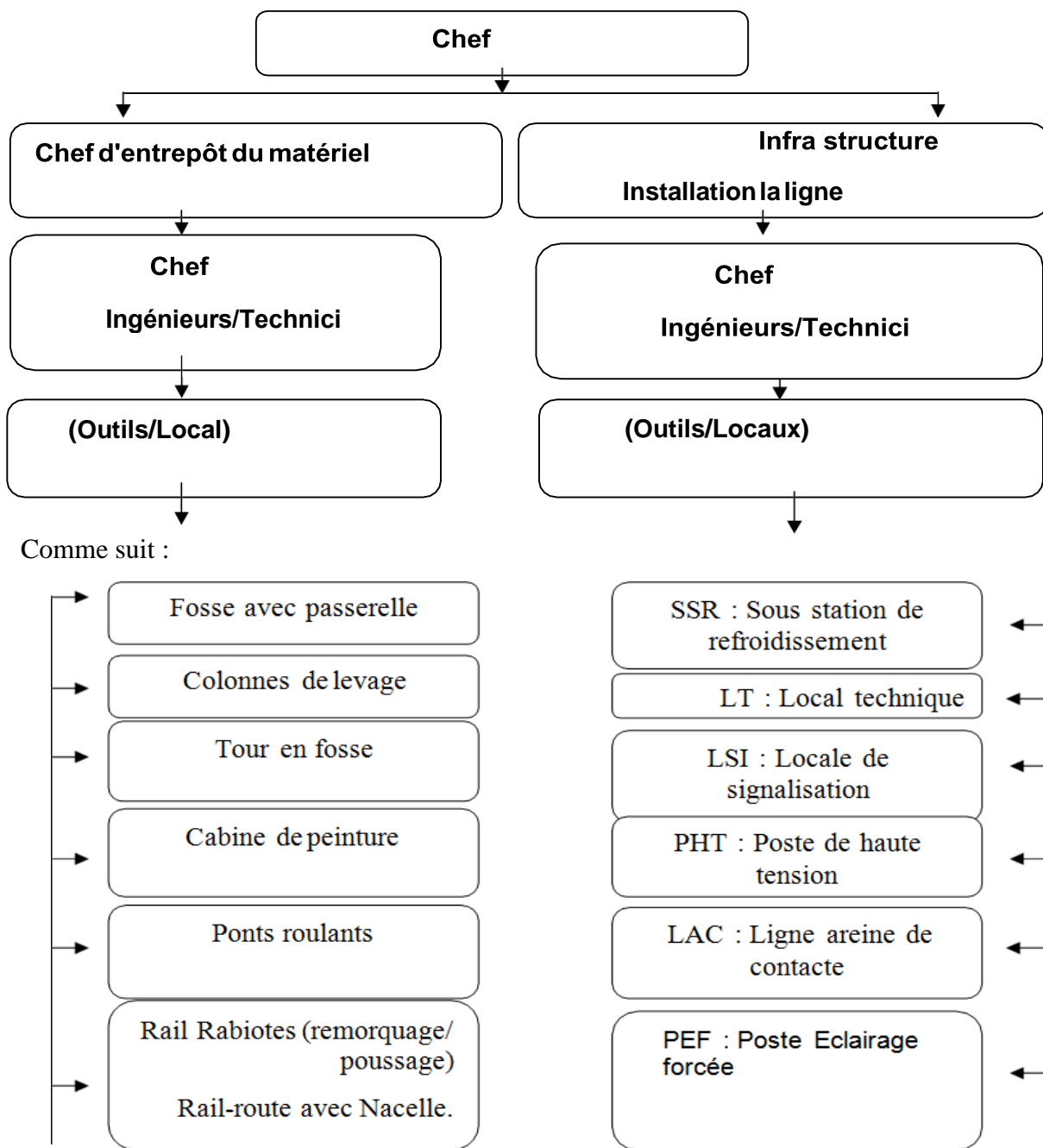


Figure I.7: Organigramme du site d'Ouargla . [7]

I.3.5. Gestions des équipes de maintenance au niveau de CITAL SPA OUA

I.3.5.1. Présentation de service de maintenance

CITAL SPA au niveau du site d'Ouargla est chargé d'effectuer les Maintenances 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)

⇒ Sérécine Rames et dépôt = SERVICING

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

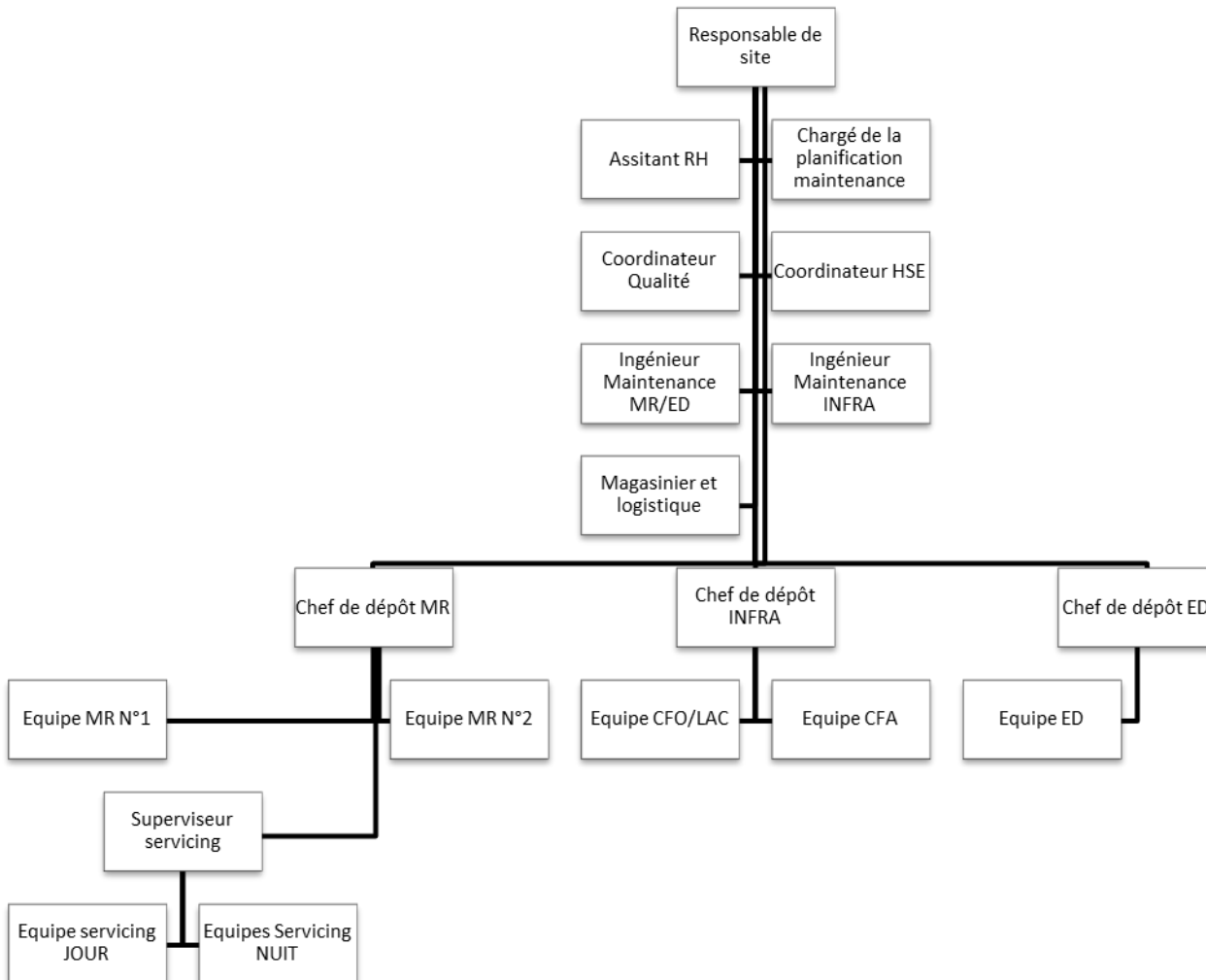


Figure I.8: Gestion de service de maintenance . [7]

I.3.5.2. 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 entretient 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 effectuée.
- ⇒ L'équipe CFA : est constitué 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 effectuée.
- ⇒ L'équipe ED : est constitué d'un chef d'équipe et les techniciens ED. ils travaillent uniquement le jour.

I.5. Module de sûreté de fonctionnement

I.5.1. Principaux concepts

La sûreté de fonctionnement est apparue comme une nécessité au cours du XX^{ème} notamment avec la révolution industrielle. Le terme dependability est apparu dans une publicité sur des moteurs Dodge Brothers dans les années 1930. L'objectif de la sûreté de fonctionnement est d'atteindre le Graal de la conception de système : zéro accident, zéro arrêt, zéro défaut (et même zéro maintenance). Pour pouvoir y arriver, il faudrait tester toutes les utilisations possibles d'un produit pendant une grande période ce qui est impensable dans le contexte industriel voire même impossible à réaliser tout court.

La sûreté de fonctionnement est un domaine d'activité qui propose des moyens pour augmenter la fiabilité et la sûreté des systèmes dans des délais et avec des coûts raisonnables. [9]

I.5.2. La sûreté de fonctionnement

La sûreté de fonctionnement est souvent appelée la science des défaillances ; elle inclut leur connaissance, leur évaluation, leur prévision, leur mesure et leur maîtrise.

Il s'agit d'un domaine transverse qui nécessite une connaissance globale du système comme les conditions d'utilisation, les risques extérieurs, les architectures fonctionnelle et matérielle, la structure et fatigue des matériaux. Beaucoup d'avancées sont le fruit du retour d'expérience et des rapports d'analyse d'accidents.[9]

I.5.3. Bref historique.

Le tableau ci-dessous présente un bref historique de la sûreté de fonctionnement.

Période	Accident
Jusqu'aux les années 30 <ul style="list-style-type: none"> • Approche intuitive : renforcer l'élément le plus faible • Premiers systèmes paramètres et redonnant • Approche statique, taux de défaillance 	Explosion poudrière (1794) Accident chemin de fer (1842)

<p>Années 40</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyse des missiles allemands V1 (Robert Lusser) • Loi de Murphy • Quantification de la disponibilité 	
<p>Années 50</p> <ul style="list-style-type: none"> • Advisory Group on Reliability of Electronic Equipment AGREE • Augmentation de la fiabilité • MTBF 	Tcheliabinsk40 (1957)
<p>Années 60</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyse des modes de défaillance et de leurs effets • Programmes de recherche spatiaux • Arbres de défaillance (missile Minuteman) • Arbres des causes (Boeing-NASA) 	Torrey Canyon (1967)
<p>Années 70</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyse des risques • Collecte des données Rex 	
<p>Années 80 à nos jours</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nouvelles techniques (simulation, réseaux de PeTri) • Modélisation 	Tchernobyl (1986) Ariane V (1996) DART (NASA, 2005) Vol Rio Janeiro

Tableau I.9: Un bref historique de la sûreté de fonctionnement.[9]

I.5.4. Les Coût de maintenance .

- **Le coût de sûreté de fonctionnement** : Le coût d'un haut niveau de sûreté de fonctionnement est très onéreux. Le concepteur doit faire des compromis entre les mécanismes de sûreté de fonctionnement nécessaires et les coûts économiques. Les systèmes qui ne sont pas sûrs, pas fiables ou pas sécurisés peuvent être rejetés par les utilisateurs. Le coût d'une défaillance peut être extrêmement élevé. Le coût de systèmes avec un faible niveau de sûreté de fonctionnement est illustré dans les figures ci-dessous.
- **Coût de moyens d'indisponibilité** :

Secteur Industriel	Production et distribution d'énergie	2.8	Millions d'Euros par heure perdue
	Production manufacturière	1.6	
	Intuitions financières	1.4	
	Assurances	1.2	
	Commerce	1.1	

	Banques	1	
--	---------	---	--

Tableau I.10: Cout de moyens d'indisponibilité.[9]

- **Coût annuel des défaillances informatiques :**

Estimation compagnies d'assurance (2002)	France (secteur privé)	USA	Royaume Uni
Fautes Accidentelles Malveillances	1,1 G€ 1,3 G€	4 G\$	1,25 G€
Estimation globale	USA : 80 G\$	EU : 60G	

Tableau I.11: Coût annuel des défaillances informatiques .[9]

- **Coûts de maintenance :**

Logiciel embarqué de la navette spatiale : 100 M \$ / an

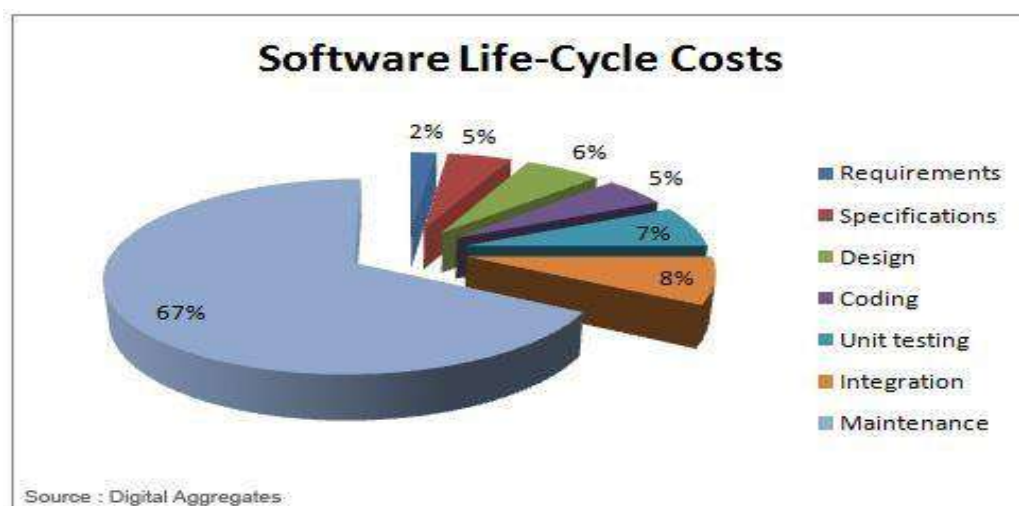


Figure I.18: Cout de maintenance.[9]

- **Coûts logiciels abandonnés (défaillance du processus de développement) :**

USA [Standish Group, 2002 13522 projets]	Succès	Remise en question	Abandon
	34 %	51 %	15 %
~ 38 G\$ de pertes (sur total 225 G\$)			

Tableau I.12: Quelques chiffres [Laprie07]

I.5.5. Taxonomie.

La sûreté de fonctionnement manipule un certain nombre de concepts que nous précisons dans cette partie en donnant des définitions précisés. La sûreté de fonctionnement peut être vue comme étant composée des trois éléments suivants :

- Attributs : points de vue pour évaluer la sûreté de fonctionnement.
- Entraves : évènements qui peuvent affecter la sûreté de fonctionnement du système ;
- Moyens : moyens pour améliorer la sûreté de fonctionnement.

Ces notions sont résumées dans la figure I.19.

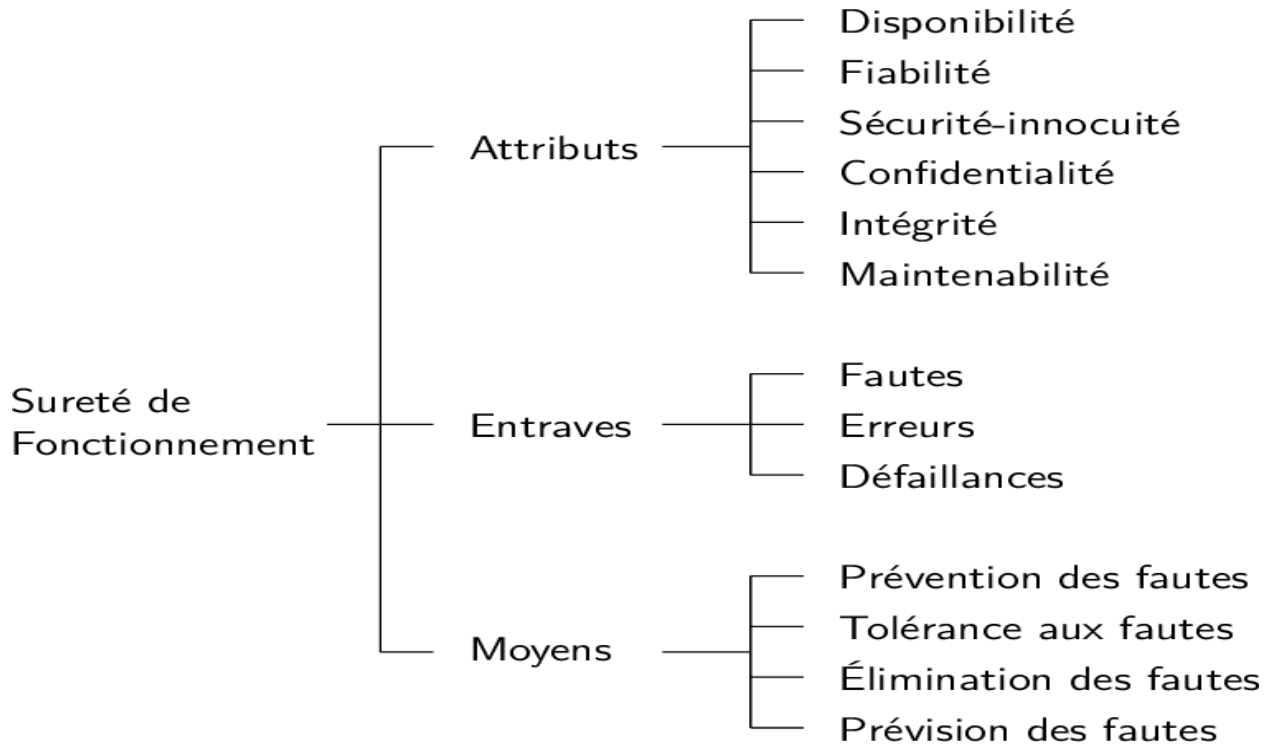


Figure I.9: Arbre de la sûreté de fonctionnement [Laprie] .[9]

I.5.6. Entrave

Commençons par détailler les entraves qui peuvent affecter le système et dégrader la sûreté de fonctionnement. Les entraves sont réparties en 3 notions : les fautes, les erreurs et les défaillances qui s'enchaînent comme illustré dans la figure I.20.

Les définitions sont récursives car la défaillance d'un composant est une faute pour le système qui le contient.

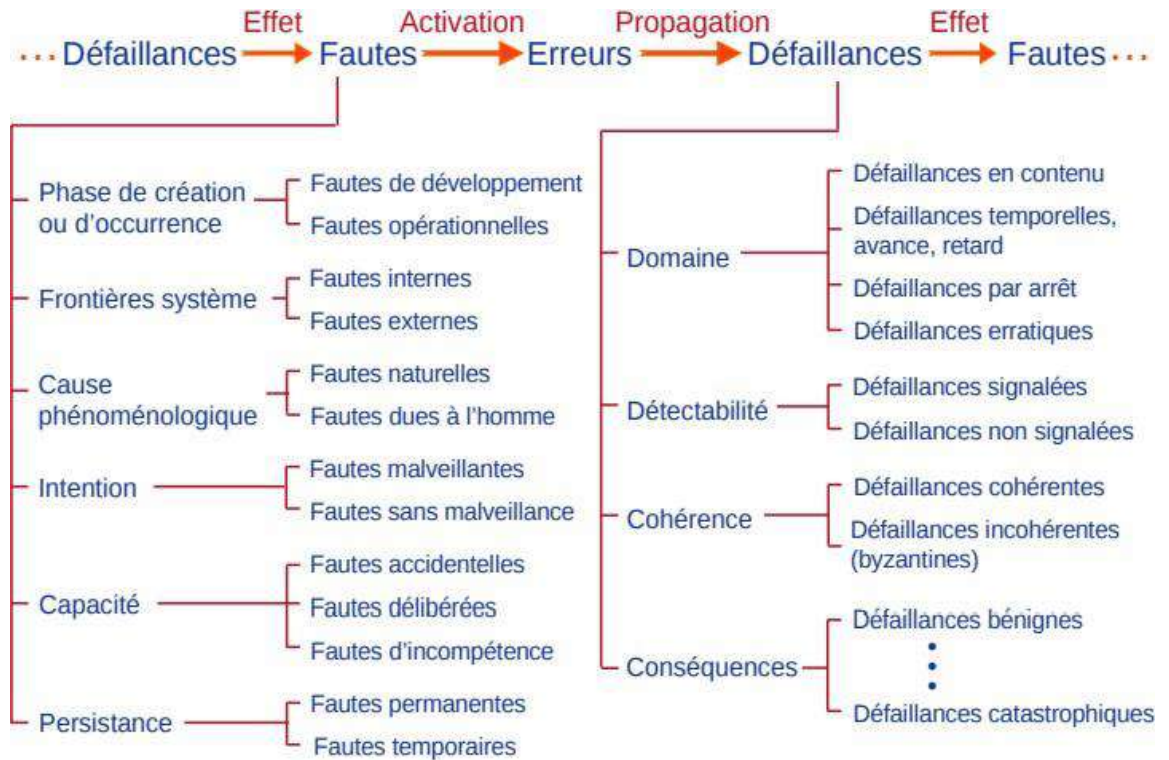


Figure I.10: Enchaînement et propagation des erreurs [Laprie96] .[9]

D'autres, en revanche, affectent la disponibilité ou la s'écurité. On utilise généralement une échelle de gravité des effets et on considère traditionnellement 4 catégories de défaillances. Ces catégories sont représentées dans la tableau I.21.

Cat'égories de défaillance	Remarque
Défaillance mineure (minor)	Défaillance qui nuit au bon fonctionnement d'un système en causant un dommage négligeable au système ou à son environnement sans présenter de risque pour l'homme
Défaillance significative (major)	Défaillance qui nuit au bon fonctionnement sans causer de dommage notable ni présenter de risque important pour l'homme
Défaillance critique (hazardous)	Défaillance qui entraîne la perte d'une (ou des) fonction(s) essentielle(s) du système et cause des dommages importants au système en ne présentant qu'un risque négligeable de mort ou

	de blessure
Défaillance catastrophique (catastrophic)	Défaillance qui occasionne la perte d'une (ou des) fonction(s) essentielle(s) du système en causant des dommages importants au système ou à son environnement et/ou entraîne la mort ou des dommages corporels

Tableau I.13: Classification des d´défaillances en fonction des effets.[9]

On classe généralement les modes de d´défaillance en 4 catégories représentées dans la tableau I.14.

Explication	Mode de défaillance
Fonctionne alors que ce n'est pas prévu à cet instant	Fonctionnement prématuré (ou intempestif)
ne démarre pas lors de la sollicitation	ne fonctionne pas au moment prévu
continue à fonctionner alors que ce n'est pas prévu	ne s'arrête pas au moment prévu
	d´défaillance en fonctionnement

Tableau I.14: Classification des modes de d´défaillance.[9]

I.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié le côté théorique des éléments de notre projet, en commençant par la maintenance, puis l' AMDEC, en passant par le tramway, et enfin la séruite de fonctionnement.

Chapitre II :

Systeme de freinage hydraulique

II.1. Introduction.[11]

La sécurité des circulations repose sur l'observation directe de la signalisation. Pour pouvoir respecter cette signalisation, (distance d'arrêt, distance de ralentissement...), le train doit posséder une puissance de freinage en rapport avec :

- La vitesse de circulation du train.
- Avec la masse du train.
- Avec les déclivités des lignes sur lesquelles ce train circule.

Le conducteur est renseigné sur la composition et le freinage du train par un Bulletin de Freinage.

Une fois déterminée cette puissance de freinage et pour garantir la sécurité des circulations, il est nécessaire de vérifier si le freinage porté par le bulletin de freinage est vraiment disponible.

Ainsi tous les trains doivent subir un essai de frein, chargé de mettre en évidence :

- Le fonctionnement du frein, au serrage et au desserrage : non fonctionnement du frein sur un ou plusieurs véhicules au serrage ou au desserrage,
- L'étanchéité de la conduite générale : détection des fuites sur la Conduite Générale (Accouplement, mauvais enclenchement des têtes d'accouplement...), sur les distributeurs ou sur les Cylindres de Frein.

Ces essais de frein sont réalisés :

- A chaque formation d'un train,
- A chaque raccordement d'un ou plusieurs engins moteurs ou d'une partie de train sur une autre.
- Lors des changements de bout d'un ou plusieurs engins moteur.
- Aucun train ne doit être mis en mouvement avant d'avoir vérifié que ses freins sont en état de fonctionnement.

L'essai de frein, doit toujours être réalisé même s'il doit en résulter une perte de temps.

II.2. Principes de fonctionnement du frein**II.2.1. Notions élémentaires**

En principe, tous les véhicules ferroviaires sont équipés du frein continu automatique. Le frein est utilisé pour ralentir les mouvements, les arrêter et en assurer l'immobilisation.

Le serrage des freins s'effectue pneumatiquement par la commande du robinet de frein et la timonerie. La timonerie transmet l'effort de freinage par la friction des blocs sur la surface de roulement des roues ou par la friction des semelles de frein sur les faces latérales d'un disque fixé sur l'essieu. .[11]



Figure II.1: Freins à blocs.[11]

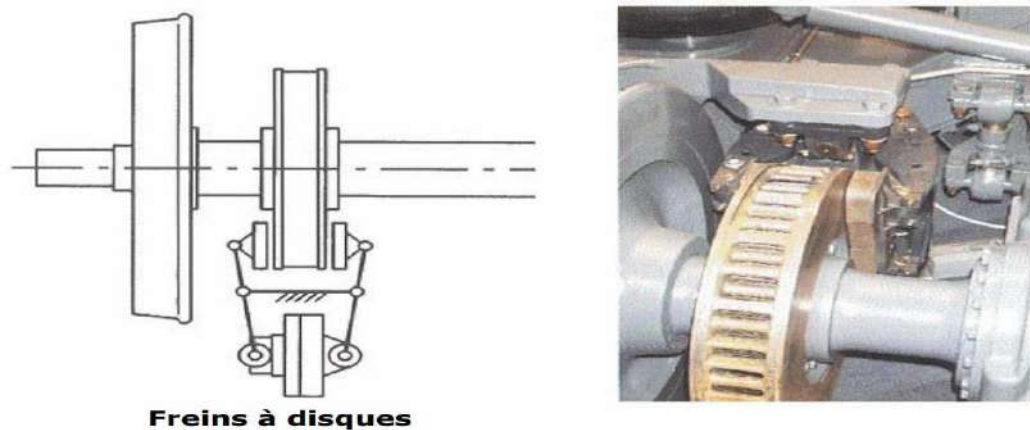


Figure II.2: Freins à disques.[11]

II.2.2. Continuité du frein

Le frein est dit “continu” lorsque tous les freins des véhicules sont reliés entre eux et actionnés d'un seul endroit du train.

II.2.3. Automaticité du frein.

Le frein est dit “automatique” lorsqu’il s’applique de lui-même en cas d’avarie de nature à compromettre son bon fonctionnement comme par exemple :

- Une rupture d’attelage.
- Le fonctionnement d’un dispositif de sécurité.
- La mise en service du frein d’urgence.
- L’avarie à un boyau pneumatique de la conduite du frein automatique.

II.2.4. Modérabilité du frein

Le frein est modelable lorsque l’effort de freinage est réglable au serrage et au desserrage.

II.2.5. Différents mode de freinage

Il y a cinq modes de freinage sur le système freinage de tramway :

- Freinage normal de service : La demande le manipulateur de frein. Ce mode le frein ED en priorité. Le frein à friction est principalement employé pour compenser le frein ED à vitesse réduite. Dans cet état seuls les BCU ou le stand de conseil de HVI règlent la force de freinage mécanique en fonction de la combinaison des 4 digits ou de la commande de 4-20 mA, envoyés par le TCMS.
- Freinage maxi de service : Le freinage maximum de service est demandé par le conducteur par l’intermédiaire du manipulateur. Dans cet état les BCU ou le conseil des HVI autonomes règlent la force de freinage mécanique en fonction de la combinaison des 4 digits ou de la commande de 4-20 mA envoyés par le TCMS.
- Freinage d’urgence : Freinage assurant la distance d’arrêt la plus courte. Ce mode de frein emploie le frein ED, le frein magnétique et le frein à friction de la vitesse initiale jusqu’à l’arrêt. L’anti-enrayage et le jerk sont actifs.
- Freinage de sécurité : Frein le plus sécuritaire n’utilisant pas l’électronique de commande mais une boucle de sécurité connectée à un Bouton Poussoir en Cabine. Les niveaux d’efforts du frein à friction sont inférieurs au frein “Emergency Brake”. Le frein à friction est appliqué suivant un réglage fixe indépendant de la vitesse et de la charge (réglage en usine). Le frein magnétique est appliqué depuis la vitesse initiale jusqu’à l’arrêt. Le frein ED n’est pas utilisé
- Freinage d’immobilisation : Frein automatique appliqué sous une certaine vitesse (très basse) permettant d’arrêter le véhicule en station et de maintenir celui-ci durant les opérations de descente et montée des passagers. Ce frein utilise une pression nulle dans les étriers et donc l’effort maximum des ressorts
- Frein de parking : Frein utilisé pour garer le véhicule sans aucune limitation de temps seulement sur le bogie moteur. Le frein de parking se met automatiquement à la dé-préparation de la rame.

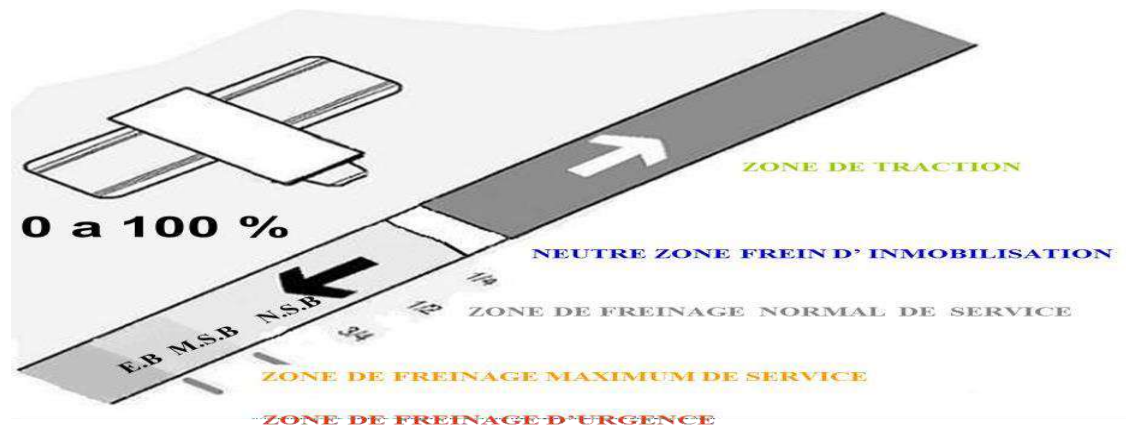


Figure II.3: Les zones des modes.[11]

II.3. Fonctionnement du frein automatique.

II.3.1. Freins desserrés

La CFA est alimentée à la pression de régime de 5 bars. Le robinet du frein automatique est en position de marche. Le distributeur établit la communication entre le réservoir auxiliaire et la CFA, de même qu'entre le cylindre de frein et l'atmosphère.[9]

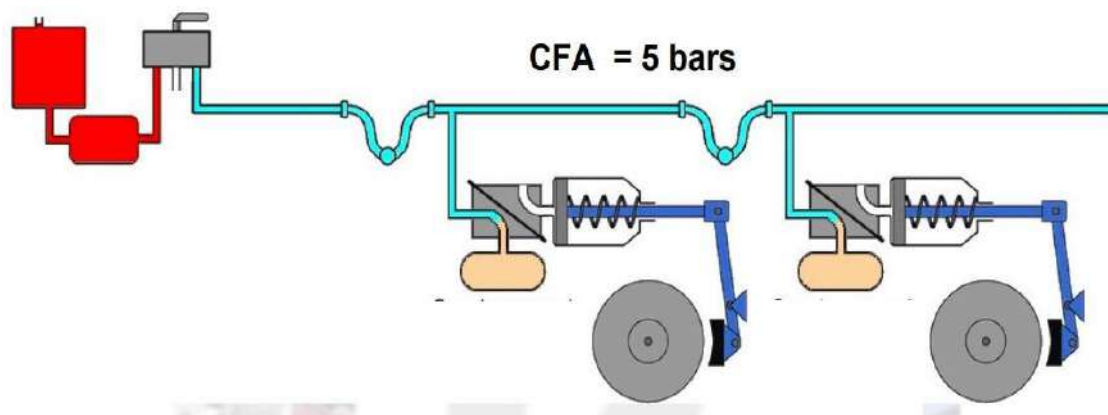


Figure II.4: Freins desserrés[12]

II.3.2. Serrage des freins

Au moyen du robinet du frein automatique, le conducteur crée une dépression dans la CFA. Le distributeur interrompt la communication entre le cylindre de frein et l'atmosphère et permet au réservoir auxiliaire d'alimenter le cylindre de frein en air. [9]

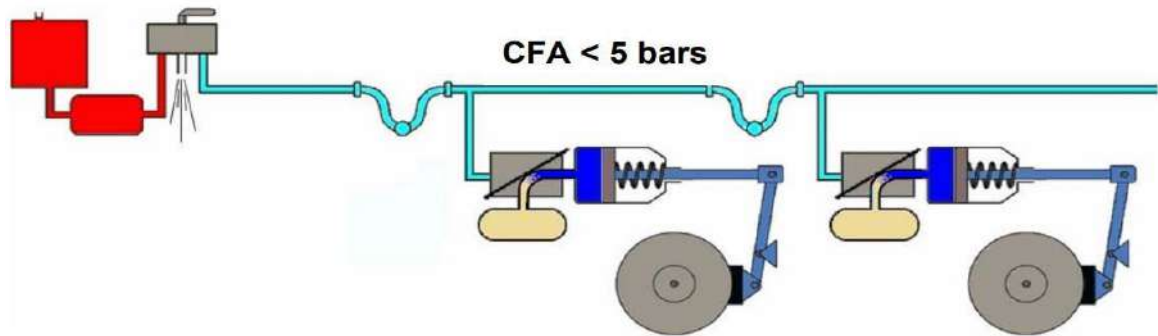


Figure II.5: Serrage des freins[12]

II.3.3. Desserrage des freins

En plaçant le robinet du frein automatique en position de marche, le conducteur réalimente la CFA à 5 bars. Le distributeur établit à nouveau la communication entre le cylindre de frein et l'atmosphère, le réservoir auxiliaire n'alimente plus le cylindre. Le réservoir auxiliaire est alimenté par la CFA. .[12]

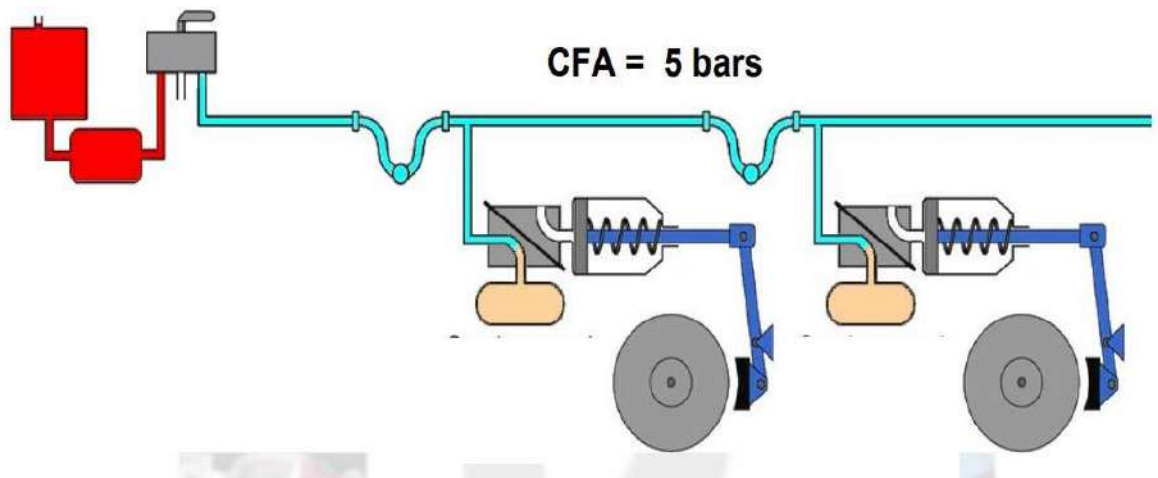


Figure II.6: Desserrage des freins. [12]

II.3.4. Serrage automatique des freins lors d'une rupture de la CFA

La continuité de la CFA est interrompue. Le distributeur interrompt la communication entre le cylindre de frein et l'atmosphère, et établit la communication entre le réservoir auxiliaire et le cylindre de frein. L'air comprimé provenant du réservoir auxiliaire arrive au cylindre via le distributeur, les freins s'appliquent.

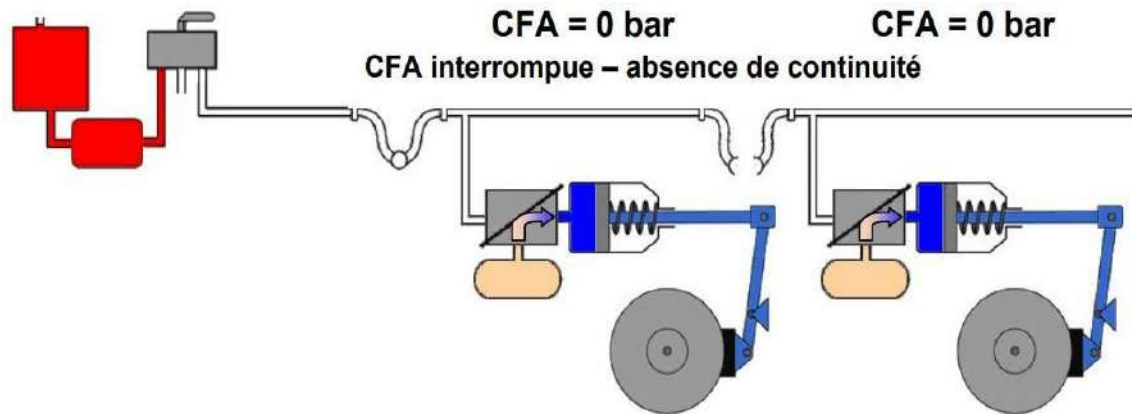


Figure II.7: Serrage automatique des freins lors d'une rupture de la CFA. [12]

II.3.5. Fonctionnement du frein direct

A côté du frein automatique, les locomotives disposent d'un frein direct qui agit uniquement sur le frein de la locomotive. La pression dans la CFA reste stabilisée à 5 bars. [13]

Au moyen du robinet du frein direct, le conducteur alimente directement les cylindres de frein de la locomotive. Lorsque le conducteur place le robinet du frein direct en position de desserrage, le cylindre de frein est mis en liaison directe avec l'atmosphère et les freins se desserrent. [13]

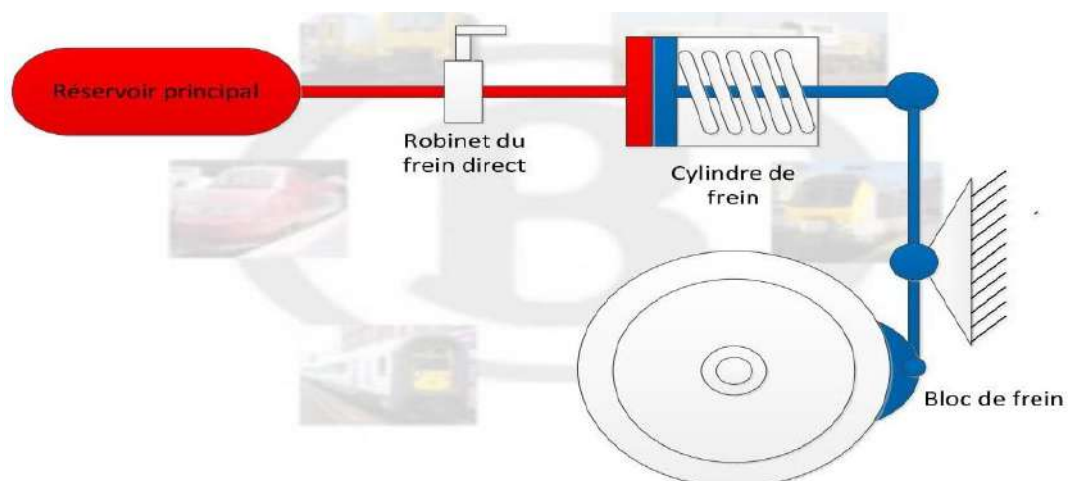


Figure II.8: Fonctionnement du frein direct.[13]

II.4. Éléments principaux de l'équipement du frein

Chaque train est équipé d'un compresseur qui aspire l'air atmosphérique et le comprime. Cet air comprimé est stocké dans un ou plusieurs réservoir(s) principaux à la pression de 9 bars. Le train dispose d'une conduite du frein automatique (CFA) qui parcourt l'ensemble du train. La CFA est accouplée d'un véhicule à l'autre au moyen de boyaux souples. En queue de train, la CFA est fermée par le robinet d'arrêt du dernier véhicule. Pour assurer la continuité de la CFA, le robinet d'arrêt (de la CFA) de chaque véhicule intermédiaire est ouvert. Dans chaque cabine de conduite d'un train, se trouve en principe un robinet du frein automatique qui alimente la CFA à la pression de 5 bars. (Sauf certains engins moteurs où l'alimentation est assurée par une électrovalve). La desserte du robinet du frein automatique permet au conducteur de train de faire varier la pression dans la CFA soit en créant une dépression pour obtenir le serrage des freins, soit pour rétablir la pression à 5 bars pour obtenir le desserrage des freins [14].

En créant une dépression dans la CFA, le distributeur alimente les cylindres de frein en puisant l'air dans le réservoir auxiliaire. Celui-ci est alimenté par de l'air venant de la CFA. Le déplacement du piston du cylindre de frein permet à la timonerie de se mouvoir et de transmettre ce mouvement aux blocs de frein. L'effort de freinage varie en fonction de la valeur de la dépression créée dans la CFA.[14]

II.5. Bogie moteur

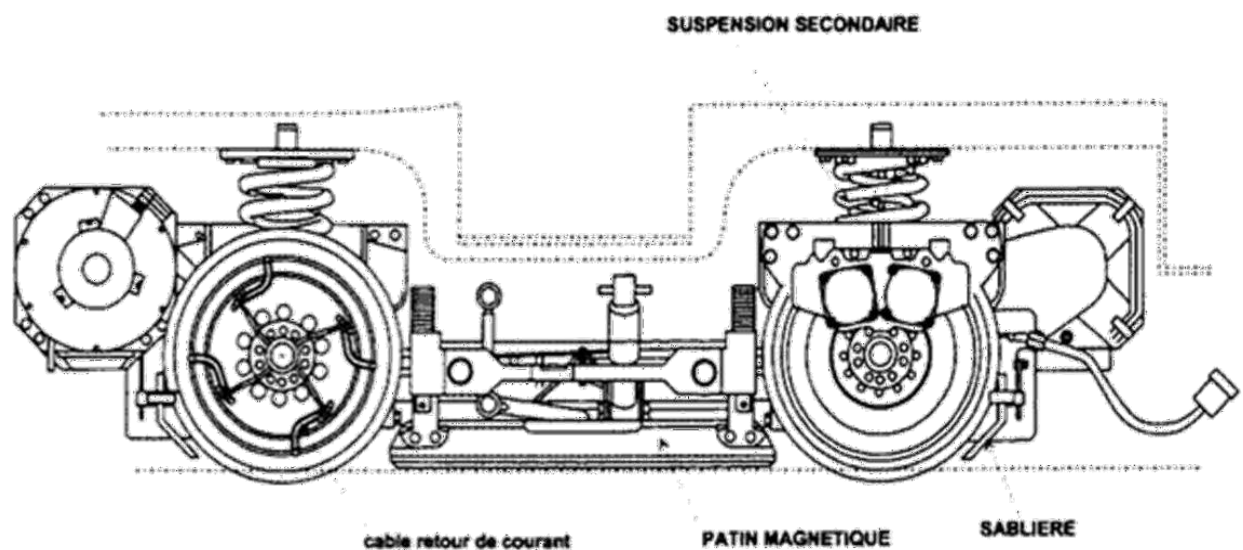


Figure II.9: Bogie moteur vue horizontale.[14]

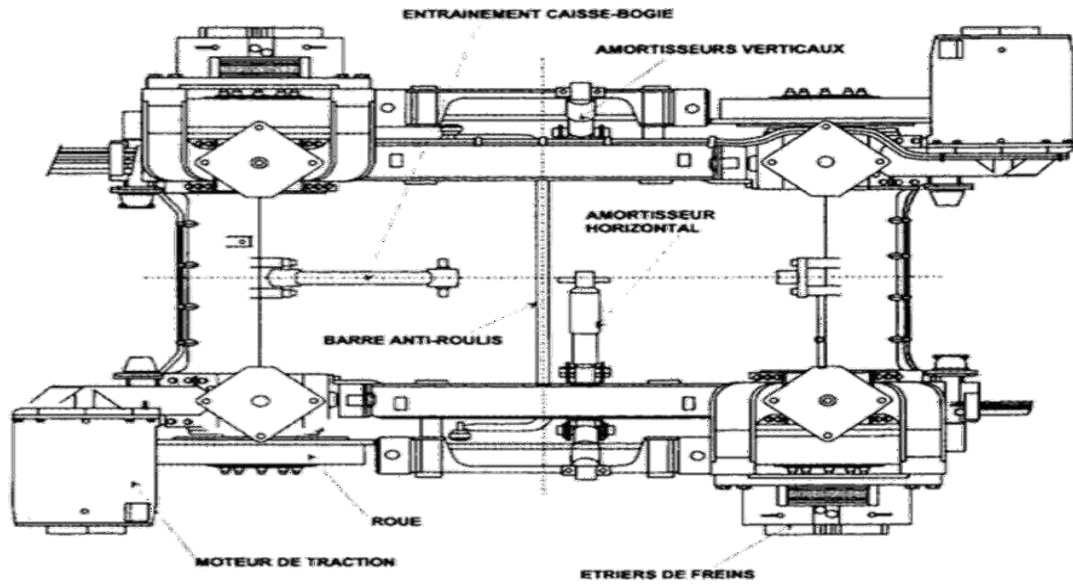


Figure II.10: Bogie moteur vue verticale.[14]

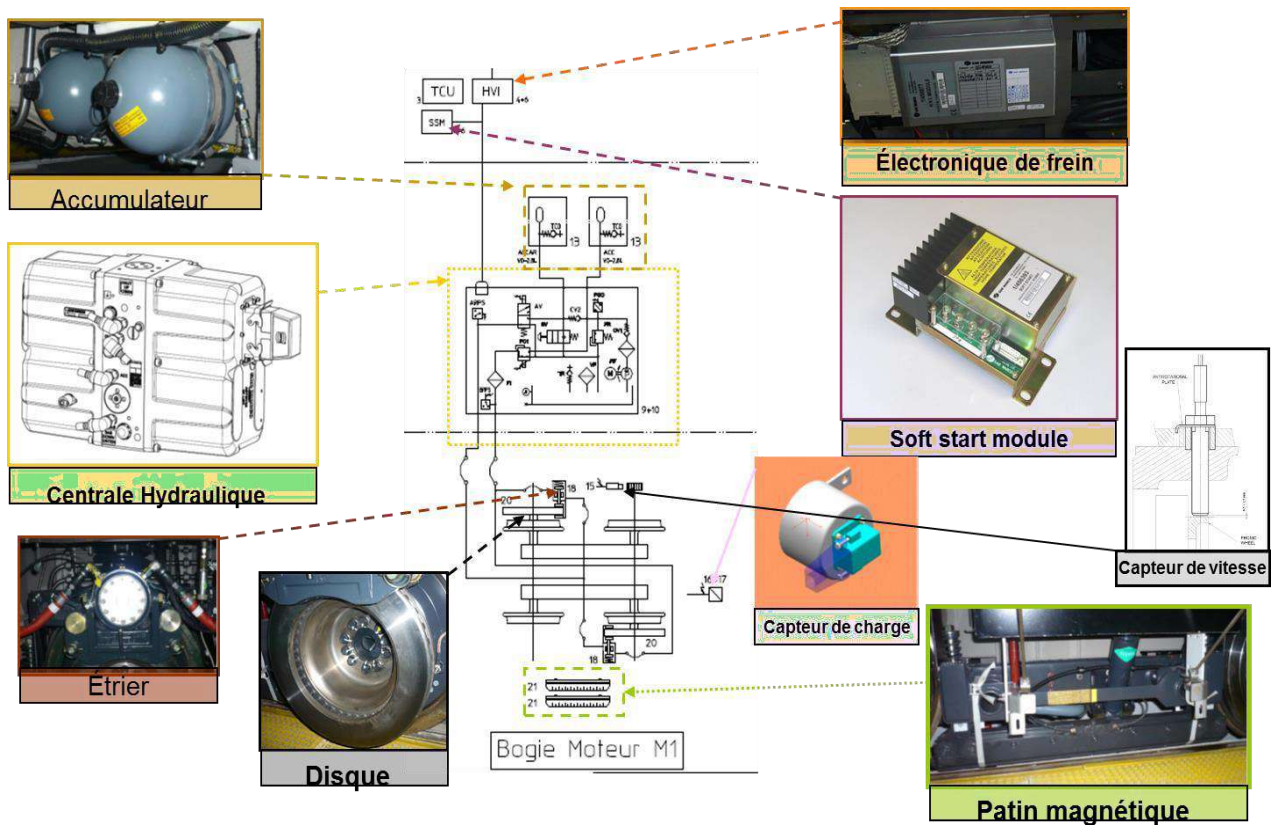


Figure II.11: le circuit de Bogie moteur avec ces composants.[14]

II.4.1. Soft Start module [14]

Le dispositif est un relais statique de puissance comportant des fonctions de «démarrage » et «arrêt ». Le SSM pilote le moteur à courant continu de la centrale HPU installée sur le bogie.

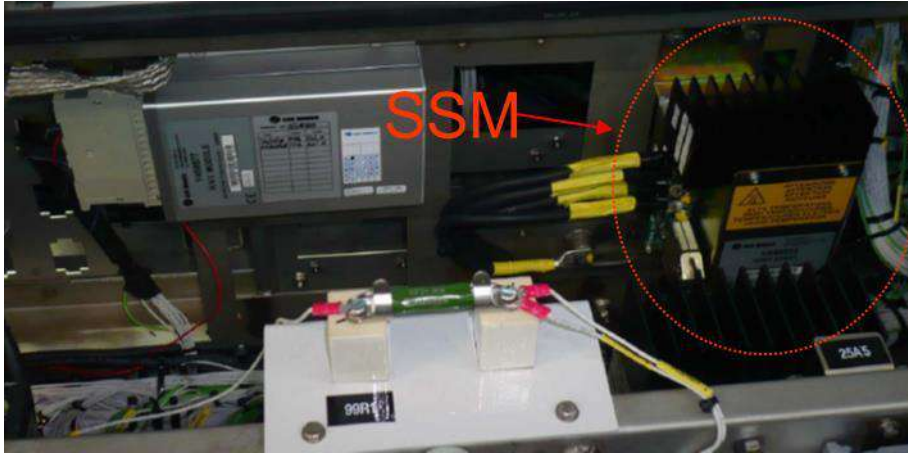


Figure II.12: soft start module.[14]

II.4.2. Accumulateur BM.[14]

Deux accumulateurs sont montés sur le bogie moteur. L'un pour la pression de service et l'autre pour la pression de secours .

La pression azote de ces deux accumulateurs est de 83 bars mais attention à la température ambiante lorsqu'il est contrôlé.



Figure II.13: Accumulateur BM.[14]

- Caractéristique :

Part number	123691	
Assembly drawing	123691	
Nitrogen precharge	Bar	83
Nitrogen control pressure periodicity	Year	1
External inspection periodicity	Year	5
Trial certification periodicity	According to the country's law	
Operating fluid	Mobil SHC 524	
Pollution class 8 according to NAS 1638	NAS 8	
Max. adm. over pressure	bar	170
Hydraulic ports	E02 in stainless steel	
Weight	Kg	10
Adm. ambient temperature Max.	°C	50
Adm. ambient temperature Min.	°C	-15
Priming coat	µm	68
Paint finish	µm	40
RAL 9011 (black)		
Condition of delivery	Without oil	

Tableau II.1: les Caractéristique de ACCUMULATEUR BM .[14]

II.4.3. Centrale hydraulique bogie moteur [14]

Centrale Hydraulique Principale ajustable pour les bogies moteurs (Freinage de service)

- **Généralité** : La centrale hydraulique 25A3 permet de générer et de régler la pression des étriers de freins, elle fait partie du système de freinage électro hydraulique composé d'un système électronique, d'accumulateurs hydraulique et des générateurs de force de freinage.
- **Les caractéristiques centraux hydrauliques bogies moteurs** :
 - Tension nominal : 24 Vcc
 - Tension maximal : 32 Vcc
 - Tension minimal : 16,8 Vcc
 - Pression admissible maximum : 170 bars
 - Type d'huile : Mobil SHC 524 ou 525 suivant les conditions climatiques
 - Poids : 36 kg (sans huile) à confirmer
- **Les constitués de centrale hydraulique** :

numéro		commentaire
01	Prise d'alimentation	

02	Prise de pression	permettant le remplissage d'huile,
03	Voyant maximum	permettant de vérifier le niveau d'huile à l'intérieur de la centrale,
04	Voyant minimum	permettant de vérifier le niveau d'huile à l'intérieur de la centrale,
05	Bouchon de purge	
06	Corps de reniflard circulaire	
07	Filtre à air	
08	Filtre à huile	
09	Filtre de secours	
10	Valve manuelle	Lors d'opérations de maintenance, la pression doit être supprimée dans la centrale grâce à la valve SV
11	Prises hydrauliques	sortie 1
12	Prises hydrauliques	sortie 3
13	Prises hydrauliques ACC	connexion avec l'accumulateur
14	Prises hydrauliques ACCAR	connexion avec l'accumulateur réservoir
15	Moteur	
16	Moteur accouplé à la pompe	
17	Limiteur de pression	
18	Capteur de pression	
19	Valve proportionnelle	permet de Contrôler l'effort des étriers de freins
20	Manostat frein	serré et desserré un manostat frein
21	Deux tuyaux de refoulement	
22	Tuyau d'aspiration	
23	Vanne 3/2	La centrale hydraulique, située en sous-châssis, est fixée par des vis de fixation et est maintenue en plus par deux axes épaulées, de ce fait à la dépose la soulever de quelques centimètres afin de dégager les axes du support de la centrale.

Tableau II.2: les éléments de centrale hydraulique.[14]

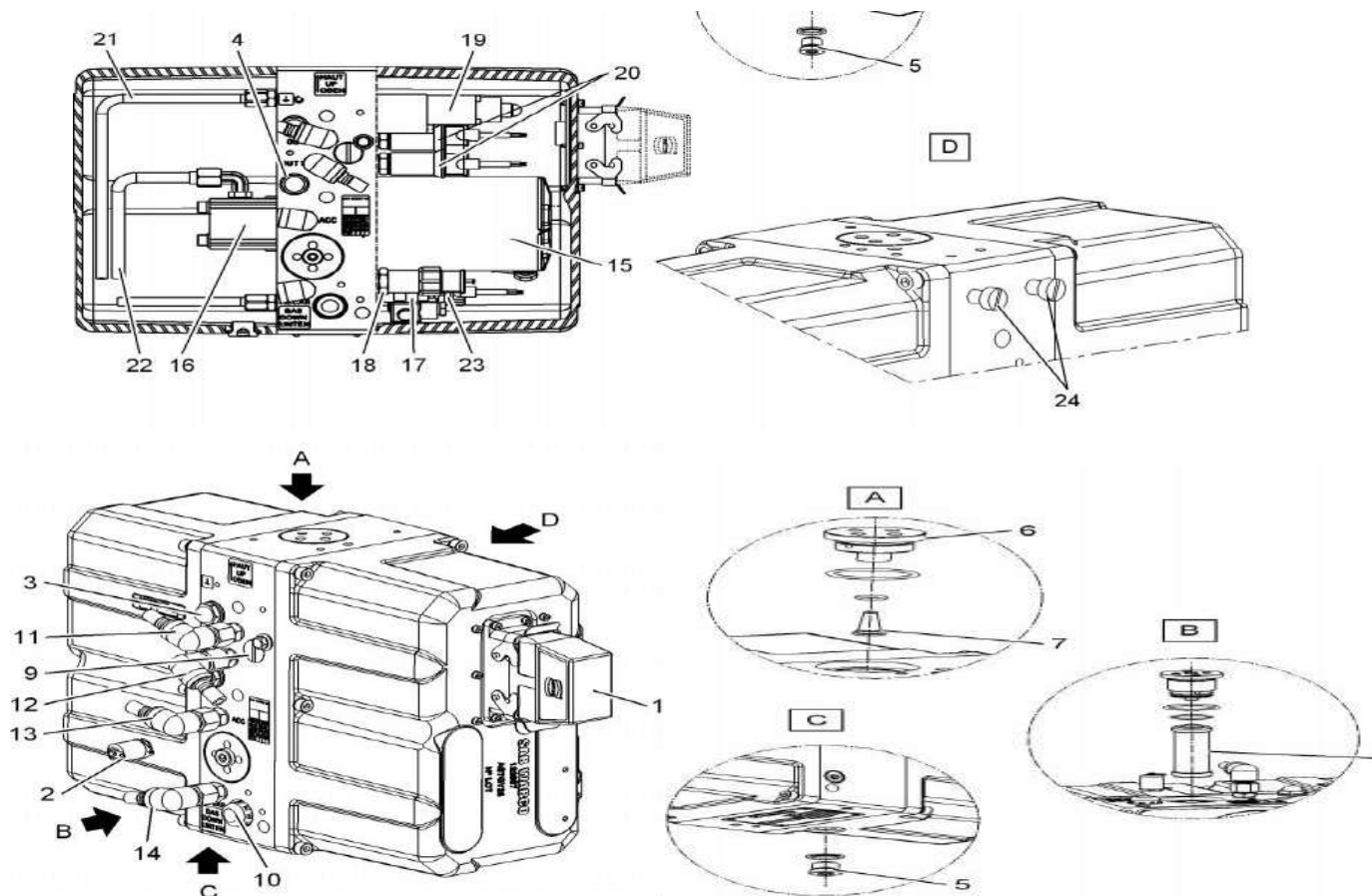


Figure II.14: centrale hydraulique.[14]

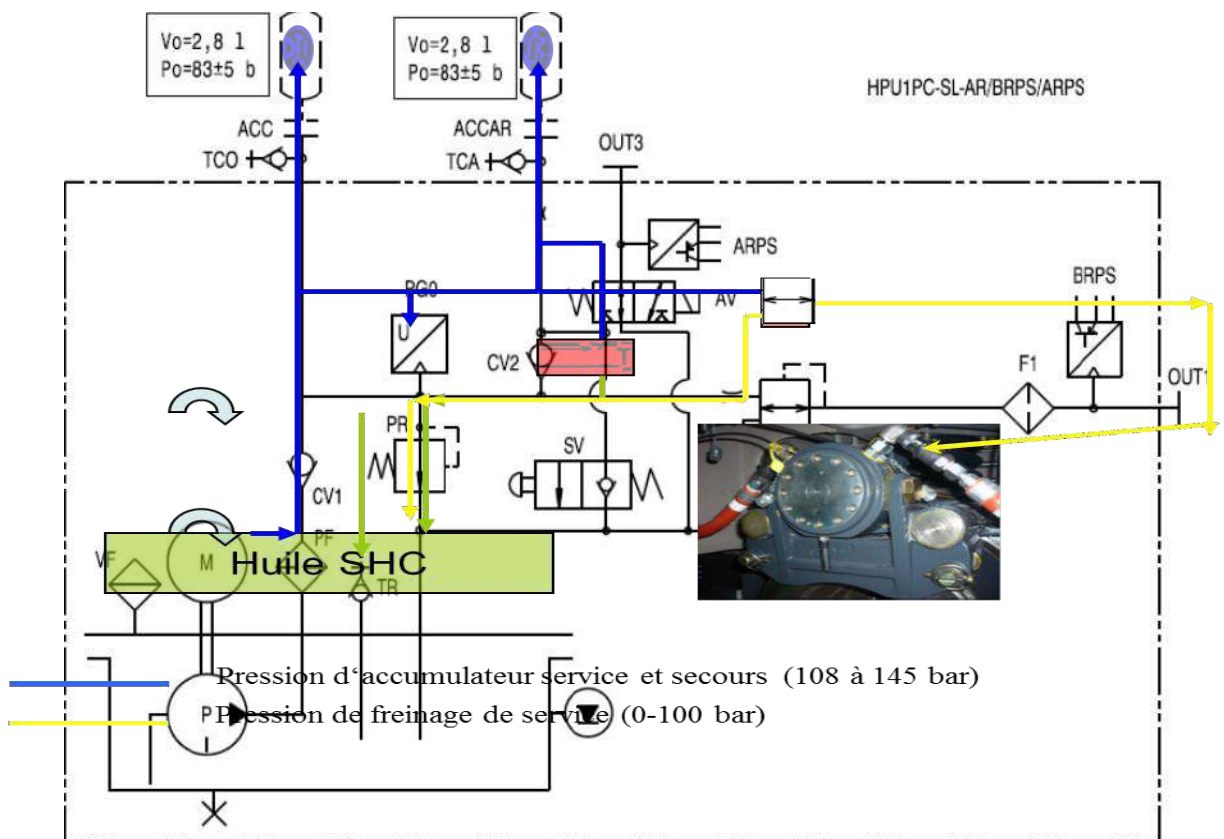


Figure II.15: Circuit de centrale hydraulique.[14]

VF : Filtre à air réservoir	TCA : Pression de pression ACCR
M : Moteur électrique	ACCAR : Accumulateur de secours
P : Pompe à engrenage	AV : électrovalve « isolation »
PF : Filtre à huile 3u	ARPS : Manostats isolation
CV1 : Clapet anti-retour	OUT3 : Circuit isolation
TCO : Prise de pression ACC	SV : Valve manuel
ACC : Accumulateur de service	PC1 : valve proportionnel
ACCAR : Accumulateur de secours	F1 : Filtre à huile
PG0 : Capteur de pression	BRPS : Manostat frein de service
PR : limiteur de pression	OUT 1 : Frein de service
CV2 : Clapet anti-retour	PR : Prise de pression pour remplissage

Tableau II.3: Centrale hydraulique.[14]

II.4.4. L'étrier passif ou indirect 40 KN (Étrier indirect ou passif pour bogie moteur) .[14]

Caractéristiques:

- Force nominale 40 Kn
- Montage sur bogie flottant
- Rattrapage de jeu automatique
- Changement rapide et facile des garnitures
- Deux circuits hydrauliques (service ou secours (
- Desserrage de secours mécanique
- Desserrage de secours hydraulique

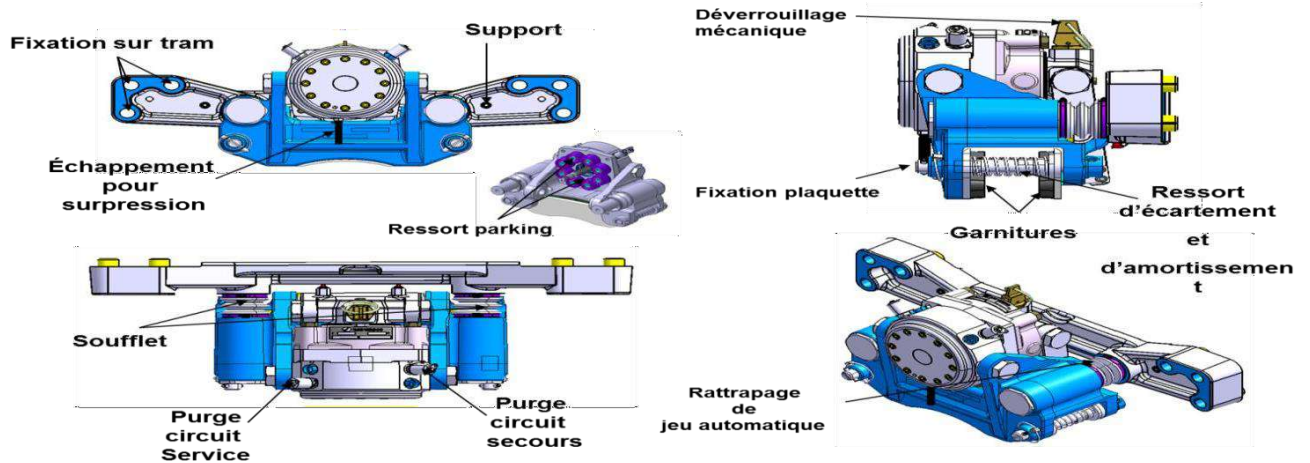


Figure II.16: l'étrier 40 Kn.[14]

- Description fonctionnelle de l'étrier 40 Kn (Étrier indirect ou passif pour bogie moteur) :

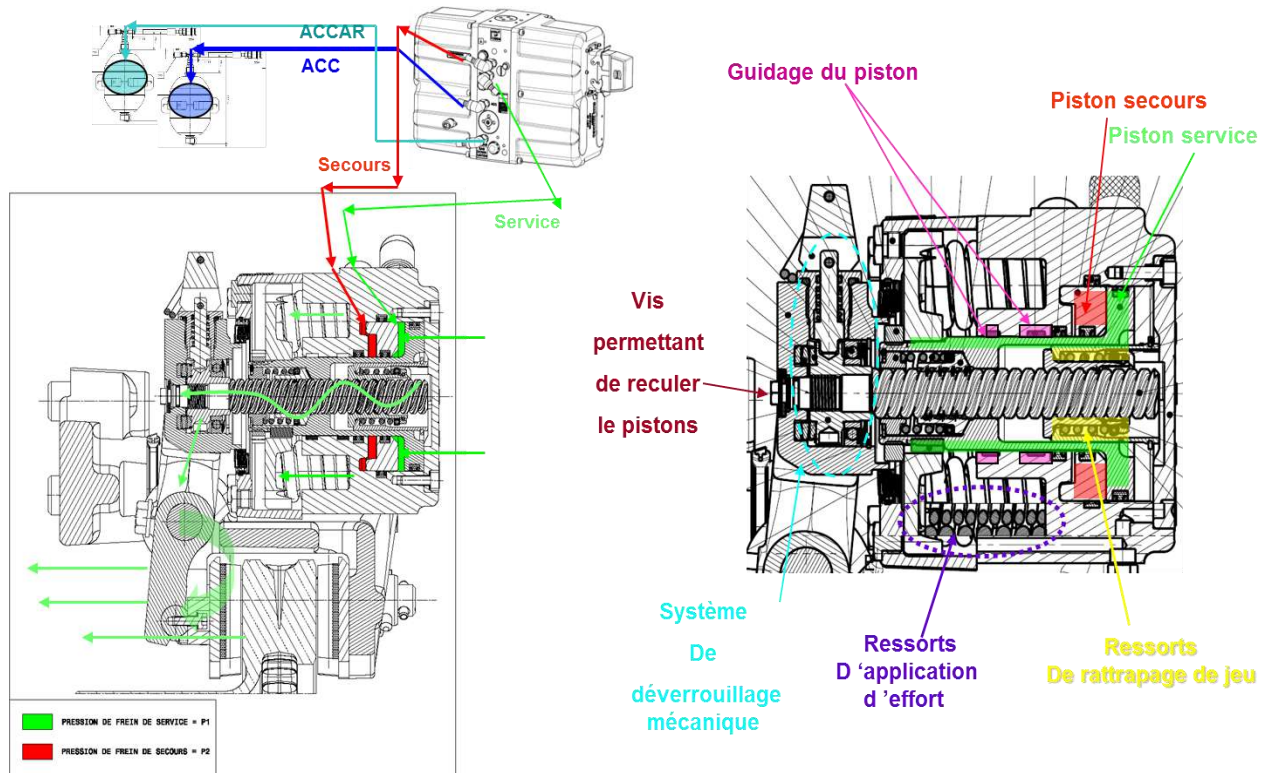


Figure II.17: Circuit de l'étrier 40 Kn.[14]

II.4.5. Patin magnétique [14]

- Généralité : Une paire de patins magnétiques est monté sur chaque bogie, ils se plaquent sur les rails lorsqu'ils sont alimentés afin de faire ralentir puis arrêter le véhicule. Chaque patin magnétique est suspendu au longeron du châssis-pont du bogie.

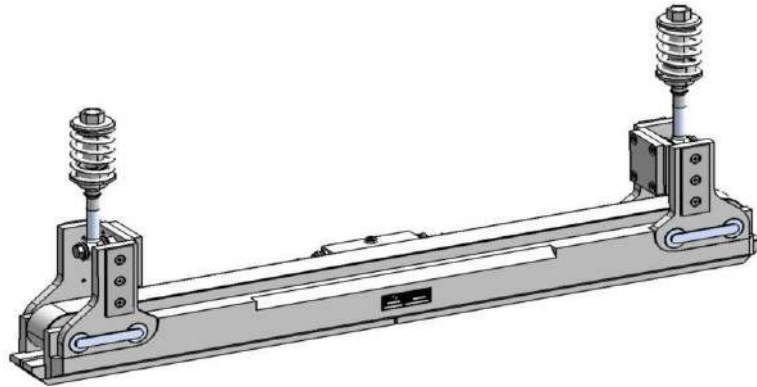


Figure II.18: Patin magnétique.[14]

Les caractéristiques :

Longueur	1070mm
Largeur	120mm
Masse	83Kg
Tension	24Vcc
Courant nominal	2505
Force d'attraction par frein	64KN
Puissance	612W

Tableau II.4: Les caractéristiques patins magnétiques. .[14]

• **L'équipement de Le patin magnétique**

- deux patins (1) fixés sur le corps de l'aimant par 6 vis (par patin),
- deux systèmes de réglage et descente (2) (suspensions à ressort),
- un boîtier de connexion BT (3),
- deux brides de traction (4) fixées sur le corps de l'aimant par 2 vis noyées (par bride)

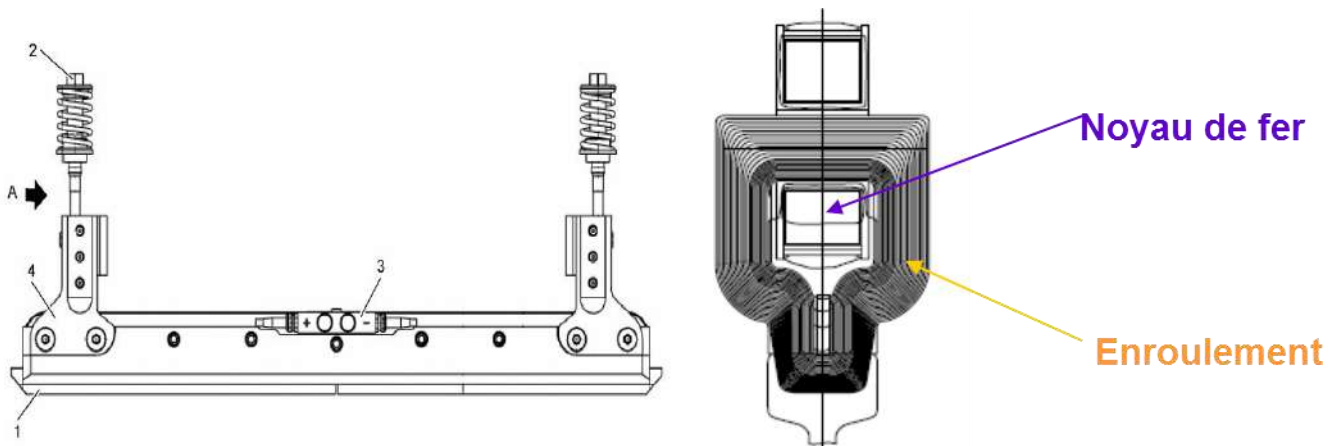


Figure II.19: L'équipement de Le patin magnétique (Vertical). .[14]

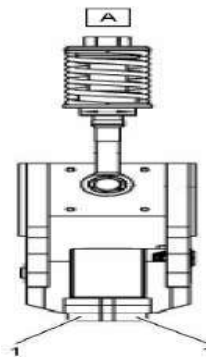


Figure II.20: L'équipement de Le patin magnétique (Horizontale). .[14]

- **Description fonctionnelle du patin magnétique** : L'alimentation des patins magnétiques est réalisée indépendamment par bogie à partir de la tension permanente batterie (BT permanente). Au repos, les patins magnétiques sont maintenus en position rétractée par les suspensions à ressorts. Lorsque le frein électromagnétique sur rails est alimenté en énergie électrique, le flux de courant à travers la bobine produit un champ magnétique qui est dévié à travers le noyau, la joue et le patin de rail. La force produite par le champ magnétique entre le frein et le rail attire le frein contre le rail en s'opposant aux ressorts de suspension. Les patins magnétiques peuvent être déclenchés dans deux cas :
 - **le mode manuel** :
Le conducteur dispose d'un bouton poussoir commande patins magnétiques 26S1 depuis la cabine en service qui permet d'activer tous les patins magnétiques et ce quel que soit la vitesse du véhicule,
 - **le mode automatique** :
Lors d'un freinage d'urgence 23S1 ou de secours et en fonction de la vitesse du véhicule, un relais permet l'alimentation des freins électromagnétiques et

l'application des patins magnétiques. Pour ne pas solliciter inutilement le personnel et le matériel, les aimants peuvent être mis hors circuit juste avant l'arrêt du véhicule.

Le frein électromagnétique sur rails est conçu pour être installé dans un tramway ou une voiture de tramway. Il sert de frein à friction et il est utilisé comme frein d'urgence.

La force de freinage est indépendante du frottement des roues. Lorsqu'elle est appliquée, elle augmente le ralentissement de freinage.

Lorsque le bouton de frein de sécurité ou le manipulateur est en position frein d'urgence

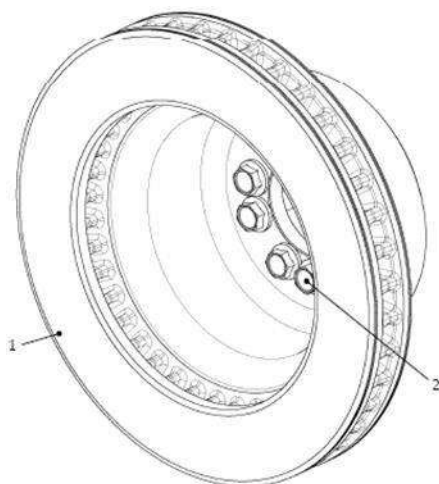
Le signal est envoyé au TCMS qui donne l'ordre d'alimenté en énergie électrique, un flux de

Courant à travers la bobine produit un champ magnétique qui est dévié à travers le noyau, la

Joue et le patin de rail.

La force produite par le champ magnétique entre le frein électromagnétique sur rails et le rail attire le frein électromagnétique contre le rail en s'opposant aux ressorts de suspension. La force dite d'adhérence agit perpendiculairement au rail.

II.4.6. Disque de freinage



Vue Générale :

- 1 - Partie Friction
- 2 - Fixation

Figure II.21: Vue générale de disque.[14]

Chapitre II :

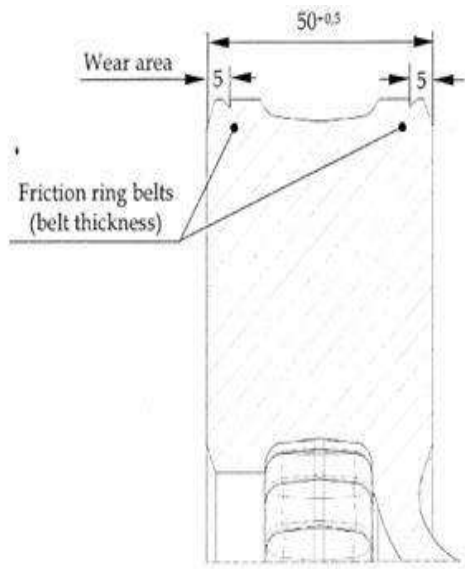


Figure II.22: Usure de disque.[14]

Système de freinage

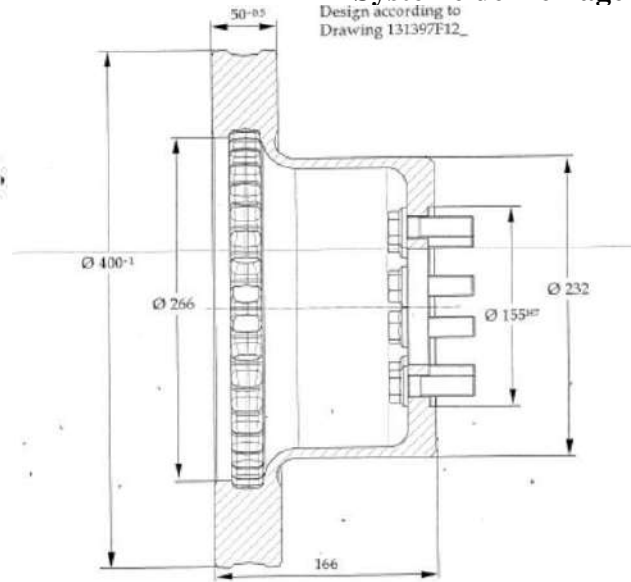


Figure II.23: Caractéristiques de Disque.[14]

Chapitre III :

Applique l'AMDEC sur le système de freinage

III.1. Initialisation

A côté du frein automatique, les locomotives disposent d'un frein direct qui agit uniquement sur le frein de la locomotive. La pression dans la CFA reste stabilisée à 5 bars.

Au moyen du robinet du frein direct, le conducteur alimente directement les cylindres de frein de la locomotive. Lorsque le conducteur place le robinet du frein direct en position de desserrage, le cylindre de frein est mis en liaison directe avec l'atmosphère et les freins se desserrent.

III.2. Décomposition fonctionnelle

III.2.1. Diagramme pieuvre

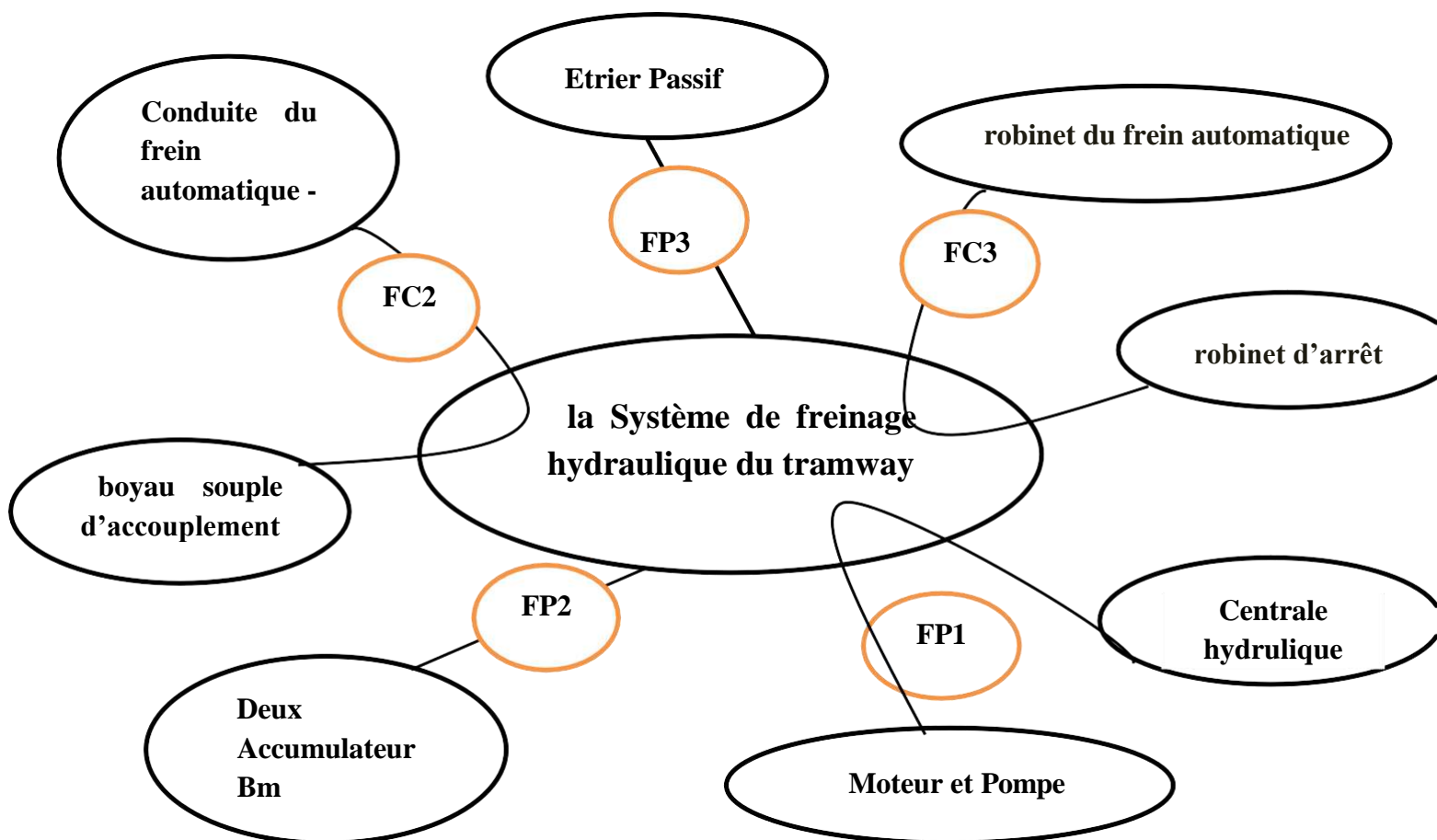


Figure III.1: Diagramme de pieuvre (le système de freinage)

D'après le diagramme de pieuvre on va expliquer les fonctions principales et fonctions les complémentaires sur le système de freinage hydraulique de tramway ; ils sont trois fonctions principales et deux fonctions les complémentaires

Fonction	Commentaire
FP1	fonction principale et secours de la pression dans les circuits de freinage
FP2	Application de la force de pression issue de la centrale hydraulique sur le disque de la roue de frein pour freiner la rotation de la
FP3	Commande des composants électromécaniques du système de freinage hydraulique (électrovannes, moteur de pompe, pressostats)
FP4	Régulation de la pression dans le circuit en fonction de la commande FP3
FC1	fonction de sécurité dans le circuit en cas de chute brusque de pression. Permet de maintenir un seuil de pression

Tableau III.1: Expliquant les fonctions de diagramme pieuvre

III.2.2. Décomposition structurelle

Le système de freinage est décomposé en deux parties qui sont le bogie moteur et bogie porteur

on peut classer les équipements de ces deux bogies en cinq catégories qui sont :

- Pompage
- Instrumentation
- Mécanique
- Distribution
- Stockage

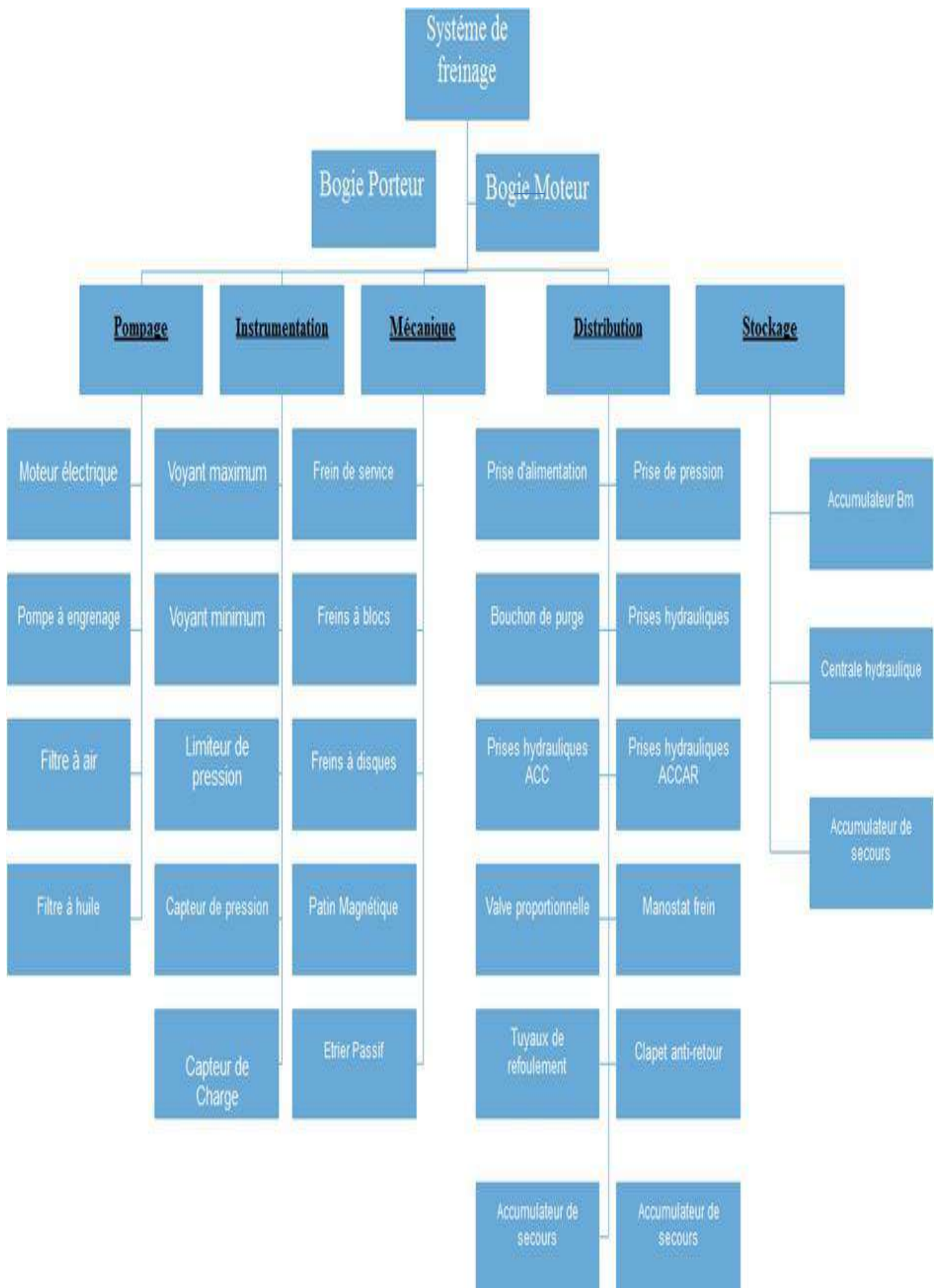


Figure III.2: Présentation de décomposition structurée

III.3. Méthodologie de la réalisation d'une AMDEC

- **Choix du sous-système à étudier et des objectifs à atteindre**

Il s'agit au départ de choisir et de délimiter l'étude à mener, en fonction des objectifs fixés (atteindre une valeur de disponibilité donnée, ou seulement « déverminer » les plus gros problèmes potentiels) et du délai accordé. Remarquons que l'AMDEC se prête à de système de freinage pour la bon fonctionnement et un long dure de vie

- **Constitution du groupe de travail**

Sa composition dépendra des expertises requises en fonction des technologies présentes. Il faudra également définir le mode de fonctionnement du groupe, et en particulier la fréquence, la durée des réunions et le délai .

- **Mise au point de la fiche d'analyse**

Sur un tableau, il faut définir les « lignes » (les composants) et les « colonnes » nécessaires (AMDE ou AMDEC) réparties en quatre grandes familles : analyse fonctionnelle, analyse de défaillance potentielle, estimation de la criticité et mesures à appliquer. Prenons un exemple standard de feuille AMDEC (tableau).

- **Analyse fonctionnelle**

- Colonnes 1 et 2 ; 3 : Ils reprennent la liste des composants du système étudié (Colonnes 1) ; se déduisent de l'analyse fonctionnelle préliminaire nécessaire à la conception du système, avec les modes de défaillance (Colonnes 2) ; qu'est passé et détectabilité (Colonnes 3).
- Colonnes 5 et 6 : Ils reprennent la liste des causes possibles qui peut être passé (Colonnes 3) ; et la fréquence de répétition (Colonnes 4).
- Colonne 7 et 8 : Ils reprennent la liste des effets (Colonnes 7) ; et leurs gravité (Colonnes 8)
- Colonnes 9 : Ils reprennent la liste codes des composants du système étudié pour simplifier les classements sur le tableau

- **Analyse de la criticité de chaque mode de défaillance**

- C : est l'indice de Criticité. Il s'évalue à partir de l'équation $(F \times N \times G)$ d'après le (colonne 3) qui présenté la détectabilité et le (colonne 5) qui présenté la fréquence et à la fin le (colonne 7) qui présenté la gravité.

Note : les différentes informations (modes de défaillance, causes et effets possibles...) introduites dans les tableaux AMDEC suivants ont été collectées à travers des séances de Brainstorming supportées par l'assistassions de l'ingieur de maintenance au setram (par exemple : capteurs, actionneurs électriques ou pneumatiques...) ont une grande probabilité d'avoir les mêmes types de défaillance. Le tableau AMDEC suivant concerne le premier composant du système freinage hydraulique de tramway.

Chapitre III :

Appliquer l'AMDAC sur le système de freinage

III.3.1. Analyse AMDEC

Fréquence : F	
1	Rare et invraisemblable
2	Quelque fois
3	Fréquent et Probable
4	Permanent
A: 1500 Km B:3000 Km C:6000 Km D:12000 Km E:18000 Km F:30000 Km G:60000 Km H:90000 Km Rp:25000 Km	
Non Détection : N	
1	Visite par opérateur
2	Détection aisée par un agent de maintenance
3	Détection difficile
4	Indécelable
Gravite (Indisponibilité) : G	
1	Fin de jour (Mineure)
2	Fin de Toure (Moyenne)
3	HLB (haut le pied)
4	Remorquage de passage (Catastrophique)

Tableau III.2: Analyse AMDEC (F x N x G)

III.3.2. Applique le méthode d'AMDEC sur le système étudié

(Historique de les empannés dans l'annexe)

Composant	Modes de défaillance	Non Déteçabilité	Causes possibles	Fréquence	Effets	Gravité	Criticité	Code	Criticité du MDD
Bogie	court-circuit dans la SSM de central Hy	1	court-circuit dans la SSM de central hy	1	Vibration	3	3	BP03	3
			inconnue	1	freins non appliqués	3	3		
			RAS	1	inconnue	3	3		
			RAS	1	inconnue	3	3	BP98	
Manipulateur	Défaut anti-enrayage freinages d'urgence	2	3FU	1	humaine	2	4	BP99	4

Chapitre III :

Appliquer l'AMDAC sur le système de freinage

centrale hydraulique	manque huile	2	perte car l'effet d'étrier de frein	1	fuite	2	4	IS98	4
Filtre à huile	se boucher et de se colmater	3	perte de puissance	4	Manque de rentabilité	1	12	F1	12
Filtre à air réservoir	se boucher et de se colmater	3	perte de puissance	4	Manque de rentabilité	1	12	VF	12
Filtre à huile 3μ	se boucher et de se colmater	3	perte de puissance	4	Manque de rentabilité	1	12	PF	12
Accumulateur de service	manque huile	2	perte car l'effet d'étrier de frein	4	étrier de frein	3	24	ACC	24
Accumulateur de secours	manque huile	2	perte car l'effet d'étrier de frein	4	étrier de frein	3	24	ACCAR	24
Disques de freinage du BP	disque de frein endommagé	2	perte goupille de fixation	1	composant endommagé	2	4	IS98	4
			usure et planéité	4	Composant dégrade	2	12	BP	12
			YC les fixations	1	freins non appliqués	2	4	/	4
			usure des pistes	4	Composant dégrade	2	16	BP	16
Étriers de freinage du BP	Étriers de frein endommagé	2	perte goupille de fixation	1	composant endommagé	2	4	/	4
			Garnitures	4	Composant dégrade	3	24	EF	24
patin magnétique	BP de patin magnétique M1+M2 ne fonctionne pas	2	02micro-dj 26Q2 sont déclenchées (CBT m1)+(CBTm2)	1	composant bloqué	2	4	IS98	4
frein NP	perte huile de frein NP AR CD	2	l'effet de étrier endommager	4	freins non appliqués	2	16	IS98	16
Frein de service	desserrage de freinage	2	usure et planéité	1	freins non appliqués	3	6	OUT 1	6
Électrovalve « isolation »	Dommmages au processeur	0	3FU	0	choc électrique	0	0	AV	0
Manostats isolation	manque huile	0	perte goupille de fixation	0	fuite	0	0	ARPS	0

Chapitre III :

Appliquer l'AMDAC sur le système de freinage

Circuit isolation	inconnue	0	inconnue	0	inconnue	0	0	OUT3	0
Valve manuel	inconnue	0	inconnue	0	inconnue	0	0	SV	0
Valve proportionnel	inconnue	0	inconnue	0	inconnue	0	0	PC1	0
Moteur électrique	Stop de demarache	2	Dommages à la bobine	1	Composant non fonction	4	8	M	8
Pompe à engrenage	Manque de résistance à compression	2	Dommages à la bobine	1	Composant dégrade	4	8	P	8
Clapet anti-retour 1	Le retour de fluide a la réservoir	3	inconnue	3	Composant dégrade	2	18	CV1	18
Prise de pression ACC	manque huile d'air	2	perte car l'effet d'étrier de frein	4	fuite	2	16	TCO	16
Capteur de pression	Redémarrage sans capteur de pression	4	Inconnue	3	Composant non fonction	1	12	PG0	12
Limiteur de pression	Redémarrage sans capteur de pression	4	inconnue	3	Composant non fonction	1	12	PR	12
Clapet anti-retour 2	Le retour de fluide a la réservoir	3	inconnue	3	Composant dégrade	1	9	CV2	9
Pression de pression ACCR	La pression est inférieure de la mini	4	inconnue	3	Composant bloqué	2	24	TCA	24
Manostat frein de service	inconnue	4	inconnue	1	inconnue	2	8	BRPS	8
Prise de pression pour remplissage	manque huile	4	inconnue	3	fuite	2	24	TR	24

Chapitre III :

Appliquer l'AMDAC sur le système de freinage

	freinages d'urgence								
centrale hydraulique	manque huile	2	Perte car l'effet d'étrier de frein	1	fuite	2	4	IS98	4
Filtre huile	se boucher et de se colmater	3	perte de puissance	4	Manque de rentabilité	1	12	F1	12
Filtre à air réservoir	se boucher et de se colmater	3	Perte de puissance	4	Manque de rentabilité	1	12	VF	12
Filtre à huile 3μ	se boucher et de se colmater	3	Perte de puissance	4	Manque de rentabilité	1	12	de	12
Accumulateur de service	manque huile	2	Perte car l'effet d'étrier de frein	4	étrier de frein	3	24	AC C	24
Accumulateur de secours	manque huile	2	Perte car l'effet d'étrier de frein	4	étrier de frein	3	24	AC CAR	24
Disques de freinage du BP	Disque de frein endommagé	2	perte goupille de fixation	1	composant endommagé	2	4	IS98	4
			Usure et planéité	4	Composant dégradé	2	12	BP	12
			YC les fixations	1	freins non appliqués	2	4	/	4
			usure des pistes	4	Composant dégradé	2	16	BP	16
Étriers de freinage du BP	Étriers de frein endommagé	2	perte goupille de fixation	1	composant endommagé	2	4	/	4
			Garnitures	4	Composant dégradé	3	24	EF	24
patin magnétique	BP de patin magnétique M1+M2 ne fonctionne pas	2	02micro-dj 26Q2 sont déclenchées (CBT m1) +(CBTm2)	1	composant bloqué	2	4	IS98	4

frein NP	perte huile de frein NPAR CD	2	l'effet de étrier endommager	4	freins non appliqués	2	16	IS98	16
Frien de service	desserrage de freinage	2	usure planéité	1	freins non appliqués	3	6	UO 1 1	6
Électrovalv e « isolation »	Dommages au processeur	0	3FU	0	choc électrique	0	0	AV	0
Manostats isolation	manque huile	0	perte goupille fixation	0	fuite	0	0	ARPS	0
Circuit isolation	inconnue	0	inconnue	0	inconnue	0	0	OUT3	0
Valve manuel	inconnue	0	inconnue	0	inconnue	0	0	SV	0
Valve proportionn	inconnue	0	inconnue	0	inconnue	0	0	PC1	0
Moteur électrique	Stop de démarrage	2	Dommages à la bobine	1	Composant non fonction	4	8	M	8
Pompe à engrenage	Manque de résistance à la compressi on	2	Dommages à la bobine	1	Composant dégrade	4	8	d	8
Clapet anti-retour 1	Le retour de fluide a la réservoir	3	inconnue	3	Composant dégrade	2	18	CV1	18
Capteur de pression ACC	manque huile d'air	2	perte de l'effet car d'étrier frein	4	fuite	2	16	TCO	16
Capteur de pression	Redémarrage sans capteur de pression	4	Inconnue	3	Composant non fonction	1	12	PG0	12
Limiteur de pression	Redémarrage sans capteur de pression	4	inconnue	3	Composant non fonction	1	12	PR	12

Clapet anti-retour 2	Le retour de fluide a la réservoir	3	inconnue	3	Composant dégrade	1	9	V2	9
Pression de pression ACCR	La pression est inférieure de la mini	4	inconnue	3	Composant bloqué	2	24	TCA	24
Manostat Frein de service	inconnue	4	inconnue	1	inconnue	2	8	Pad S	8
Prise de pression pour remplissage	manque huile	4	inconnue	3	fuite	2	24	TR	24

Tableau III.3: Les résultantes applications d'AMDEC

Niveau de Criticité	Actions correctives à engager
0 < C < 05 Criticité négligeable	Aucune modification de conception maintenance corrective
05 < C < 10 Criticité moyenne	Aucune modification de conception maintenance corrective
10 < C < 20 Criticité élève	Révision de la conception du sous-ensemble et du choix des éléments Surveillance particulière maintenance préventive conditionnelle
20 < C < 30 Criticité interdite	Remise en cause complété de la conception

Tableau III.4: Niveau de Criticité et leurs actions correctives à engager

Niveau de Criticité	Les composants au défaillance
1 < C < 05 Criticité négligeable	1) PC1 2) SV 3) OUT3

	<ol style="list-style-type: none"> 4) ARPS 5) AV 6) IS98 7) IS98 8) IS98 9) BP99 10) BP98 11) BP03
$05 < C < 10$ Criticité moyenne	<ol style="list-style-type: none"> 1) PadS 2) V2 3) d 4) M 5) UO11
$10 < C < 20$ Criticité élevée	<ol style="list-style-type: none"> 1) PR 2) PG0 3) TCO 4) CV1 5) IS98 6) F1 7) VF 8) PF 9) BP1 10) BP2
$20 < C < 30$ Criticité interdite	<ol style="list-style-type: none"> 1) TR 2) TCA 3) ACCAR 4) ACC 5) EF

Tableau III.5: Les composants au défaillance et leur niveau de criticité

III.4. Les méthodes d'ABC

La méthode ABC suit le principe suivant : On divise le référentiel en trois groupes :

- le groupe A est composé des références constituant 80% des sorties (représentant généralement 20% des références)
- le groupe B est composé des références constituant 15% des sorties (représentant généralement 30% des références)
- le groupe C est composé des références constituant 5% des sorties (représentant généralement 50% des références)

La Méthode ABC permet de connaître les références qui méritent une attention particulière.

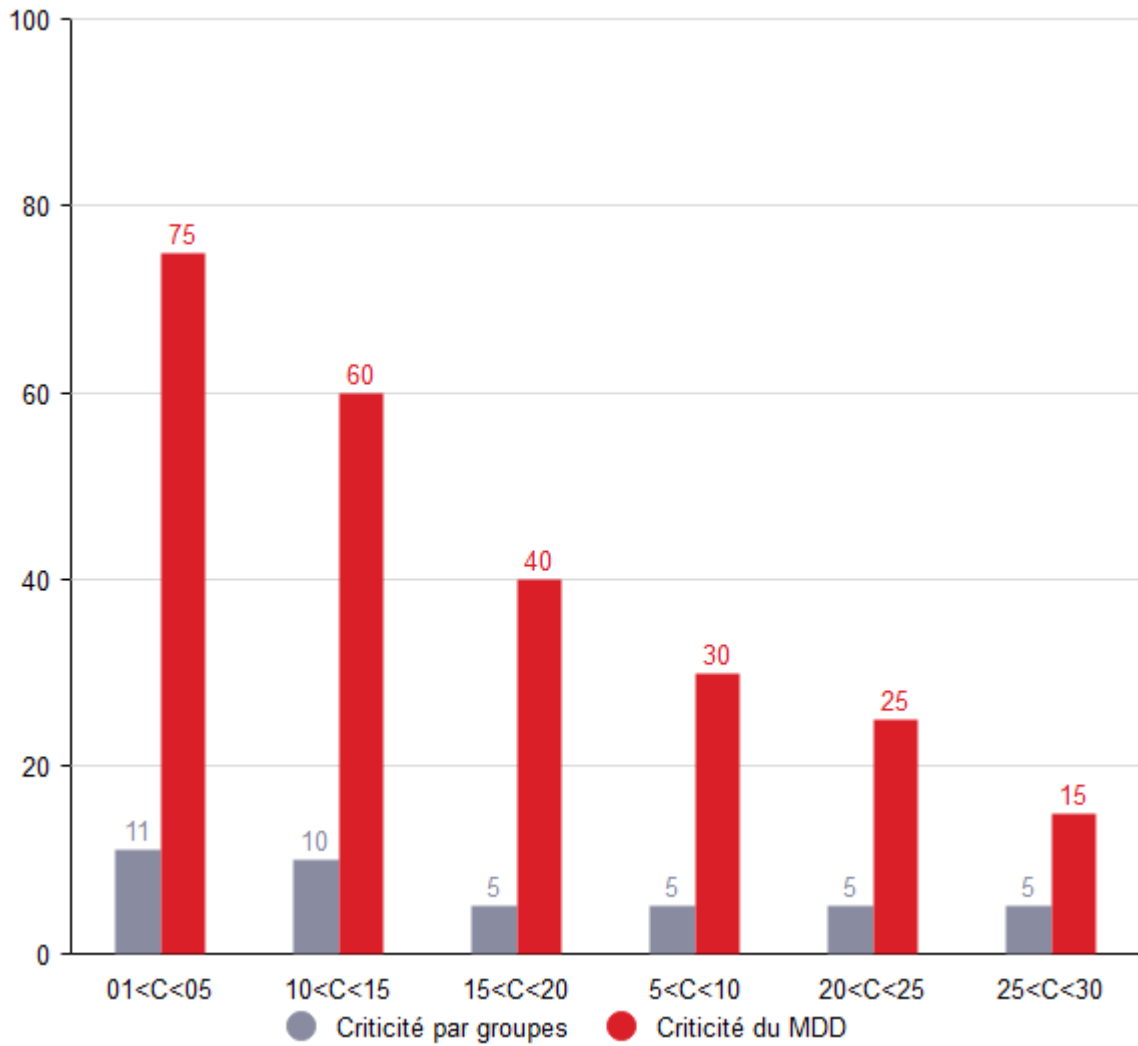


Figure III.3: Le diagramme de Perote de système de freinage

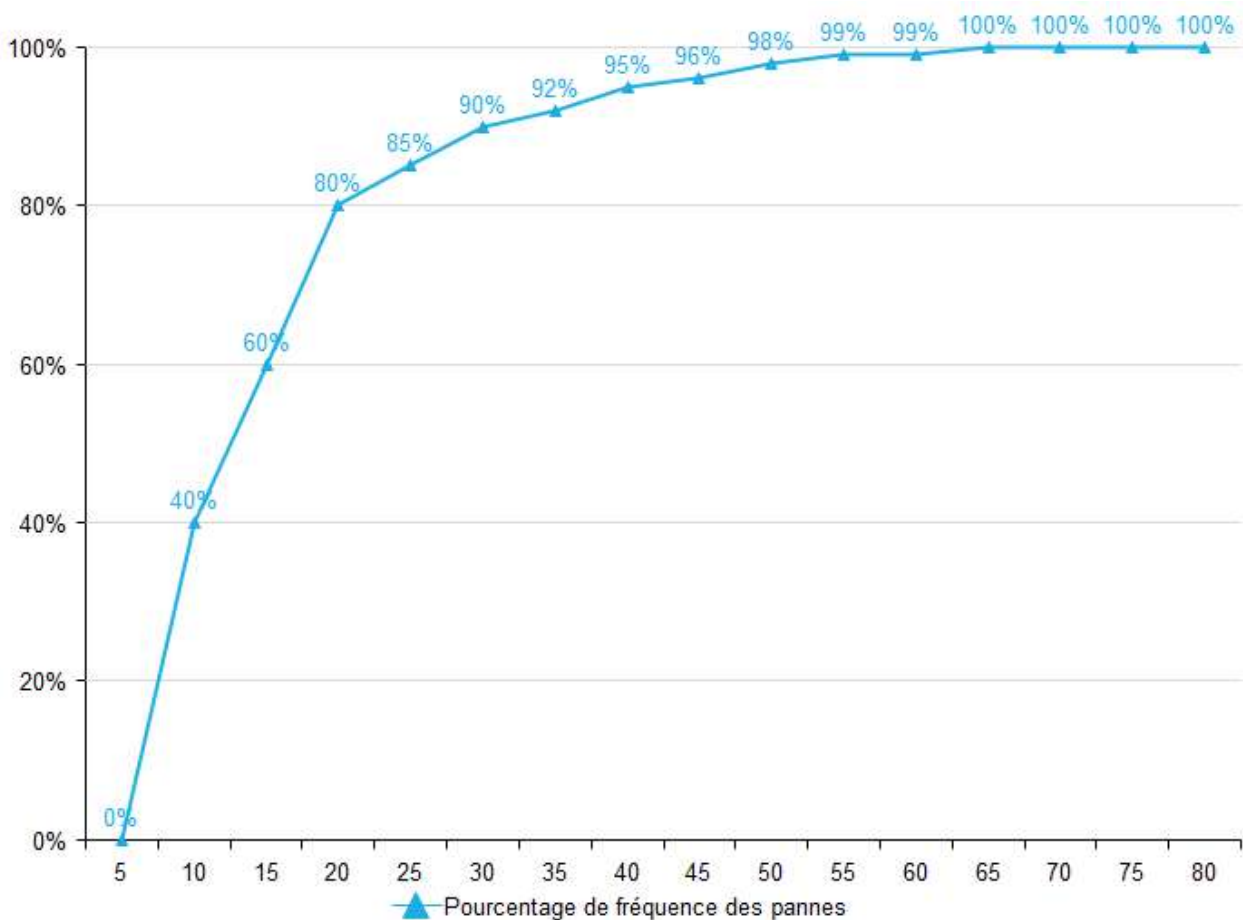


Figure III.4: Le diagramme d'ABC de système de freinage

L'axe des X on trouve les pannes classées par valeurs de la criticité par des groupes comme on a savoir dans le figure III.3 ; Et sur l'axe des Y Pourcentage de fréquence des pannes. Et on trouve le point unique qui est dans l'axe X =20 et dans l'axe Y =80 , et donc on peut classé le résultats dans trois catégories A ; B et C .

au catégorie A : entre 0 et 20 le premier et le petit partie dans le diagramme

au catégorie B : entre 20 et 40 le deuxieme partie dans le diagramme

au catégorie C : au plus de 40 le dernière et le grand partie dans le diagramme

Le but de les deux diagrammes c'est pour présente l'avantage d'affecter de manière plus précise les coûts aux produits sans procéder à une répartition des coûts indirects à l'aide d'une unité de mesure souvent arbitraire (par exemple, les heures machines).

Une meilleure connaissance des processus permet de dégager les forces et faiblesses d'une organisation à la mise en place de cette méthode.

Chapitre IV :
Résultats et
discuccion

IV.1. Gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO)

G.M.A.O signifie Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur. Il s'agit d'un logiciel spécialisé pour effectuer la gestion d'un service technique. [15]

La GMAO peut être définie comme un progiciel qui permet une aide à la décision dans une entreprise pour :

- Maîtriser les coûts des installations à maintenir.
- Optimiser les moyens techniques et humains de la maintenance.
- Maîtriser les interventions leurs plannings et leurs coûts.
- Optimiser les stocks des pièces de rechanges.
- Décrire en détail les installations techniques ainsi que toute leur documentation.
- Formaliser et capitaliser le retour d'expérience pour obtenir des mesures précises sur les temps des pannes, leurs causes premières et les temps nécessaires à leur réparation. La Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur est constituée d'une base de données (historique) qui est alimentée par le personnel de maintenance via un formulaire. La base de l'historique est l'inventaire des équipements. Les professionnels de la maintenance sont confrontés à trois familles de technologies utilisant l'informatique. [11]
- L'informatique industrielle, qu'ils sont chargés de maintenir en état de service, se présente sous la forme de cartes d'automates programmables, de commande numérique.
- L'informatique de diagnostic leur permet de rechercher les causes initiales de défaillances, grâce aux cartes de diagnostic ou aux systèmes experts.
- L'informatique de gestion des activités de la fonction maintenance analyse les incidents, prépare le préventif et assure le suivi des dépenses de fonctionnement.

IV.1.1. Pourquoi une G.M.A.O ?

L'objectif de la GMAO est de déterminer les causes initiales des problèmes identifiés préalablement et, préventivement, de trouver ceux non encore survenus, en évaluant leur criticité, c'est-à-dire en tenant compte de la fréquence d'apparition des défaillances et de la gravité de ces dernières[15],

Les objectifs essentiels de la GMAO sont :

IV.1.1.1. Diminution des temps d'arrêt pour une meilleure préparation et connaissance de l'historique. [15]

- Diminution du nombre des défaillances.
- Augmentation de la disponibilité des équipements.
- Accroissement de la productivité.
- Accroissement de la rapidité des interventions.
- Accroissement de l'efficacité du personnel.

- Prolongation de la durée de vie des équipements.

IV.1.1.2. Planification dans le temps et suivi des activités du service maintenance.

- Suivi des travaux, des pièces de rechange, des outillages...
- Réduction des dépenses du service maintenance par l'optimisation de l'utilisation des ressources.

IV.1.1.3. Accès aux informations mises à jour.

- Possibilité d'exploiter le retour d'expérience (Adaptation de la politique de maintenance).
- Estimation et suivi des coûts de maintenance.

IV.1.1.4. Optimisation des stocks PDR.

- Adaptation des stocks aux besoins réels.
- Regroupement automatique des commandes.
- Déclenchement systématique des relances.

IV.1.2. Les domaines gérés par les logiciels de GMAO. [15]

Un logiciel de GMAO est un logiciel qui permet de gérer différents domaines, nous citons :

IV.1.2.1. Domaine technique

- Gestion des travaux de maintenance (planification des travaux, ordonnancement...)
- Gestion des matériels (identification, spécification...)
- Gestion des stocks (de pièces, de produits...)

IV.1.2.2 Domaine économique :

- Suivi des coûts
- Etablissement des tableaux de bord
- Suivi des ratios

IV.1.2.3 Domaine personnel :

- Suivi des taux d'absentéisme
- Suivi des taux d'ancienneté
- Suivi des taux d'encadrement
- Suivi des taux des accidents
- Suivi des taux de travail et d'engagement

IV.1.3 Fonctionnalités du système GMAO. [15]

Les principales fonctionnalités pour un système de GMAO sont la gestion et le suivi des points suivants :

- Nomenclature des installations (arborescence)
- Documentation technique (fiche équipement)
- Documentation historique
- Pièces de rechange (fiche article)
- Suivi des activités de maintenance (DI et OT)
- Préparation des interventions
- Planification des interventions
- Gestion des couts de maintenance
- Gestion des stocks
- Dépenses et rapprochements budgétaires
- Suivi des entreprises extérieures

Après une étude générale de la maintenance, notons que l'efficacité d'un service maintenance, qui s'appuie sur un progiciel de GMAO, dépend fortement de son organisation et de ses procédures de maintenance.

IV.1.4. Quelques progiciels de GMAO. [15]

Ce tableau montre le principal logiciel de la GMAO avec leur éditeur.

PROGICIEL	EDITEUR
ARL MASTER	CARL INTERNATIONAL
COSWIN 7i	SIVICO GROUP
DATASTREAM 7i	DATA STREAM
INSITE	INDUS
MAINTA OPEN SYSTEM	CETE APAVE ALSACIENNE
MAXIMO	MRO SOFTWARE
MISTER	MAINT ITM
NEWMANT	CORIM SOLUTION
OPTOMANT	APISOFT INTERNATIONAL

Tableau IV.18: Différents progiciels de gestion de la maintenance. [15]

La GMAO est utilisée par	Pour réaliser
Les techniciens de maintenance	- La préparation des travaux, comptes rendus - La recherche des informations techniques -L'exécution des diagnostics, la consultation de l'historique.
Les responsables de maintenance	-Le contrôle et le suivi des coûts - Le contrôle des factures et leur envoi à la

	comptabilité.
Le service méthodes	- Un Pareto des pannes et défaillances. - La préparation et la planification des travaux
Le service des travaux neufs	- La gestion des travaux. - Le suivi budgétaire des dépenses engagées.
Les gestionnaires	- Le suivi des coûts par machine, ligne de production, installations - Le suivi d'évolution des performances, optimisation des charges - La participation au tableau de bord de l'activité.
Les magasiniers	-La réception des matériels et leur gestion - L'identification des demandes à l'avance et leur préparation. - La gestion des stocks - Les inventaires
Le controller de gestion	- Le recueil dans la GMAO des composantes du coût de fabrication et des causes de sur coûts
Les opérateurs et responsables de production.	- La création de demandes d'intervention, -les relevés opérationnels et performances équipements.
Les acheteurs	- La réception des demandes d'achats et services. - L'utilisation du module achat de la GMAO

Tableau IV.19: Utilisation de GMAO et la réalisation. [15]

IV.1.5. Diagramme de GMAO

La gestion de la maintenance dans RAIL-SYS s'articule autour de deux objets majeurs : l'avis de panne ou d'incident et l'ordre de service

Conclusion générale

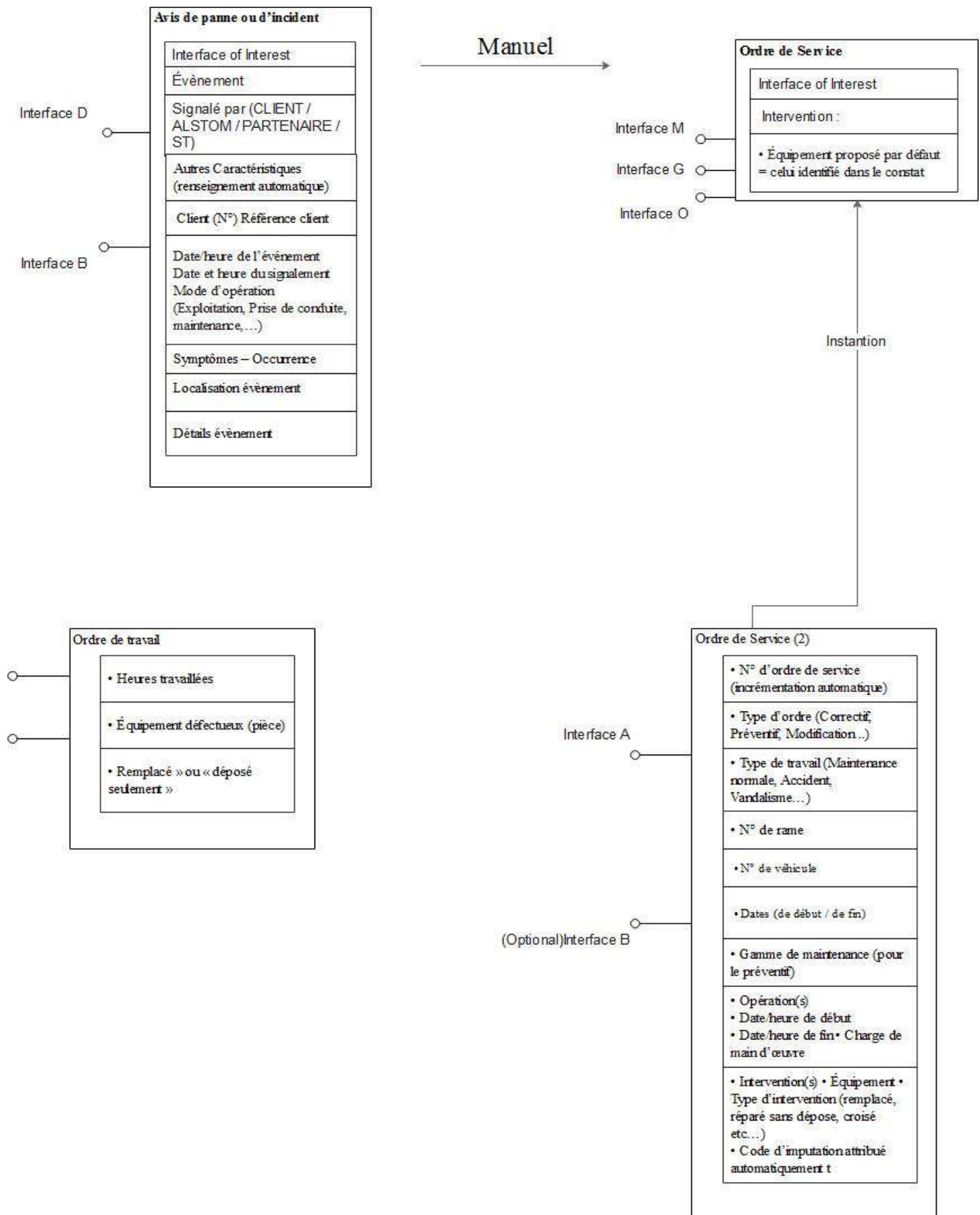


Figure IV.1 : Le diagramme GMAO de le service de maintenance

Conclusion générale

Interface	les actions à faire pour améliorer la maintenance du système de freinage
A	
B	
M	
O	
F	

IV.1.6. Diagramme d'actions

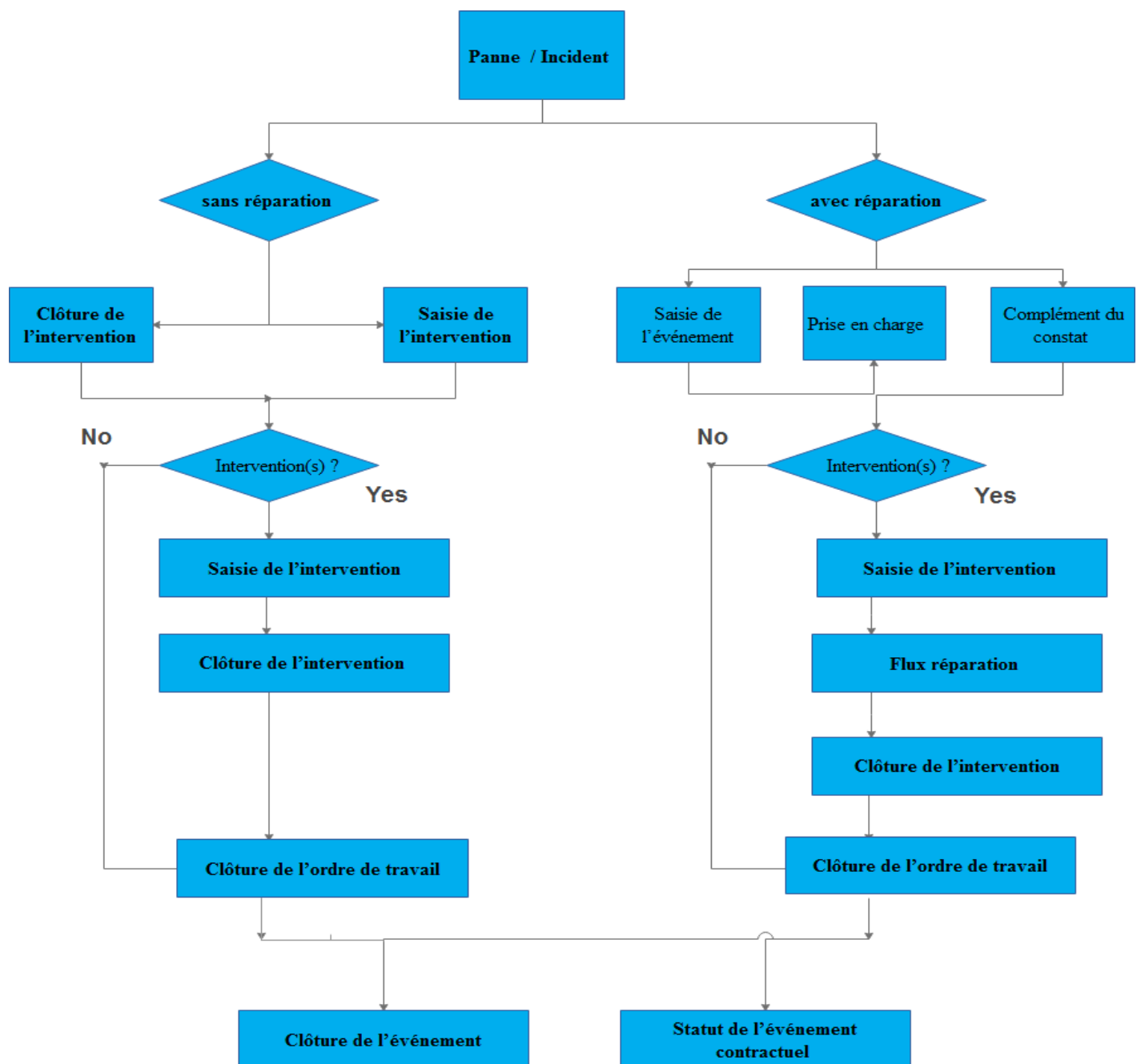


Figure IV.2 : Le diagramme d'action du service de maintenance

Conclusion générale

Conclusion générale

La maintenance industrielle est l'un des aspects critiques du domaine industriel, Dans nos travaux, nous avons étudié un programme appelé AMDEC qui traite la gestion de maintenance En termes d'organisation du stock de pièces de rechange devrait être remplacées avant qu'il ne fonctionne mal. En pratique, nous avons rencontré des difficultés pour les appliquer au sujet de notre recherche, qui est le système hydraulique de freinage de tramway. En raison propagation de la pandémie Corona, car nous n'avons pas pu effectuer de stage au niveau de la CITAL Corporation. Et avec l'aide d'un Ingénieur et aussi avec les Informations dont nous disposons, on a fait notre travail est divisé en quatre parties. La première partie est un bref résumé sur la : maintenance, AMDEC, Présentation de la société, Module de sureté de fonctionnement. De la deuxième partie. Elle était dédié à la définition de système hydraulique de freinage, à ses éléments et à son principe de fonctionnement, La troisième partie explique comment créer un programme de AMDEC et l'appliquer à le système de freinage et Enfin, après avoir discuté des résultats, nous avons créé une base de données qui aide à organiser la gestion de maintenance par ordinateur GMAO.

Référence Bibliographique

Cours Plusieurs cours sont disponibles sur Internet.

[1] : file:///C:/Users/MLK/Downloads/www.cours-gratuit.com-CoursDivers-id5722.pdf

[2] : L'AMDEC un outil puissant d'optimisation de la maintenance, application à un moto compresseur. Brahim HERROU, Mohamed ELGHORBA. 2005.

[3] : La méthode AMDEC. Ecole des Haute Etude Commercial. Joseph Kélada. 1998.

[4] : Mémoire : AMDEC – Etude de cas : Extracteur de fumée de l'Entreprise Nationale de la Pétrochimie ENIP/ AYAD Mohammed, KEBBAB Toufik. 2008/2009.

[5] : KEDIDI Abessamed & BABKAR Omar, Study of tramway thermal comfort in Ouargla city. Mémoire de master, Université Kasdi M'rebah, , Juin 2016.

[6] Les documentation technique, Société cital Ouargla 2019.

[7] <https://www.cital-dz.com/cital/a-propos-de-nous>

[8] bureau national de météorologie Ouargla

[9] Cours de A. Villemeur, Sureté de fonctionnement des systèmes industriels, Eyrolles, Direction des études et recherches d'Electricité de France (EDF), 1997, 822 p.

[10] SNCB Transport ; Centre de formation pour conducteurs de train ; FREINAGE DES TRAINS PRINCIPES DE BASE Fonctionnement du frein

[11] SNCB Transport ; Centre de formation pour conducteurs de train ; FREINAGE DES TRAINS PRINCIPES DE BASE ;Les essais de frein

[12] SNCB Transport ; Centre de formation pour conducteurs de train ; FREINAGE DES TRAINS PRINCIPES DE BASE ;freinage rhéostatique LRCS000129588_FR

[13] SNCB Transport ; Centre de formation pour conducteurs de train ; FREINAGE DES TRAINS PRINCIPES DE BASE ; patin magnétique LRCS000077810_FR

[14] SNCB Transport ; Centre de formation pour conducteurs de train ; FREINAGE

DES TRAINS PRINCIPES DE BASE centrale hydraulique de bogie moteur
LRCS000077808_FR

[15] <https://www.gmao.com/blog>

Résumé

Dans ce mémoire nous avons étudié un programme qui améliore le fonctionnement de gestion de maintenance ce programme qui s'appelle AMDEC

AMDEC (L'Analyse des Modes de Défaillance de leurs Effets et de leurs Criticités) va permettre de réduire le temps d'indisponibilité et l'identification des éléments les plus critiques, On peut aussi apprendre le mode maintenance PROPRE à appliqué

Pour prouver l'efficacité de l'étude AMDEC dans l'amélioration de la maintenance. Nous avons appliqué ce travail sur le system de freinage hydraulique de tramway Ouargla au niveau de l'entreprise de CITAL, on a utilisé ce logiciel qui prouver sont efficacité on l'améliorer le fonctionnement de maintenance.

Mots clés : AMDEC, maintenance, défaillance, système de freinage

Abstract

In this thesis we have studied a program that improves the operation of maintenance management, this program is called FMEA the FMEA method (Failure Mode Effects Analysis) will reduce stop time and will identify the most critical elements. We can also learn to choose appropriate the maintenance mode to apply.

To prove its effectiveness of the FMEA study in the optimisation of maintenance we applied this work on the hydraulic braking system of Ouargla Tramway at CITAL Company. Using this latter software (FMEA), it has proven its effectiveness in proving effective to improve maintenance operation.

Key Word: FMEA, maintenance, Failure, hydraulic braking system.

ملخص

في هذه المذكرة قمنا بدراسة برنامج يسمح بتحسين عمل وظائف تسيير الصيانة الصناعية وهذا البرنامج يدعى AMDEC

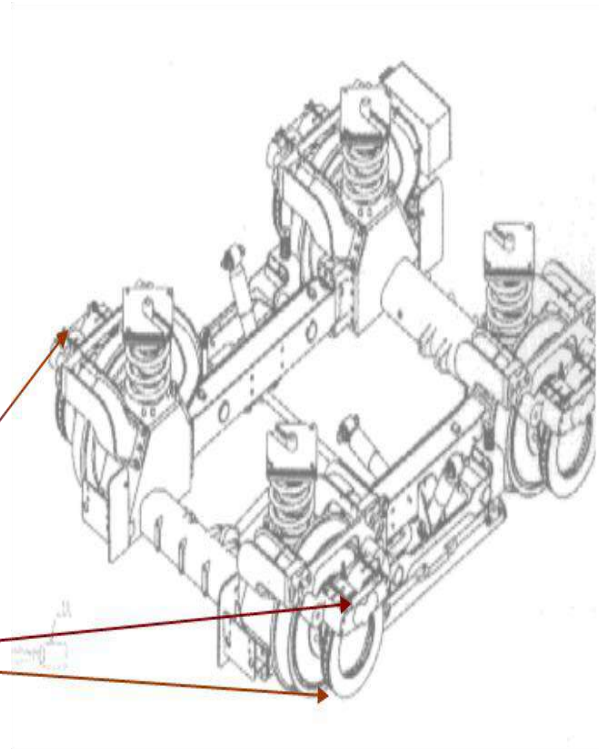
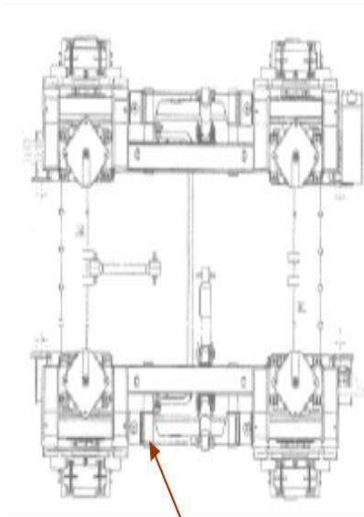
من أهداف هذا البرنامج تحديد العناصر الأساسية والثانوية، تقليص وقت التوقف من خلال تنظيم قطع الغيار، كما يمكننا من تحديد طريقة الصيانة الواجب اتباعها لإصلاح العطب

من أجل إثبات فعالية هذا البرنامج في تحسين وظائف الصيانة، قمنا بتطبيقه على نظام الفرملة الهيدروليكي للترامواي الخاص بولاية ورقلة داخل مؤسسة سيتال CITAL وقد أثبت هذا الأخير نجاعته.

الكلمات المفتاحية: الصيانة، العطب، نظام الفرملة الهيدروليكي, AMDEC

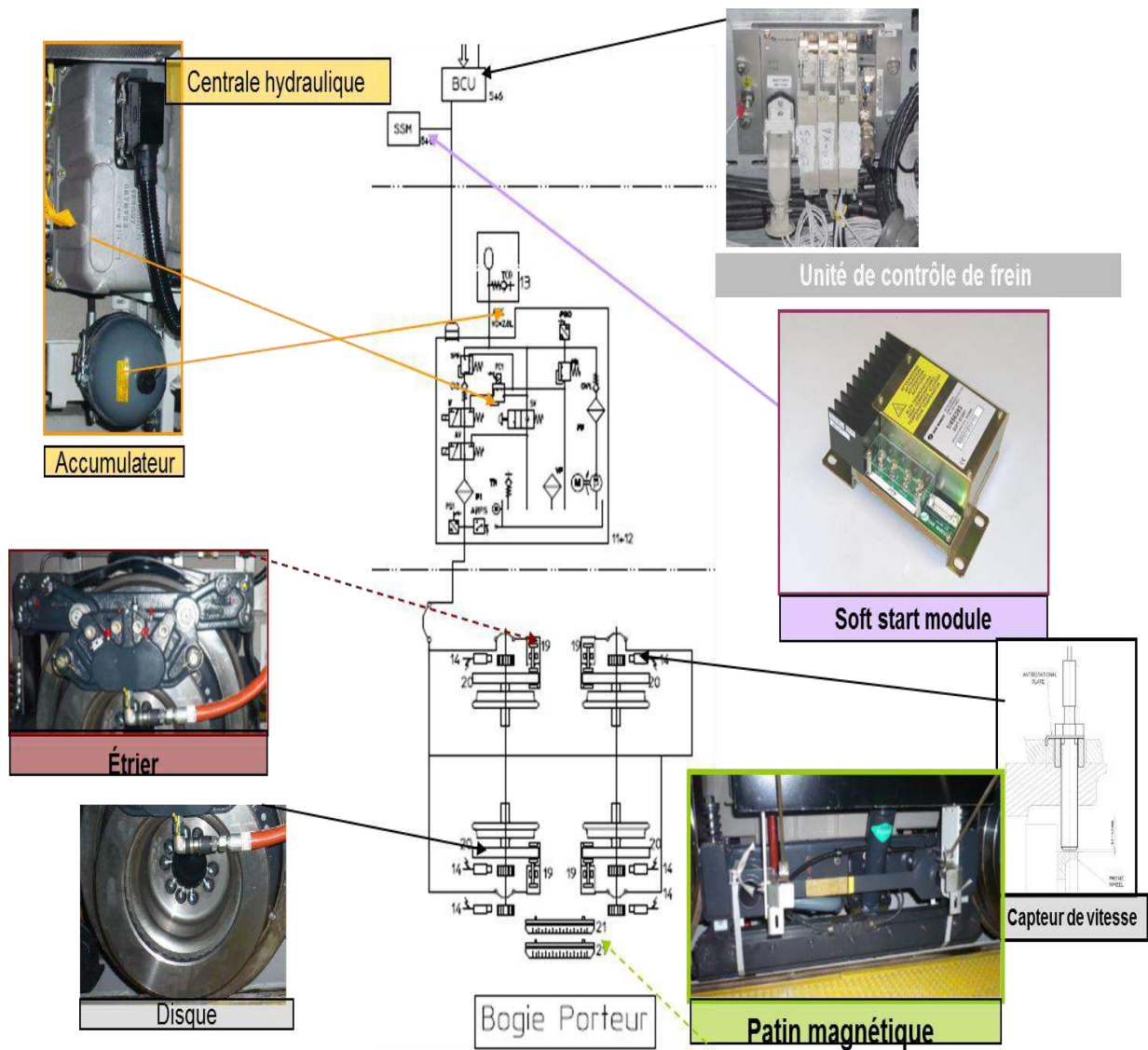
Annexes

BOGIE PORTEUR

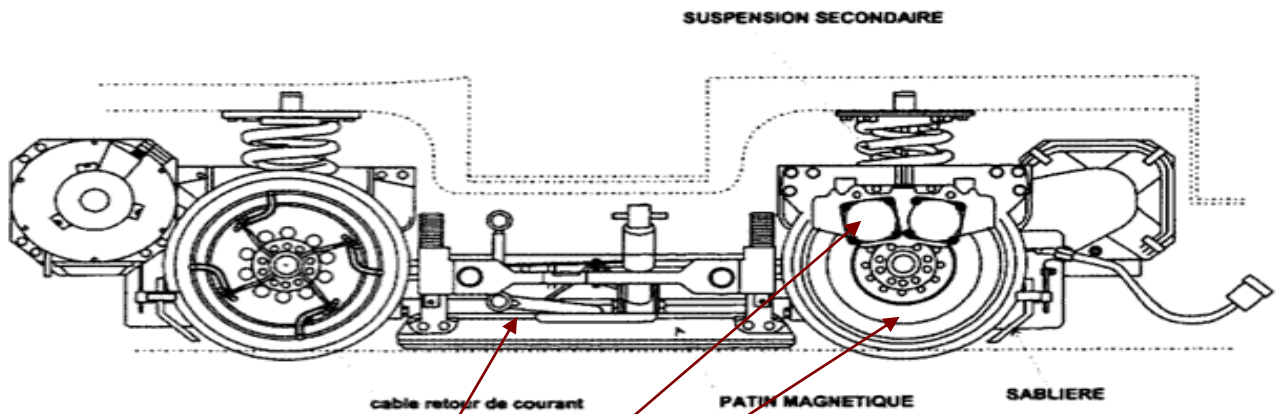


Équipements
FT

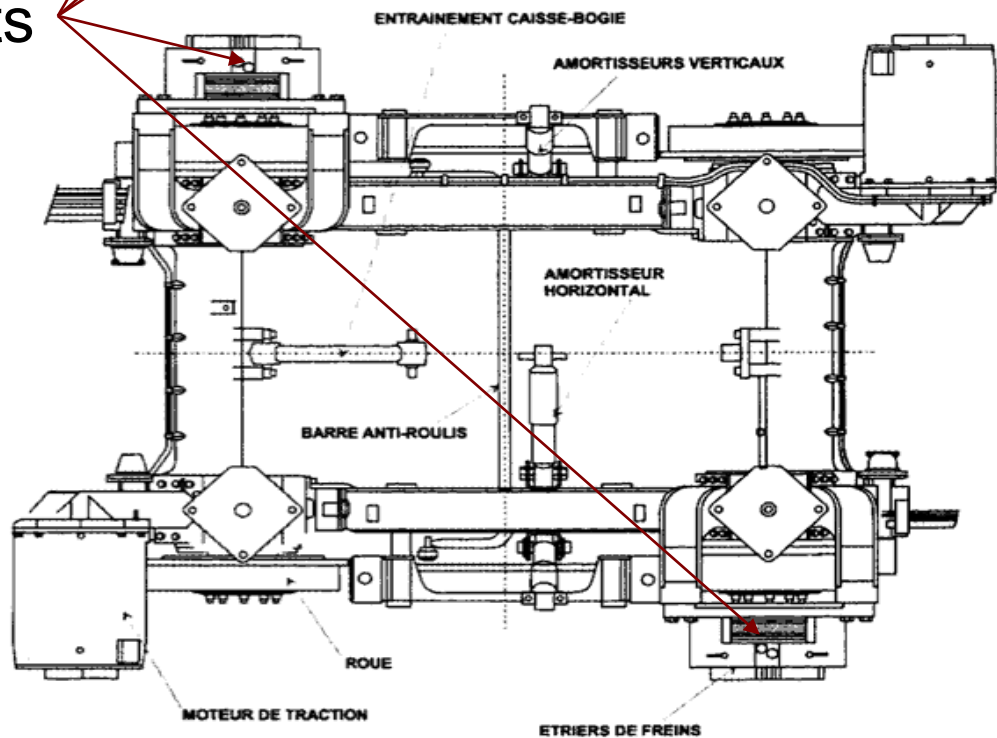
Annexe 02



BOGIE MOTEUR



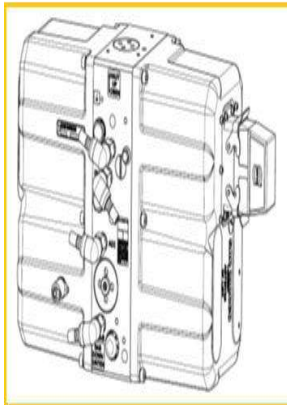
Équipements
FT



Annexe 04



Accumulateur



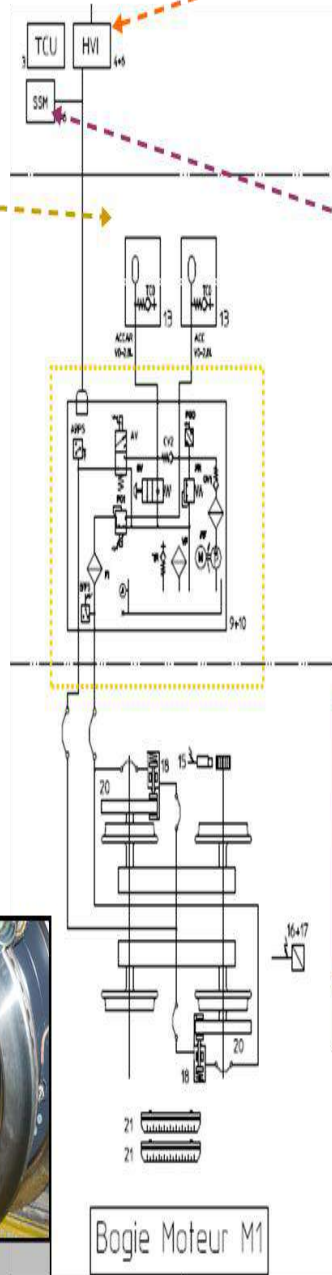
Centrale Hydraulique



Etrier



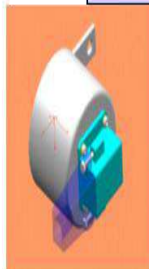
Disque



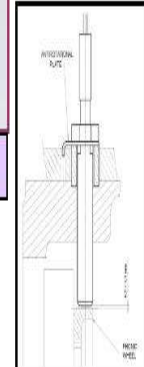
Électronique de frein



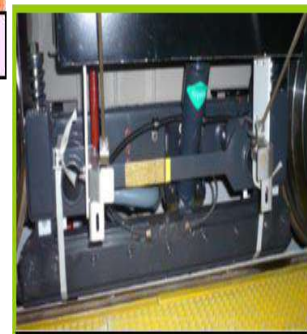
Soft start module



Capteur de charge



Capteur de vitesse



Patin magnétique

Surveillance des disques de freinage du BP (usure et planéité) Contrôle visuel des disques de frein (YC les fixations) Contrôle d'usure des pistes du disque de frein	X	430R385	LRCS000084074	4	30,000	2	0.02	1	0.08	0.08			0.00		Fosses centrale et latérales
<i>Étriers de frein du BP</i>				-	- - - -										
Contrôle visuel des étriers et d'absence de fuite d'huile	X	430R383	LRCS000084507	4	15,000	2	0.01	1	0.04	0.04			0.00		Fosses centrale et latérales
Contrôle des jeux liés aux états serré et desserré	X	430R386	LRCS000129956	4	15,000	2	0.05	1	0.20	0.20			0.00		Fosses centrale et latérales
Contrôle de la protection des étriers et graissage si nécessaire			LRCS000084507	4	15,000	2	0.08	1	0.32	0.32			0.00		Fosses centrale et latérales
Surveillance des étriers de freinage du BP (contrôle des fixations)	X	430R387	LRCS000084363	4	30,000	2	0.03	1	0.10	0.10			0.00		Fosses centrale et latérales

Nettoyage et purge des étriers du BP			LRCS00 0083982	4	60,000	2	0.10	1	0.40	0.40		0.00		Fosses centrale et latérales
Dépose pose des étriers du BP pour :			LRCS00 0086068	4	360,000	3	0.75	1	3.00	3.00		0.00	Outil dépose / pose étriers de frein	Fosses centrale et latérales
- Révision des étriers par atelier qualifié	X	430R388	LRCS00 0136443	4	360,000	3			0.00	0.00		1	0.00	Atelier qualifié
<i>Garnitures de frein du BP</i>				-	- - - -									
Contrôle du témoin d'usure des garnitures de freinage du BP et changement si nécessaire sur un essieu à la fois	X	430R384	LRCS000063482	8	15,000	2	0.01	1	0.08	0.08		0.00	Outil d'écartement des plaquettes de freins	Fosses centrale et latérales