

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère De l'Enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR ANNABA
FACULTÉ DES SCIENCES DE L'INGÉNIOIRAT
DÉPARTEMENT D'ELECTROMÉCANIQUE



Filière : Hygiène et Sécurité Industrielle
Master : Hygiène et Sécurité Industrielle

MÉMOIRE DE MASTER

Étude de Dangers Liés au Transport Ferroviaire

M^{lle} BEDDIAF Meriem

Sous l'encadrement de :

M. BOURAS HICHEM

Année Universitaire : 2017 - 2018

Sommaire

Résumé	5
Abstract	6
Remerciements	9
I Introduction générale	11
II Généralités sur le Transport	15
1 Le Transport	17
1.1 Introduction	17
1.2 Les différents modes de transports	17
1.2.1 Le transport aérien	17
1.2.2 Le transport maritime	18
1.2.3 Le Transports par câble	18
1.2.4 Le Transport par des installations fixes	18
1.2.5 Le Transport terrestre	19
1.3 Historique des chemins de fer Algérien	20
1.4 La SNTF	20
1.4.1 Création de la SNTF	20
1.4.2 Organisation de la SNTF	20
1.4.3 Réseau et géographie ferroviaire de la SNTF	21
1.4.4 Objectif et activité de la SNTF	21
1.5 le systeme ferroviaire	23
1.5.1 L'infrastructure des chemins de fer	23
1.5.2 La voie ferrée	23
1.5.3 Les caténaires	24
1.5.4 Les équipements de transport de l'énergie	24
1.5.5 Le système de signalisation	24
1.5.6 les gares	25
1.5.7 Les traverses	25
1.6 Normalisation	25
1.6.1 Création	25
1.6.2 Membres	25
1.6.3 Les objectifs de l'UIC	25
1.7 Conclusion	27

2	Accidentologie	29
2.1	Introduction	29
2.2	les risques	29
2.2.1	Collisions	29
2.2.2	Le nez à nez	29
2.2.3	Le rattrapage	29
2.2.4	La prise par écharpe	30
2.2.5	Déraillement	30
2.3	Dérives	30
2.4	la sécurité ferroviaire	32
2.4.1	Triptyque du système de sécurité	33
2.4.2	Les règles et les procédures	33
2.4.3	Les hommes	35
2.4.4	Les installation de sécurité	37
2.5	Conclusion	44
3	Les méthodes d'analyse des risques	45
3.1	Introduction	45
3.2	Processus d'analyse de risque	45
3.3	les différents classements des méthodes d'analyse de risques	47
3.3.1	Distinction entre méthodes qualitatives et quantitatives	47
3.3.2	Distinction entre méthodes inductives et déductives	47
3.3.3	Distinction entre méthodes statiques et dynamiques	47
3.4	méthode Arbre de causes	48
3.4.1	La nécessité d'un outil d'analyse des incidents et accidents	48
3.4.2	Les objectifs	49
3.4.3	La méthode	49
3.5	Démarche de la méthode AMDEC	50
3.5.1	Définition	51
3.5.2	Avantages	51
3.5.3	Inconvénients	51
3.5.4	Objectifs d'AMDEC	51
3.5.5	Terminologie	51
3.5.6	Types d'AMDEC	52
3.5.7	But de l'AMDEC	53
3.6	les statistiques des incidents de la région d'Annaba	55
3.7	Application des méthodes AMDEC et AdC	57
3.7.1	Arbre de cuases de déraillement du train 3218	57
3.7.2	Application de la méthodes AMDEC	58
3.8	Conclusion	61
	Conclusion générale	63
	Liste des symboles	64
	Liste des figures	66
	Liste des tableaux	68
	Bibliographie	70

Résumé

Pour garantir la sécurité des voyageurs et des biens transportés, l'établissement ferroviaire dispose de différentes mesures visant à la protection des infrastructures, des installations fixes et équipements roulants.

Il est important de savoir que la sécurité ferroviaire doit répondre à plusieurs conditions. Hormis l'entretien des voies et des installations ferroviaires, la SNTF assure la surveillance et l'éclairage dans ces entreprises

Assures la sécurité des circulations, c'est-à-dire maîtriser les risques collectifs qui peuvent se présenter lors de la circulation des trains et limiter leurs conséquences. La SNTF qui fait partie des réseaux ferroviaires adhérant à l'UIC dispose de structures et de moyens afin de traiter distinctement la sécurité collective et la prévention des risques individuels en appliquant la loi.

Abstract

In order to guarantee the safety of passenger and goods transported, railway establishment has different measures for the protection of infrastructures, fixed installations and rolling stock.

It is important to know that railway safety must meet several conditions. Apart from track maintenance and rail facilities, the Algerian railway transport SNTF ensure the monitoring and lighting in these allowances.

Ensuring the safety of traffic, that is say to master the collective risks that may arise during the movement of train and limit their consequences. The SNTF part of railway networks adhered to the international union of railway transport has structures and means in order to deal clearly with collective safety and the prevention of individual risks by applying the law.

Remerciements

Dédicaces

À ma chère maman DALINDA qui a toujours été à mes côtés, sa contribution secrète à tous mes succès a été la plus essentielle.

À mon cher papa ABDALLAH à qui je dois tous mes succès réalisés.

À ma fratrie, particulièrement ZINEB.

Meriem

Remerciements

Je tiens à exprimer ma sympathie à mon encadreur Monsieur Hichem BOURAS, qui a dirigé ce travail. Je lui témoigne toute ma gratitude pour ses conseils avisés, ses encouragements, son indulgence, sa disponibilité et la pertinence de ses analyses et également ses compétences qui ont été des sources permanentes de soutien et de motivation.

Un très grand merci à tous nos enseignants sans exception M. Hadjadj, M. lakhel, Mlle. Khalfa, Mme. Djemaï, M. Benlalli, M. Bouakkaz, M. Boughaba pour leur gout profond pour une science claire pleine d'intérêt et rigoureuse.

Je tiens à remercier tous les membres administratifs pour l'effort qu'ils ont fourni au cours du parcours.

Je tiens à remercier les membres du service Sécurité de la circulation SNTF pour l'effort qu'ils ont fourni au cours de mon stage, particulièrement M. GHERIA Sofiane, M. Hariati Mounir, M. MÂALAM Nour-eddine et M. ATTOUI Mohamed Lamine

Mes grands remerciements vont également à M. KLAA Nabil le Chef de Service Patrimoine de la SNTF.

Merci à tous !
Meriem

Première partie
Introduction générale

Le transport représente un des piliers fondamentaux du développement durable et de la prospérité de tout pays. Des systèmes de transport efficaces et des réseaux modernes sont donc une nécessité pour le développement économique, social, la production à grande échelle, le bien être, et la préservation de l'environnement. C'est dans cette optique que le déplacement des hommes et des marchandises tiennent depuis toujours une place essentielle dans le fonctionnement des sociétés.

Le chemin de fer existait déjà depuis longtemps lorsqu' apparut la traction électrique. La sécurité ferroviaire est utilisée pour évoquer des risques de nature très différents. Cette banalisation du terme sécurité porte notamment le germe d'une confusion entre les mesures pour éviter le risque individuel, par exemple celui relatifs au déplacement d'une personne sur ou à proximité d'une voie parcourue par des trains. Les risques collectifs concernant les personnes et la marchandise transportées, il s'agit de ce point de vue d'analyser l'ensemble des moyens (humain matériels, procédures organisationnel, etc.) mis en place pour :

Assurer la sécurité des circulations, c'est-à-dire maîtriser les risques collectifs qui peuvent se présenter lors de la circulation des trains et limiter leur conséquence sur le plan. Et comme la plupart des réseaux adhèrent à l'union internationale des chemins de fer UIC, la SNTF qui fait partie des réseaux ferroviaires adhérant à l'UIC, dispose des structures et des moyens afin de traiter distinctement la sécurité collective et prévention des risques individuels en appliquant la loi.

Pour le cas de ce travail, nous nous intéressons à la sécurité ferroviaire au niveau de la SNTF

Le travail présenté est structurer et organisé en trois chapitres comme suite :

➤ **Le premier chapitre** : est un aperçu général sur les différents modes de transport et le système ferroviaire

➤ **le deuxième chapitre** : est consacré au recensement des risques ferroviaires et à l'étude des systèmes de sécurité

➤ **Le troisième chapitre** : consacré à l'analyse des risques en générale et les accidents ferroviaires en particulier

Deuxième partie

Généralités sur le Transport

Chapitre 1

Le Transport

1.1 Introduction

Dès le commencement de sa vie, l'homme cherche à se déplacer sur sa planète-mère, terre. De ses débuts à 4 pattes, puis ensuite sur ses 2 pieds, et enfin appuyer sur une canne, L'être humain accompli un périple illustrant parfaitement celui des moyens de transport qu'il a développés tout au long de cette longue aventure, qui n'est pas encore terminer. L'histoire des transports montre que les échanges se sont affranchis de plus en plus des contraintes qu'imposent les conditions naturelles et les limitations de caractère politique. Cette libération et ses conséquence (économiques, sociales, territoriales, géopolitiques) sont inséparables des mutations Technique.

Dans les diverses sociétés, la nature et les moyens de transport dépend de cadre naturel, du niveau technologique, du milieu socio-économique des structures administratives, de la politique et des choix en matière d'aménagement. [1]

Les modes de transport sont généralement classifiés selon les voies de communications utilisées : transports terrestre (routier ou ferroviaire ou guidés), Le transport maritime fluvial, le transport aérien, le choix d'un mode de transport peut être effectué en fonction de disponibilité du moyen de transport, de ses qualités (capacité, rapidité, sécurité, conformité aux réglementations applicables aux marchandises, au commerce...), et de son coût, par exemple pour le transport de marchandises dangereuses ou sensibles la notion de sûreté est aussi prise en compte

1.2 Les différents modes de transports

1.2.1 Le transport aérien

Depuis des siècles, l'homme n'a jamais cessé d'observer les oiseaux pour comprendre comment voler. Les pionniers de l'histoire de l'aviation nous ont permis d'améliorer nous appareils.

L'aviation est un mode de transport très récent puisque les premiers vols en eu lieu au début du XXème siècle .Il faudra attendre la fin de la première guerre mondiale pour voir les énormes progrès et l'apparition de l'avion commerciale. Bien que récente, l'aviation est aussi le mode de transport qui a le plus vite évolué.

L'histoire de l'aviation est marquée par d'important progrès technique, permettant de voler toujours plus lion et de faire de ce moyen de transport le plus sûr au monde.

Air Algérie est la compagnie aérienne nationale algérienne elle fut créée en 1947, quand constituée la Compagnie Générale de transport C.G.T, dont le réseau était principalement orienté vers la France. Malgré une croissance exponentielle durant ces dernières décennies,

le secteur aérien a été ébranlé par plusieurs événements comme notamment le choc pétrolier de 1973 ou les conséquences des attentats du 11 septembre 2001. Ce moyen de transport est bien différent de ce qu'il était il y a cinquante ans. Aujourd'hui tous les grands aéroports mondiaux sont reliés quotidiennement et un grand nombre d'avion sillonnent l'espace aérien mondial.

L'Algérie compte 35 aéroports, parmi les aéroports en Algérie (Aéroport Annaba, Aéroport Houari Boumadienne Alger, Aéroport Soummam Bejaia...) [2]

1.2.2 Le transport maritime

Le secteur maritime couvre l'essentiel du transport des matières premières (pétrole et produits pétroliers, charbon, minerai de fer, céréales, bauxite, alumine, phosphate, etc). à côté de ce transport on trouve également le transport de produits préalablement conditionnés par conteneur, caisse, palette, futs. Ce que l'on a coutume d'appeler marchandise diverse ou conventionnelle. C'est pourquoi il a fallu inventer très tôt des moyens de navigation fluviale et maritime pour favoriser le commerce, L'exploration du globe (découverte de l'Amérique) et surtout les voyages et les déplacements. Ces moyens de transport ont également servi à mener de nombreuses guerres, antique et modernes, mais aussi été utiles pour lier deux peuples d'amitié ou pour découvrir ou faire découvrir des cultures différentes. De plus, une entité territoriale dotée par un port et port lui-même, ont pendant longtemps formé un système basé sur l'imbrication et la complémentarité de leurs différentes fonctions pour constituer des places d'échange de valorisation et de production tournées vers le commerce maritime [2]

1.2.3 Le Transports par câble

Le transport par câble désigne tout système de transport guidé dans lequel les véhicules, notamment les cabines, sièges ou agrès, sont mus par l'intermédiaire d'un câble. Ce mode de transport se développe durant la révolution industrielle, dès la deuxième moitié du XIXe siècle, avec l'invention du câble toronné par l'Allemand Wilhelm Albert et leur développement à une échelle industrielle par Felten & Guillaume [3]

Il est exploité comme transport en commun (station de ski, belvédère, transport urbain) et transport pour compte propre (desserte de propriétés isolées, transport industriel ou militaire). On distingue plusieurs typologies de transport par câble :

- les appareils au sol : télésiège, funiculaire, ascenseur incliné, escalier mécanique ;
- les appareils téléportés : tyrolienne, téléphérique, télécabine, télésiège, téléporté avec sièges et cabines

Autres transports guidés

Il s'agit des modes de transports qui mettent en œuvre des véhicules guidés par un moyen mécanique ou électronique, comme le train monorail et l'aérotrain, le train à sustentation magnétique et le train à crémaillère, principalement pour le transport de personnes.

Il ne faut pas oublier, pour les transports de marchandises, les systèmes de filoguidage utilisés principalement dans les entrepôts, pour diriger les chariots préparateurs ou élévateur [3]

1.2.4 Le Transport par des installations fixes

Ce ne sont pas, à proprement parler, des transports, puisqu'il n'y a pas de véhicule.

Il s'agit essentiellement de canalisations adaptées à l'acheminement de liquides ou de gaz : oléoduc, méthanoduc, gazoduc, ... Ce mode d'acheminement a des applications spécifiques. Il revêt une grande importance dans les secteurs pétroliers et chimiques

À courte et très courte distance, on utilise également

- le convoyage par bande notamment pour les matériaux de construction, les minerais et le charbon ;
- la propulsion par air pulsé ou pneumatique.

Dans le domaine des voyageurs, signalons les tapis roulants, les escaliers mécaniques et les ascenseurs. [3]

1.2.5 Le Transport terrestre

Le système de transport terrestre rassemble deux modes principaux : la route et le rail

Le transport routier

Le transport routier qui s'effectuait à pied, puis à la traction animal ont pris leur essor, avec l'invention du moteur, réduisant le temps de transport, à moindre fatigue.

La route est le grand vainqueur de la concurrence intermodale. il existe une large gamme de services qu'elle est la seule à pouvoir assurer dans des conditions économiquement efficaces sa croissance spectaculaires s'explique par de nombreux facteurs techniques, économique etc.

La densité du réseau routier en Algérie est à l'image de la répartition de la population et des activités ; la densité est très élevée au nord, assez lâche sur les hauts-plateaux et très dispersées au sud. La longueur totale du réseau est de plus de 107000 km dont plus de 70% sont revêtus. Les non revêtus touchent principalement les communaux, les routes des régions de montagne et du sud.

Le réseau routier est en plein développement grâce au programme de modernisation des transports routier et ferroviaire qui prévoit la réalisation de l'autoroute est-ouest de (1216 km) l'autoroute des hauts plateaux de (1330km), la réalisation de 19000 km de route ainsi la finition de la route transsaharienne (nord-sud)

Le transport ferroviaire

Le transport par rail fut au cœur de l'ère industrielle, jouant un rôle central dans le développement économique des pays. Le rail fut la première grande innovation en technologie de transport terrestre.

Le transport ferroviaire est un mode de transport alternatif à la voiture. Du train à la vapeur au TGV (train à grande vitesse), la route a été longue. Plusieurs évolutions technologiques ont permis de faire évoluer le transport ferroviaire pour l'amener au stade actuel. Cela dit, il continue de progresser .le but est de faciliter le développement dumarché commun mais pas seulement. Ce développement du transport ferroviaire est aussi une volonté pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre comme le CO2.

Le transport ferroviaire est en mode de déplacement écologique et propre que le transport routier, mais pas encore totalement. En effet, grâce aux nouvelles technologiques, il n'émet plus de gaz, mais continue de fonctionner sur la base de l'énergie électrique, le mode de production de cette dernière étant encore polluant. [2]

Le chemin de fer

Les chemins de fer sont nés des recherches faites pour assurer aux véhicules remorqués une direction déterminée et une faible résistance au roulement. Le rail en bois est utilisé dès

1670 en Angleterre, dans la région de Newcastle ; il plaqué de fer du milieu du XVIII s.

En même temps qu'on met au point le cerclage des roues. Ces procédés permettent de faire tirer au cheval, seule force de traction alors utilisée, un poids plus que doublé par rapport au passé. Mais, tel qu'ils sont conçus aujourd'hui, les chemins de fer sont nés de l'invention de la locomotive. En ce qui concerne le rail en métal, on peut en retrouver l'origine vers 1776. [3]

1.3 Historique des chemins de fer Algérien

Par décret impérial du 8 avril 1857, la force d'occupation française a décidé la création d'un réseau de chemin de fer en Algérie visant à mailler tous le nord du pays avec le double objectif de l'utiliser comme un outil logistique de pacification des territoires et un moyen de transfert des richesses algériennes s'est faite par étapes successives, Durant a période coloniale, trois programmes ont été initiés par l'administration : le programme de 1857, de 1879 et celui de 1907. 1357km ligne à construire dans le 1er programme. 1878

Au cours de la période 1857-1878, d'autres lignes totalisant une longueur de 1365 km, ont été réalisés.

L'histoire du chemin de fer algérien a fait de nous ce que nous sommes aujourd'hui, un chemin de fer de la seconde moitié du 19ème siècle.

La SNTF a conservé le caché architectural de ses établissements au fil des temps ce qui a fait d'elle aujourd'hui une entreprise profondément ancrée dans la conviction d'appartenir au patrimoine universel du monde ferroviaire.

Les établissements ou les activités sont assurées par les installations de sécurité exploitées et les équipements utilisés, il y a de quoi en faire un musée grandeur nature. Des établissements de maintenance et d'entretien des années vingt, des postes d'aiguillage mécanique et électromécanique datant respectivement des années 1920 et 1950 des lanternes des guidons de départ et même des documentations très anciennes, scrupuleusement conservées. [4]

1.4 La SNTF

1.4.1 Création de la SNTF

Conformément aux textes de la création de la SNTF le 26/3/1976, l'entreprise est chargée d'exécuter par rail, les transports publics de voyageurs et de marchandises qui lui sont confiés dans le cadre de l'organisation des transports terrestres.

La SNTF, étant l'unique opérateur ferroviaire, elle détient le monopole en ce qui concerne l'exploitation du chemin de fer sur tout le territoire national. Son statut juridique est à 100% étatique sous la forme EPIC.

1.4.2 Organisation de la SNTF

Avant d'évoquer l'organisation de la SNTF, ce réseau ferré qui appartient à l'État, mieux de donner un aperçu sur sa création, son étendu géographique, son rôles dans le secteur économique, et l'activité industrielle et commercial, étant donné que c'est une entreprise a caractère EPIC, qui exploite le réseau pour le compte de l'État ce en vertu la loi 01-13 du 07-8-2001 dans son article n°22 QUI stipule :

« par exploitation ferroviaire on entend-la gestion des infrastructures ferroviaires comportant la maintenance, le renouvellement et l'aménagement de ces infrastructures ferroviaires, la gestion des systèmes de régulation et de la sécurité des circulation ferroviaire et la gestion

foncière du domaine public ferroviaire, l'exploitation technique et commercial de service de transport de marchandises et de voyageurs » [4]

1.4.3 Réseau et géographie ferroviaire de la SNTF

Le réseau ferroviaire comporte trois ensembles :

La rocade nord a voie normale reliant Annaba, Constantine, Alger, Oran avec ses prolongation aux frontières Est (Tunisie) et Ouest(Maroc). Cette rocade constitue l'artère principale des échanges entre les régions actuellement les plus développées dans le pays avec rattachement la reliant aux ports à diverses villes.

La ligne minière avec ses embranchements desservant les gisements : le fer Ouenza et boukhadra et le phosphate à Djebel-Onk

Des pénétrantes en direction des hauts plateaux et du sud et une rocade plateaux reliant les villes de Tebessa, Ain M'lila, Ain-Touta, Msila. Auxquels viennent s'ajouter les embranchements particuliers [5]

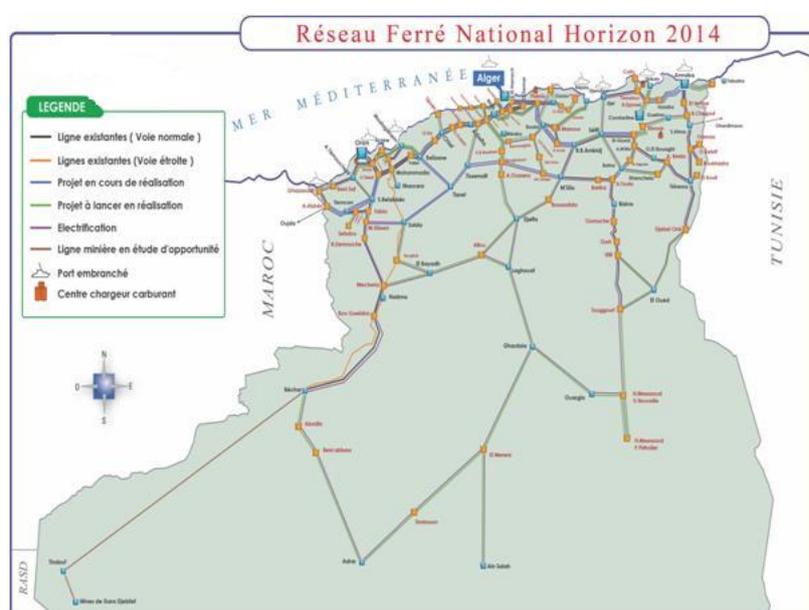


FIGURE 1.1. Réseau ferroviaire national

1.4.4 Objectif et activité de la SNTF

L'objectif de la sécurité

Pour assurer et garantir la sécurité la SNTF a choisi d'adopter une nouvelle approche, la dissuasion, une politique appliquée dans les limites que la loi autorise.

Le train est statistiquement l'un des moyens les plus sûrs pour se déplacer. La preuve en est l'afflux de voyageurs.

Ceci dit le risque zéro n'existe pas. Les accidents peuvent survenir pour plusieurs raisons, qu'elles soient internes ou externes,

A ce propos la SNTF accorde un intérêt particulier au volet sécuritaire.

Pour garantir la sécurité des voyageurs et des biens transportés, l'établissement ferroviaire dispose de différentes mesures visant à la protection des infrastructures, des installations fixes et équipements roulants.

Il est important de savoir que la sécurité ferroviaire doit répondre à plusieurs conditions. Hormis l'entretien des voies et des installations ferroviaires, la SNTF assure la surveillance et

l'éclairage dans ces emprises. Pour cela, elle dispose dans sa nouvelle approche de prévention, de plus d'un tour dans sa poche.

Cette politique se base principalement sur la prévention des atteintes physique et la dissuasion à tout acte de violence.

Pour ce faire, un important effectif, portant uniforme, est engagé pour accomplir cette mission de sécurité.

Elle constitue le mot d'ordre à la bouche de cheminot quel que soit sa position dans l'organisation, vendeur, aiguilleur, chef de train ou tractionnaire, tous sont armés d'une collection de réglementation d'exploitation ferroviaire assez étoffée de procédures et d'instruction formidablement organisées, formant, ainsi, un ensemble homogène et cohérent pour faciliter l'interprétation à l'ensemble des utilisateurs des dispositions réglementaires inhérentes à la sécurité des circulation

Activité commerciale

➤ **Activité de fret** La SNTF d'un parc très importante destiné pour son activité de marchandise à travers le réseau, son programme annuel de réalisation du plan de transport nécessite des équipements spécifiques tel que :

Matériel de traction Un nombre de locomotive de marchandise à raison de 191 dont 14 locomotives électrique, 177 diesels en plus de ce parc 45 locomotives de manœuvre destiné pour tirage des wagons au niveau des gares de formation des trains.

Pour les wagons elle dispose de 197 wagons tout type confondu : Minéraliers, phosphatiers, céréaliers, citernes, ballastières, couverts, plats, gypsiers, charbonniers, porte conteneur, sabliers, sucriers, porte bobines, fourgons.

Ce matériel nécessite pour la sécurité des trains un entretien et réparation ça se fait au niveau des ateliers spécialisés implantés un peu partout au niveau de son réseau à savoir :

- Celui de Sidi belabes (ouest) ;
- Sidi mabrouk (est) ;
- Alger (centre) ;
- Annaba (extrême est) ;

L'entretien préventif concerne les visites général partie mécanique, l'entretien curatif concerne la mécanique d'autre niveau que le (le bas de caisses). Le traitement de sécurité aussi nécessite la vérification des moteurs diesel, les turbos, les bogies, les boites de vitesse et les compresseurs

Ces règles de maintenance elles visent à maintenir en permanence le niveau de sécurité initial de l'équipement. Elles comportent de façon classique des opérations systématiques de vérification, des interventions préventives périodiques et des interventions curatives

➤ **Activité voyageurs**

Pour l'activité voyageur la SNTF dispos d'un parc voyageur a raison de 39 locomotive de voyageur ainsi que des voitures grande ligne 1ere et 2eme classe : 141 et les voitures service régionale 17 voitures, 17 autorail, 64 automotrice, 131 voitures classique, pour service de nuit des voiture couchettes 33 voitures.

Pour faire face à sa clientèle et en vue de se rapprocher encore plus de ses usages l'entreprise comprend 14 filiales qui composent avec l'entreprise mère, le groupe SNTF :

- 10 filiales détenues à 100% par la SNTF
- 04 autres filiales en partenariat national et étranger
- Avec l'occurrence NAFTAL pour les produits énergétiques
- L'office algérien interprofessionnel de céréales OIAC pour le transport de céréales
- Siemens pour les études et les travaux de signalisation et télécommunications

- Et CMA-CGM pour le transport de conteneurs
- Ces filiales sont repartie selon leur activité en trois segments :
- Le transport, les études et travaux ainsi que services et auxiliaire

1.5 le systeme ferroviaire

Le système ferroviaire est un système de transport guidé au transport de personnes et de marchandises, il se compose d'une infrastructure spécialisée, de matériel roulant, et des procédures d'exploitation faisant le plus souvent intervenir l'humain.

1.5.1 L'infrastructure des chemins de fer

L'infrastructure des chemins de fer est appelée voie ferrée elle se compose la plus part du temps de deux files de rails posées sur des traverses, d'appareil de voie, des signalisations, et le cas échéant des installations électriques.

1.5.2 La voie ferrée

une voie ferrée est un chemin pour train constitué de deux files de rails dont l'écartement est maintenue constant par une fixation sur des traverses, reposant elle-même sur un ballast.

Elle est constituée par un assemblage d'éléments d'élasticité variable que transmettent à la plate-forme, elle-même déformable, la charge dynamique des roues

La voie classique comporte deux rails dont l'inclinaison et l'écartement sont maintenus par des traverses reposant sur une épaisseur variable de ballast, en principe isolée de la plate-forme par une sous couche.

Les rails sont fixés sur les traverses soit directement : c'est alors le rail à patin ou Vignole, soit par l'intermédiaire d'un coussinet : c'est alors le rail à double champignon ou bien le rail dissymétrique. Pour assurer la continuité et la rigidité de la voie et éviter qu'elle ne se déforme au passage des véhicules les rails sont reliés entre eux bout à bout au moyen de deux armatures métalliques boulonnées que l'on appelle éclisses. (voir figure 1.2)

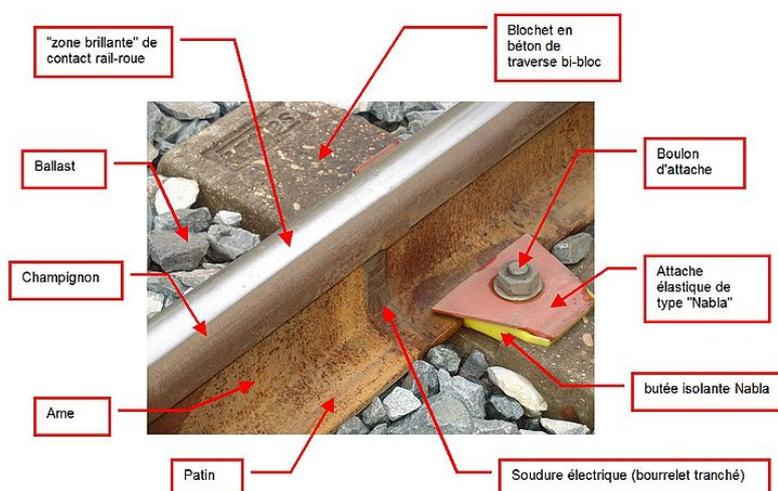


FIGURE 1.2. Composition de la voie ferrée

1.5.3 Les caténaires

une caténaire est un ensemble de câbles porteur en bronze ou en aluminium/acier et de câbles conducteurs en cuivre pur ou cuivre allié à l'alimentation des trains électrique par captage du courant par l'utilisation d'un pantographe



FIGURE 1.3. Les caténaires

1.5.4 Les équipements de transport de l'énergie

un réseau électrique est un ensemble d'infrastructure permettant d'acheminer l'énergie électrique des centres de production vers les consommateurs d'électricité.

Il est constitué de lignes électriques exploitées à différents niveaux de tension, connectées entre elle dans des postes électriques. Les postes électriques permettent de répartir l'électricité et de la faire passer d'une tension à l'autre grâce aux transformateurs.

Un réseau électrique doit aussi assurer la gestion dynamique de l'ensemble production-transport consommation, mettant en œuvre des réglages ayant pour but d'assurer la stabilité de l'ensemble

1.5.5 Le système de signalisation

la signalisation ferroviaires est un système d'information destiné à renseigner les conducteur d'une circulation ferroviaire lui donnant, sous forme de codes réalisés par des signaux se forme de combinaisons, ou de couleur diverses, dont la signification est prédéfinie, disposés le long des voies ou en cabine, toutes les informations qui lui sont nécessaires afin de régler la marche de son convoi et rouler en toute sécurité. Les informations données par ce moyen peuvent concerner une limitation de vitesse à respecter, un arrêt non prévu à la marche à exécuter, les informations d'une direction géographique vers laquelle le convoi va s'engager, des prescriptions concernant électrique, etc.

La signalisation est un élément de base de la sécurité ferroviaire

1.5.6 les gares

une gare ferroviaire est lieux d'arrêt des trains. Une gare comprend diverses installations qui ont une double fonction : permettant la montée ou la descente des voyageurs, ou le chargement ou le déchargement de marchandise et pour certaines d'entre elles, assurer des fonctions de sécurité dans la circulation des trains.

1.5.7 Les traverses

Les traverses en bois sont encore la très grande majorité des traverses utilisées dans le monde.

La première traverse utilisée était en bois, après cette traverse a été remplacée par une autre en acier puis en béton armée pour des raisons de cout, de performances et de durée de vie On utilise principalement des traverses en :

Bois

Acier

Béton

Plastique : depuis peu il existe des traverses en plastique dur recyclé

Métallique

1.6 Normalisation

1.6.1 Création

L'idée de créer une organisation internationale regroupant tous les chemins de fer remonte au 23 novembre 1921, lors d'une conférence internationale en Italie. C'est le 3 mai 1922 que la Conférence internationale de Genève a été convoquée, et les pays participants ont encouragé la création d'une organisation ferroviaire permanente axée sur le trafic ferroviaire orienté vers la normalisation, la construction et l'amélioration des opérations ferroviaires. Le 17 octobre 1922, lors d'une conférence à Paris, l'Union internationale des chemins de fer (UIC) voit le jour. La même année, le monde vit l'occurrence de la révolution industrielle européenne. L'UIC a commencé ses activités avec 51 membres de 29 pays, dont la Chine et le Japon, et peu de temps après l'adhésion des chemins de fer du Moyen-Orient, de l'Afrique du Nord et de l'Union Soviétique. L'UIC est la plus grande organisation de coopération ferroviaire, non seulement par le nombre considérable de membres, mais aussi par un large éventail d'activités [6]

1.6.2 Membres

L'UIC compte 230 membres sur les 5 continents, regroupant des opérateurs de transport, des gestionnaires d'infrastructures, des entreprises de transport public et des chemins de fer publics et privés.

1.6.3 Les objectifs de l'UIC

L'UIC suit trois objectifs principaux

- Permettre la coopération ferroviaire internationale au niveau mondial,
- Représenter et promouvoir les intérêts du transport ferroviaire au niveau mondial,
- Favoriser la synergie entre les différents organismes mondiaux pour le développement du transport ferroviaire

Pour atteindre les objectifs, l'UIC réalise de nombreuses activités, notamment :

- Promouvoir la coopération technique et l'échange d'informations, de connaissances et d'expériences entre ses membres,
- Aider les membres à résoudre des problèmes techniques et opérationnels spécifiques,
- Développer la cohérence globale du système ferroviaire au niveau mondial, avec une attention continue au niveau paneuropéen, en consolidant son interopérabilité,
- Élaborer des stratégies et des initiatives pour améliorer le rendement des entreprises et accroître l'investissement dans le transport ferroviaire,
- Exécuter et gérer des projets / activités sur des questions non commerciales, y compris la recherche, le développement et l'efficacité technique dans la mesure où cela est nécessaire pour le sujet concerné,
- Développer des accords et une coopération au niveau mondial avec des organisations, d'autres organisations professionnelles et d'autres modes de transport,
- Développer une banque de données complètes sur les chemins de fer et identifier les tendances de l'industrie,
- Élaborer des positions techniques communes et des recommandations à l'intention de ses membres,
- Soutenir les processus visant à établir des normes et spécifications non commerciales, notamment en fournissant ses propres intrants et services dans la mesure prévue par la loi applicable,
- développer des activités et des projets d'innovation et d'optimisation de la gestion ferroviaire à différents niveaux organisationnels,
- faciliter la participation à diverses activités de l'UIC pour ses membres en difficulté financière et contribuer ainsi au développement durable à travers le monde via la création d'un fonds de solidarité. Le fonds est soutenu par les membres conformément à la législation nationale applicable à chaque

L'UIC comprend des membres appartenant aux trois catégories suivantes

- Membres actifs
- Membres associés
- Membres affiliés

Les sociétés d'exploitation ferroviaire et / ou les sociétés d'infrastructure ferroviaire sont classées en membres actifs ou associés en fonction de la longueur des réseaux / opérations commerciales qu'on peut voir sur la figure 1.4

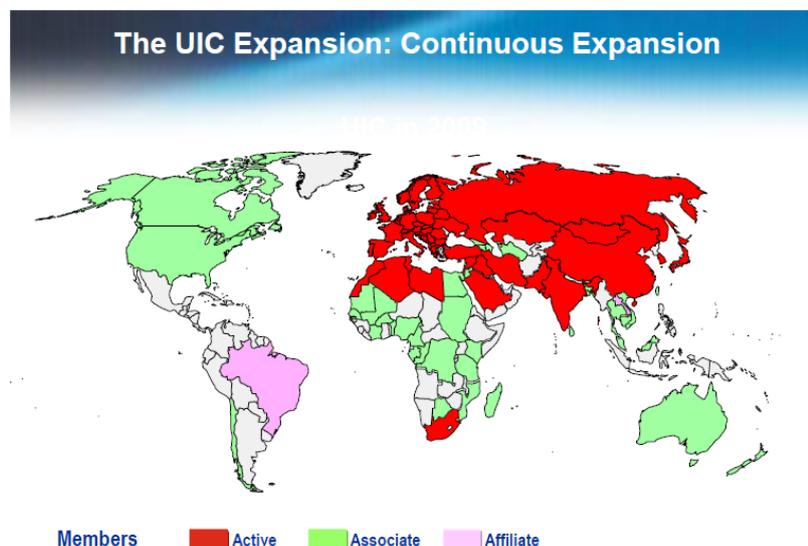


FIGURE 1.4. Les Pays Membres de l'UIC

1.7 Conclusion

Le secteur des transports joue un rôle primordial dans le processus de développement économique et social de l'Algérie. A cet effet, il occupe une place importante dans les politiques publiques. Cette importance se manifeste tant du point de vue de volume de financement accordé aux investissements dans le secteur. [6]

Chapitre 2

Accidentologie

2.1 Introduction

Un accident ferroviaire est un accident lié à la circulation sur un chemin de fer, ou bien parce qu'il l'affecte, ou bien parce qu'elle en est la cause. Ses illustrations les plus classiques sont le déraillement ou la collision, événements touchant directement le matériel roulant et les personnes qui l'occupent et provoquant des dommages souvent importants et graves

2.2 les risques

Il existe uniquement 5 risques ferroviaires, ces principaux risques ferroviaires sont identifier depuis longtemps et consistent, pour l'essentiel, en : [7]

2.2.1 Collisions

Les collisions entre circulations peuvent être de trois types qui sont également typique de la circulation automobile : le n rattrapage, le nez à nez et la prise par écharpe.

Le rattrapage ainsi que son nom indique survient lorsque une circulation en percute une autre par l'arrière. Lorsque la circulation est possible dans les deux sens sur une voie. L'évènement collision frontail ou nez à nez entre deux mobiles dit être prise en compte.

Enfin, la présence indispensable des appareils de voie permettant de créé plusieurs itinéraire induit des scénarios de collisions particulièrement graves par prise en écharpe, un train en percutant un autre de biais au niveau de l'appareil de voie

2.2.2 Le nez à nez

C'est le risque de collision de plein fouet de deux mouvements ferroviaires se déplaçant en sens inverse sur la même voie.

Il est le plus souvent dû à une erreur humaine (sauf sur les postes très anciens, ce risque est protégé par les installations de sécurité).

2.2.3 Le rattrapage

C'est le risque de collision de deux circulations se déplaçant dans le même sens sur la même partie de voie, un train percute un autre train qui se trouve devant lui (ce risque est protégé par le principe de cantonnement)

2.2.4 La prise par écharpe

C'est la rencontre de trains qui circulent avec des itinéraires convergents, on peut citer l'exemple d'un train qui s'engage sur une voie sur laquelle circule déjà un autre train allant dans le même sens. (Sauf sur les postes très enclavés, ce risque est protégé par les installations de sécurité).

2.2.5 Déraillement

Les scénarios de déraillements peuvent être causés par la sur-vitesse ou une défaillance technique du guidage (roue, essieux, rail et aiguillages).

La sur-vitesse comme scénario envisageable de déraillement, notamment dans les courbes, relève du dépassement de seuil maximal d'effort sur l'infrastructure. Le train quitte alors l'espace à une dimension imposée par le guidage. Le niveau de gravité du déraillement est généralement lié à la collision avec des éléments d'infrastructure ou un véhicule sur la voie opposée, ainsi que la tenue ou non de l'alignement du train en dehors de son espace de guidage.

Les défaillances techniques contribuant aux scénarios de déraillement sont triées par composant :

- La voie : rail cassé, écrasement de la voie, etc. ;
- Le matériel roulant : rupture d'essieu, casse sur organe de roulement, freins, etc. ;
- L'exploitation : mauvaise utilisation des installations, problème de manœuvre, erreur de composition des trains, mauvais chargement etc. ;
- Obstacles sur la voie : les obstacles entravant la voie peuvent être d'origine interne au système ferroviaire dans le cas de poste de marchandises ou d'engagement de gabarit ou d'origine externe notamment sur passage à niveau, chute de rochers, passage d'animaux divaguant etc. ;
- Le déraillement lié aux mouvements des appareils de voies. Ce dernier mérite une attention particulière, en effet deux situations peuvent se produire en fonction de la position et de l'immobilité de l'aiguille. Lorsque la lame directionnelle d'une aiguille ne colle pas au rail, l'essieu enfourche l'appareil de voie et sort de la voie en s'immobilisant entre les deux voies, c'est le déraillement par enfourchement. Lorsqu'une aiguille bascule avant que le train n'ait totalement dégagé l'appareil de voie, les premiers bogies prennent une direction et les derniers suivent l'autre direction, c'est un déraillement par bi-voie. L'immobilité absolue et le bon positionnement d'un appareil de voie et des lames d'aiguille lors du passage d'un train sont deux conditions fondamentales.

2.3 Dérives

Il peut s'agir d'un ou plusieurs véhicules (voiture, wagon) qui se met en marche suite à une immobilisation défaillante, notamment en présence d'une pente importante. Des procédures de sécurité strictes permettent de limiter au maximum les risques encourus (prise en écharpe, rattrapage...) La sécurité des biens et des personnes concerne les événements pouvant causer

des dommages sur les biens ou les personnes. Elle peut être engagée dans les cas suivants

- Événements liés à la sécurité de circulation
- Chute depuis le train ou à l'intérieur du train ;
- Sécurité dans les gares et dans les trains (sécurité publique, agressions, attentas) ;
- Asphyxie, brûlures, (incendie, etc.) ;
- Transport de matières dangereuses (danger chimique, explosion, etc.)
- Électrocution (spécifique de la traction électrique) ;

Ajouter à cela d'autres défaillances qui peuvent être à l'origine des incidents tel que :

1. Rupture d'essieu

Cette défaillance peut être une source de déraillement très grave. Les essieux contrôlés régulièrement dans le cadre de l'entretien préventif.

— Boite chaudes

Des détecteurs de boites chaudes les boites de roulements ou l'essieu est pris et qui se mette à chauffer en cas de problème sont installés à intervalles régulières le long de la voie avec report de l'alarme au centre de supervision. Les essieux plus modernes seront équipés de détecteur incorporés.

2. Défaillance de freinage

En principe les défaillances de freinage ne peuvent conduire qu'à l'arrêt du train.

Conduite général

Anomalie d'étanchéité ou à fortiori la rupture de la conduite d'air serre le frein (la conduite général comme l'appellent les cheminots) entraîne la mise en action du freinage et donc l'arrêt de la rame

Le cas de l'accident de la gare de Lyon (qui avait fait 56 morts 1988) est lié à une défaillance de ce type provoquée par une action humain : le conducteur avait isolé la conduite générale dans le cadre d'un incident de circulation.

3. Rupture de rail

Ce type de défaillance conduit très rarement à un déraillement, sauf si la rupture est dans une partie très sensible d'un partie très sensible d'un appareil de voie (appelé aussi aiguillage).

Les rails sont vérifiés périodiquement par des voitures spécialement équipées (notamment avec des dispositifs à ultrason) et si besoin contrôlés visuellement. Si leur état le justifie ils sont remplacés.

4. Géométrie de la voie

Gauche :

Prenez les quatre pieds d'une chaise. Si l'un d'eux est scié de quelques centimètres On est déséquilibré en s'asseyant dessus. Imaginez maintenant que les deux pieds de gauche forment l'alignement d'un rail, les deux pieds de droite l'alignement de l'autre rail : le même déséquilibre est ressenti sur l'ensemble de la voie. Ce gauche conduit inévitable au déraillement Une autre erreur de géométrie qui pourrait conduire à un déraillement est l'écartement (sur écartement ou sous écartement). Dans la voie récente, c'est un phénomène inconnu. Dans les voies plus anciennes, si des remises en conformité ne sont pas faite en cas de détection d'un défaut, des réductions de

vitesse peuvent être mise en place. La géométrie de la voie, sous toutes ses formes, est régulièrement contrôlée. Suit à ces investigations les équipes locales entreprennent les travaux qui s'imposent.

5. Déformation de la voie

Les voies sont posées et stabilisées à des températures médianes qui dépendent des pays. En cas de très hautes températures, si les conditions de stabilité ne sont pas respectées (épaisseur du ballast, ancrage des traverses, serrage des attaches fixant le rail au travers...) la tendance du métal qui forme les rails à s'allonger n'est plus contrariée et la voie se déforme.

Ce phénomène n'est susceptible de se produire que lors des travaux qui déconsolident l'ensemble. Si elle n'est pas touchée une voie stabilisée n'a aucune raison de se déstabiliser. Les règles ferroviaires préconisent des interdictions de travaux en saison chaude, sauf à respecter des règles de ralentissement et de surveillance. C'est le risque majeur de déraillement qui semble bien être sous contrôle

6. Un défaut d'aiguillage

C'est le point ultra-sensible. La pointe de l'aiguillage est constituée de lames mobiles. Elles sont contrôlées par des dispositifs électroniques : selon leurs positions, le train ira dans une direction ou dans une autre. La position de cette pointe est affichée sur un tableau de contrôle optique. Elle est également verrouillée, c'est-à-dire qu'un dispositif mécanique très lourd vient bloquer la position des lames

Pointe et cœur : contrôle et verrouillage sont les étapes obligatoires avant qu'un train puisse franchir le signal qui protège l'aiguille. L'autre endroit critique est le cœur – autrement dit la zone de l'aiguillage au-delà de laquelle il n'y a plus une seule voie mais deux.

La défaillance d'une pièce mécanique ou la rupture d'un rail dans ces parties sensibles est catastrophique. Elle peut conduire, si elle se passe au passage du train, à expédier la partie arrière du train dans une direction différente de la partie avant.

7. Une signalisation erronée

En principe les installations de signalisation sont dites de sécurité, c'est-à-dire qu'une défaillance technique conduit à un mode de fonctionnement dégradé avec des vitesses de trains réduites allant toujours dans le sens de la sécurité des circulations, voir à l'arrêt total. De nouveau, c'est dans le cadre d'incident et d'intervention humaine, que les principaux risques peuvent apparaître.

2.4 la sécurité ferroviaire

La sécurité est un ensemble des règles et des procédures destinée à préserver l'intégrité des personnes (personnel, clients et tiers), du matériel, des installations et de l'environnement.

La gestion de la sécurité est une méthode et ensemble des documents et d'outils qui permettent d'atteindre les objectifs de sécurité prescrits.

Elle repose sur la maîtrise :

- Des missions assurées par les hommes ;
- Avec des équipements (IS, matériel, etc.) ;
- En appliquant des processus et des procédures ;
- Dans un environnement donné

➤ Les différents domaines de la sécurité ferroviaire

- Sécurité des circulations,
- Sécurité des voyageurs,
- Sécurité du personnel,
- Sécurité des biens,
- Sécurité des installations,
- Sécurité de l'environnement,

2.4.1 Triptyque du système de sécurité

Les règles de sécurité, les méthodes, les organisations qui existent aujourd'hui à la SNTF ne peuvent être compromises sans une description de leur champ d'application et des raisons qui les motivent, sans un éclairage des conditions d'évolution du réseau au plan technique comme à celui de la connaissance des facteurs humain.

La sécurité des circulations ferroviaires est assurée pour vu que soient réalisés :

- Le maintien des mobiles sur leur infrastructure de guidage
- L'absence de collision entre les circulations en mouvement et un obstacle ou une autre circulation

L'obtention de cette assurance met en jeu :

- Des équipements ;
- Des règles, des procédures, des organisations ;
- Des hommes.

[8]

2.4.2 Les règles et les procédures

Ces termes recouvrent des notions de nature très différente :

- Des règlements de caractère générale destinés à fixer des normes et à décrire des comportements (le règlement générale de sécurité RGS)
- Des modes d'emploi des équipements, des guides d'entretiens et de dépannage tel que ceux mis à disposition des conducteurs d'engin moteur ;
- Des ensembles de règle à observer, vérification à effectuer avant telle ou telle opération attitude à observer en cas de défaillance d'un équipement identifié (dérangement d'une aiguille...) mesures à respecter. [8]

L'ensemble des règles et des procédures existant à la SNTF pèse d'un poids considérable tant par son volume que psychologiquement dans les esprits, cet ensemble constitue la référence constante pour tous les acteurs de sécurité, il en est ainsi pour les textes généraux de

sécurité regroupés sous l'application règlement générale de sécurité RSG.

Cette réglementation comporte des prescriptions à caractère juridique, d'autre d'ordre seulement applicatif, d'autre en fin destinée à la formation initial du personnel.

Le règlement général de sécurité

Le RGS a pour objet de définir les dispositions générales relatives à la sécurité de l'exploitation des transports ferroviaire. Il existe :

>RGS TITRE 1

Ce document pour définir les principes de la signalisation ferroviaire ; Selon leur utilisation sont classées en plusieurs catégories :

- Signaux d'arrêt ou assimilés
- Signaux d'annonce ;
- Signaux de limitation de vitesse ;
- Signaux de détonation ;
- Signaux de manœuvre ;
- Signaux divers ;
- Signaux propre à la traction électrique ;

>RGS TITRE 2

Document a pour objet de définir les obligations relatives à l'espacement des trains, assure le cantonnement et maintien les distances nécessaire entre la queue d'un train qui le suite, (les différents type de cantonnement peuvent être classée en plusieurs catégorie), assure l'exploitation et la maintenance des installations d'espacement des trains dans le but d'assurer la circulation des trains.

>RGS TITRE 3

Ce document a pour objet de définir les règles générales concernant la composition et le freinage des trains. Leur vitesse limite et leur équipent en personnel composition des trains est un élément fondamental constitutif du système de sécurité de l'exploitation ferroviaire, aucun train ne peut être mis en circulation s'il ne répond pas à des conditions préalablement définies concernant sa composition

>RGS TITRE 4 et TITRE 5

- Le présent règlement est destiné à fixer les dispositions concernant
- La consistance et l'établissement des textes réglementaires et des documents de sécurité,
- La prise de connaissance des dispositions réglementaires de sécurité par les agents chargés de les appliquer
- La transmission du service de la sécurité entre agents,
- Les communications échangées par l'agent participant au service de la sécurité
- L'organisation du service de la circulation sur les lignes à double et à voie unique ;
- Les principes généraux concernant les lignes à double voie et à voie unique,
- Les principes généraux concernant les lignes télécommandées ;
- Les principes généraux concernant les lignes équipées du système ERTMS/ETCS ;

mesure d'ordre diverses il précise en outre : Le vocabulaire utilisé dans les textes réglementaires

➤RGS TITRE 6

Le service de manœuvre consiste à faire exécuter les opérations nécessaires pour la formation et la décomposition des trains de voyageurs et des trains de marchandises, le garage des trains des wagons, des fourgons ou des voitures sur les voies qui doivent les recevoir, l'adjonction aux trains de la voiture ou de wagons en partance ou le retrait des trains de véhicules à l'arrivée dans une gare, dans un faisceau de manœuvre, entre une gare et un dépôt ou une réserve et à l'intérieur d'un embranchement particulier.

➤RGS TITRE 7 Les dispositifs de protection utilisés ont pour but de donner aux agents d'accompagnements et notamment aux mécaniciens les informations concernant la présence d'obstacles inopinés sur la voie. Ces informations sont données :

- Soit au moyen d'une signalisation latérale (signalisation au sol).
- Soit par des signaux détonant et signaux d'arrêt à main.
- Soit par des signaux embarqués.

➤RGS TITRE 8

Le présent règlement est destiné à fixer les dispositions concernant :

- La circulation des trains de services ;
- La circulation des draisines ;
- Les travaux sur les installations ferroviaires ;

➤Instruction sur les passages à niveau

Ce document a pour objet de décliner certaines obligations légales relatives à la conception et à l'exploitation des passages à niveau par des prescriptions applicables au seul domaine ferroviaire. Des documents techniques, des notices, des documents opérationnels et des consignes doivent autant que nécessaire compléter le présent règlement.

➤RGS TITRE 10

Ce document a pour objet de définir les principes généraux applicables aux installations de sécurité.

➤Instruction sur la traction électrique

Ce document a pour objet de définir certaines obligations relatives à la conception des installations de traction électrique et de fixer les règles relatives à l'exploitation de telles installations sur les lignes ou sections de ligne qui en sont équipées. Ces règles sont déclinées ou complétées dans des documents techniques, des notices, des documents opérationnels et des consignes.

2.4.3 Les hommes

Ce qui vient d'être dit plus haut montre toute l'importance que revêt la place de l'homme dans le fonctionnement du système ferroviaire, c'est lui qui :

- Conçoit les équipements
- Les exploite, les surveille, les entretient
- Conçoit les règles et procédures sur le fond et les met en suite à la disposition des opérateurs sous une forme la mieux adaptée à leur besoin ;

- Identifier les situations et détermine pour chaque cas les mesures de sécurité à prendre pour commander et contrôler le fonctionnement du système.

Le respect de la consigne constitue élément déterminant pour la sécurité, les liens entre les équipements et la réglementation qui y est associée sont très forte, les équipements s'adaptent aux réglementations et le règlement suit les évolutions

Mais cela suppose qu'une grande attention soit portée sur la qualité de la liaison entre les hommes et les équipements, ainsi qu'à la compréhension de réglementation associée.

La plus part des opérateurs de sécurité peuvent à la cour de l'exercice de leur métier, ou lors de leur parcours professionnel, affronter des systèmes différents, à titre d'exemple l'opérateur de sécurité d'une petite gare d'une ligne équipée du BAL peut être amené à reprendre la commande d'un poste d'une ligne PIPC. On se réfère au triptyque ci-dessous « être humain/ équipement/ procédures » :

Définition des aptitudes du personnel nécessaire à l'accomplissement des tâches de sécurité, aptitude physique, compétence nécessaire, formation adaptée aux performances attendues.

Savoir faire des opérateurs en situation de travail (mise en œuvre des procédures...). Chaque acteur de sécurité doit bénéficier d'un suivi individuel de la part de son hiérarchie, ce suivi est conçu de façon exhaustive sur chacune des procédures que l'opérateur est susceptible de mettre en œuvre dans le cadre de l'exercice de ces fonctions.

Par contre les équipements comme il est indiquée au triptyque il s'agit de ce qui mis à la disposition des opérateurs pour assurer la sécurité, et principalement :

- Des installations de sécurité
- D'autres installations utilisées (ou devant être utilisées) pour la circulation
- Du matériel roulant, et des équipements de sécurité dont il est pourvu,
- D'équipement divers, petits matériels, nécessaires aux tâches de sécurité.

L'environnement de travail il ne dépend pas que de l'équipement, bien que des derniers puissent dans certains cas avoir une influence déterminante, en particulier en cas de dysfonctionnement.

Donc l'environnement dans lequel se déroule ces interactions constitue également un élément déterminant le système ferroviaire, pour ce là et pour faire circuler un train en toute sécurité, et pour mieux comprendre le déroulement des opérations il y a lieu de comprendre le règlement général de la sécurité, les tâches et les métiers des acteurs de sécurité, l'utilisation des outils et les moyens mis à disposition de l'opérateur .

Tâches et métiers

➤ **Mécanicien** agent chargé de la conduite d'un engin moteur sur une voie ferrée.

➤ **Chef de service** agent quels que soient son grade et ses autres fonctions, chargé de la direction de certaines opérations de sécurité désignées par les textes réglementaires

➤ **Aiguilleur**

agent quels que soient son grade et ses autres fonctions, chargé de la manœuvre des signaux ou l'appareil de voie.

➤ **Garde** agent, quels que soient son grade et ses autres fonctions chargées du cantonnement

➤ **Conducteur** agent chargé d'accompagner un train pour assurer diverses opérations concourant au service du train, la manœuvre des freins Terme général désignant à la fois le conducteur de queue et le chef de train

➤ **Chef de train** un conducteur est désigné chef de train :

- Lorsqu'il est seul dans un train
- Ou lorsqu'il a autorité sur un ou plusieurs conducteurs dans un train

➤ **Régulateur** agent chargé d'organiser et de contrôler la circulation des trains sur certaines lignes ou section de ligne dites régulées et désignée comme telle au L .M.Tr et d'exécuté ou de faire exécuter certaines opérations de sécurité

Graphique de circulation

dans le domaine ferroviaire, un graphique de circulation est un document espace-temps, qui traduit graphiquement, sous forme de vecteur, la marche de chacun des trains sur une section de ligne donnée. Il est établi sur support papier ou dans les situations modernes, sur support papier ou informatique sur ce graphique, l'axe des abscisses indique le temps représenté par la graduation des minutes, et l'axe des ordonnées liste les différents lieux de passage, généralement les gares ou d'autres points remarquables, qui constituent les points d'enregistrement de l'heure des passages d'une circulation à un point donnée. [9]

Le vecteur tracé sur ce système de coordonnées, à l'aide les différentes informations reçues de temps et de lieu permet de localiser et de suivre la marche d'un train et par suite de l'ensemble des circulations des sens pair et impair d'une ligne.

La vue globale de l'ensemble des circulations de la section de ligne donnée par le graphique réel et la comparaison avec le graphique de circulation théorique permettent d'assurer la gestion de la ligne la mission de gestion de l'ensemble des circulations d'une ligne ou d'un axe est confiée à un agent appelé régulateur dont le poste de travail se situe principalement dans les postes de commandement mais qui peut aussi se trouver dans une gare.

Le régulateur reçoit au moyen d'une liaison téléphonique spécialisée, de chacune des gares concernées, une information reprenant le numéro de la circulation, son heure de passage au droit du bâtiment voyageurs ou du poste d'aiguillage de la gare et l'écart par rapport à la marche théorique

A partir de cette indication graphique, le régulateur est mis à même de déduire, s'il y a respect ou non-respect de, il prend les mesures préventives qui s'imposent.

2.4.4 Les installation de sécurité

L'exploitation ferroviaire nécessite de disposer d'installation permettant notamment :

- De donner sur le terrain aux mécaniciens des ordres nécessaires à la conduite des trains
- D'aiguiller les circulations,
- De maîtriser les risques ferroviaires
- De contrôler l'état de certaines installations
- de limiter la vitesse à laquelle une partie de voie doit être parcourue

Les solutions adoptées pour répondre à ces impératifs peuvent mettre en œuvre des dispositifs ou des systèmes mécaniques, électriques, et informatiques complétés et régis par des prescriptions réglementaires. Ces dispositifs ou systèmes, sont appelés installation de sécurité.

Ces installations de sécurité sont réalisées selon les règles suivant :

- Dans la mesure du possible ; provoquer un état imposant l'arrêt des circulations en cas d'avarie à une installation de sécurité.
 - La circulation ne peut ensuite être reprise que lorsque des mesures palliatives ayant pour l'objectif d'assurer un bon niveau de sécurité ont été appliquées par les opérateurs
- Les installations de sécurité comprennent essentiellement :

1. Les dispositifs de signalisation et leurs organes de commande
2. Les appareils de voie (aiguilles, verrous, taquet) et leur organes de commande,
3. Les dispositifs de contrôles
4. Les enclenchements mécaniques (tables mécanique, serrures...)
5. Les enclenchements électriques ou informatiques
6. Les dispositifs de contrôle de vitesse
7. Les installations de block
8. Les détecteurs de toutes natures prévenant d'un danger
9. Les dispositifs d'annonce aux P.N
10. Les installations de PN gardés et à signalisation automatique lumineuse, les composants installés sur terrain (circuit de voie, pédales, compteurs d'essieux...)

Le rôle des installations de sécurité

Ces installations permettant de gérer les circulations ferroviaires à l'intérieur des gares et pleine ligne. Elles assurent :

- Les manœuvres en gare ;
- Les limitations de vitesses ;
- La protection dans les gares : convergence stationnement ;
- L'espacement de trains pour éviter les rattrapages ;
- La protection contre le « nez à nez » ;
- La traversée des voies par des routes (passage à niveau).

Les installations

1. Les dispositifs de la signalisation

La signalisation ferroviaire est un système d'information destiné à renseigner le conducteur d'une circulation ferroviaire lui donnant, sous forme de codes réalisés par des signaux de forme, combinaison, ou de couleur diverses, dont la signification est prédéfinie, disposés le long des voies ou en cabine, toute l'information qui lui est nécessaire afin de régler la marche de son convoi et rouler en toute sécurité. Les informations données par ce moyen peuvent concerner une limitation de vitesse à respecter, un arrêt non prévu à la marche à exécuter, l'information d'une direction géographique vers laquelle le convoi va s'engager, des prescriptions concernant la traction électrique, etc. La signalisation est un élément de base de sécurité ferroviaire

Les dispositifs de signalisation ont pour but de donner aux agents et notamment aux mécaniciens, les informations intéressant la sécurité des circulations [10]

Les dispositifs de signalisation utilisés peuvent consister à donner :

- Soit des informations ponctuelles au moyen d'une signalisation latérale
- Soit une information dans les postes de conduite (signalisation embarquée)

Implantation des signaux à demeure :

- Soit à gauche de la voie à laquelle ils s'adressent
- Soit au dessus de cette voie

Les conditions pour l'installation à droite sont précisées par les règlements d'application

Visibilité des signaux : les signaux doivent être visibles par tous les agents concernés de jour comme de nuit.

Annulation des signaux : les signaux qui ne sont pas en service sont annulés afin d'éviter toutes confusion par rapport aux indications qu'ils peuvent donner

➤ Signaux à main

Signal d'arrêt à main

En dehors des signaux implantés à demeure, il est fait usage de signaux à main pour arrêter Et /ou pour retenir les trains

Le signal d'arrêt à main est également utilisé pour

- La protection des travaux
- La protection des obstacles inopinés
- Assurer le bon déroulement d'une manœuvre



FIGURE 2.1. Signaux d'arrêt à main

➤ Signaux détonants

Pétard et détonateurs

Il est fait usage :

- Soit de pétard isolé

- Soit de pétard ou de détonateurs employer pour appuyer, en position de fermeture certaine signaux d'arrêt



FIGURE 2.2. Un pétard

2. Appareil de voie

Un appareil de voie est un dispositif permettant d'assurer la continuité de la voie pour un itinéraire choisi parmi divers itinéraires divergente ou sécants Le terme « appareil de voie » [11]



FIGURE 2.3. Appareil de voie

les aiguilles : un aiguillage un appareil de voie servant à faire changer de voie un train, cet appareil appelé aiguille par le personnel. Plus généralement, l'aiguillage est le fait d'aiguiller un train c'est-à-dire lui attribuer une direction.

Les dérailleurs : à l'apparence d'un demi-aiguillage : déraillé un véhicule dans une direction imposée afin d'assurer la protection d'une voie continue ; crée la discontinuité d'une file de rail, dirigeant ainsi le véhicule vers son ensablement peut recevoir un dispositif de contrôle

Les taquets dérailleurs : provoque l'arrêt d'un véhicule qui l'aborde à 4km/h. son déraillement dans une direction imposée si cette vitesse est dépassée

Les traversées : permettant le cisaillement d'une voie par une autre (traversée oblique(TO))

Position des appareils de voie :

Les aiguilles situées sur voies principales doivent normalement être disposées pour assurer la continuité de la circulation sur cette voie.

Les aiguilles situées sur voies de service intervenant dans la protection des voies principales, doivent normalement être disposées pour assurer cette protection.

3. Dispositifs de contrôle

Les dispositifs de contrôle ont pour but de renseigner l'opérateur sur la position ou l'état des installations qui sont sous sa dépendance et, par suite, de guider son action aussi bien en fonctionnement normal qu'en cas de dérangement.

Les dispositifs de contrôles sont constitués :

- Soit par des voyants présentés ou effacés
- Soit par des voyants lumineux allumés ou éteints
- Soit par sonneries
- Soit sur un écran par des affichages.

L'indication contrôlée est celle qui correspond à la présentation du voyant, à l'allumage de la lampe du voyant lumineux, au tintement de la sonnerie ou à la présentation de l'inscription. Lorsqu'une installation de sécurité est munie d'un dispositif de contrôle,

l'opérateur doit observer le dispositif de contrôle à chaque commande de l'installation et s'assurer que celle-ci a bien obéi.

4. Les enclenchements

Les enclenchements sont de liaisons mécaniques, électriques ou informatiques établies entre différentes installations de manière à empêcher que ces appareils n'occupent, les uns par rapport aux autres, des positions contraires à la sécurité,

Les enclenchements peuvent être réalisés :

- Entre installations de sécurité (par exemple entre deux signaux entre deux appareils voie ou entre un signal et un appareil de voie)
- Entre une installation de sécurité et une condition quelconque (par exemple entre un signal et l'occupation d'une partie de voie ou entre un appareil de voie et l'occupation d'une partie de voie.)

Les enclenchements peuvent par ailleurs, empêcher la manœuvre d'une installation de sécurité, soit indirectement en immobilisant l'organe de commande de manœuvre correspondant, soit directement en coupant un circuit électrique ou informatique de commande d l'installation.

Ils interdisent la manœuvre des signaux et des appareils de voie dans des conditions incompatibles avec la sécurité des circulations.

Tous les enclenchements d'un poste d'un poste doivent être décrits dans la consigne de poste. Sur les lignes non équipées de signalisation au sol, les enclenchements peuvent être réalisés en tenant compte de la signalisation embarquée.

5. Les dispositifs de contrôle de vitesse

Ce dispositif réalise un contrôle automatique de la vitesse des trains, et provoque, si la vitesse atteint une valeur telle qu'elle ne peut être maintenue sans danger :

- Une alerte au mécanicien,
- Le déclenchement d'un freinage d'urgence jusqu'à l'arrêt du train si le mécanicien ne ramène pas la vitesse du train au taux convenable

6. Les installations de block

Les circulations ferroviaires nécessitent de grandes distances pour s'arrêter. Dans la majorité des cas, les distances de visibilité sont plus courtes que les distances d'arrêt. Il est donc nécessaire de prendre des dispositions spéciales pour éviter le rattrapage en assurant un espacement entre les circulations de même sens sur une même voie

Le moyen d'espacement utilisé est l'espacement par la distance qui consiste à présenter aux circulations des signaux implantés de façon à ce qu'il y ait toujours entre la queue d'une circulation et la tête de la circulation qui la suit une distance donnant la possibilité à la circulation qui suit d'éviter le rattrapage.

7. Détecteurs prévenant d'un danger

Les détecteurs prévenant d'un danger permettant d'obtenir l'arrêt ou le ralentissement des circulations avant la zone critique en cas d'obstruction probable de la voie en détectant automatiquement des obstructions possibles de la ou les voies, ou certains dangers, à la suite notamment

- De chutes de roches
- D'éboulement dans les tunnels
- De boîtes chaudes

8. Les installations de passage à niveau

Les dispositifs d'annonce aux passages à niveau gardé ont pour but d'annoncer les circulations ferroviaires aux gardes afin que ces derniers puissent fermer les barrières en temps utile

Le passage à niveau à Signalisation Automatique Lumineuse (P.N à S.A.L) a pour but d'annoncer automatiquement l'approche des circulations aux usagers de la route. On distingue deux catégories de PN :

- Les PN non gardés : sécurité assurée par pancartes de signalisation routière ;
- Les PN gardée équipés de barrière et d'avertisseur sonores de déclenchés automatiquement 70 seconde avant le passage de la circulation

9. Les Postes d'aiguillage : Principe d'exploitation des postes L'aiguilleur chargé de l'exploitation doit avoir connaissance de tous les faits intéressant la circulation et qui sont nécessaires pour l'exécution de service Les renseignements à porter à la connaissance de l'aiguilleur concernent essentiellement :

- Les mises en marche des trains
- Les modifications de l'ordre normal de circulation des trains
- Les modifications aux voies de réception des trains
- En cas de besoin, des conditions d'occupation des voies de la gare

Les types de poste d'aiguillages :

➤ Postes d'aiguillage mécanique :

Dans les gares équipées de ce type de poste le mouvement de tirage et de formation sont fréquents [12]

- Le regroupement des leviers de commande des aiguilles et des signaux dans le même poste située généralement en tête de faisceau ;
- La commande des aiguilles se fait par transmission mécanique rigide de partir du poste

- La commande des signaux se fait par action des leviers de commande
- Les leviers des aiguilles et des signaux sont associés à une table d'enclenchements mécanique permettant la réalisation des enclenchements assurant la sécurité



FIGURE 2.4. poste d'aiguillage mécanique

➤ **postes d'aiguillage électrique** Dans les gares à trafic très dense, la manœuvre individuelle des aiguilles et des signaux par levier (cas de poste mécanique) devient fastidieuse ce qui nécessite le recours au POSTE tout RELAIS à transit SOUPLE PRS ce poste permet [13] :

- La commande d'itinéraire par simple action sur un bouton
- La commande électrique des aiguilles et des signaux
- Assurer électriquement les enclenchements nécessaires moyennant une logique câblée a relais
- Une souplesse d'exploitation

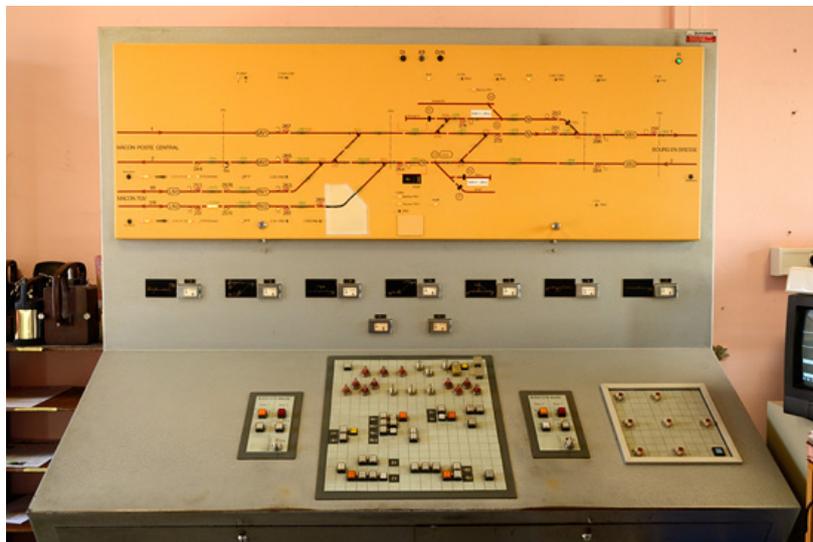


FIGURE 2.5. post d'aiguillage électrique

Pour assurer la sécurité des circulations en plein ligne contre le rattrapage et le nez à nez il fait l'usage de l'un des systèmes suivant :

- Cantonnement téléphonique
- Block manuel
- Block automatique à permissivité restreinte (BAPR)
- Block automatique lumineux

➤ **Le block automatique lumineux** : est utilisé sur les lignes principales ce système est automatique et permet un débit maximal sur une ligne, d'autre part il autorise également un espacement réduit des circulations puisque le franchissement des signaux d'espacement fermés en marche à vue est autorisé (c'est un système permissif). C'est le système le plus souple pour régler les circulations, mais c'est aussi le plus onéreux (installation de nombreux signaux et poste de commande complexes).

C'est un système de signalisation automatique utilisé pour assurer l'espacement des circulations circulent sur une même voie. Il fait appel à des signaux lumineux placés à l'entrée de chaque canton et à des circuits de voie permettant d'en changer l'aspect en fonction de l'avancement des trains.

Le Block Automatique Lumineux BAL est utilisé sur les lignes ou sections de ligne à trafic intense ou la nécessité est apparue de réduire le plus possible l'espacement des circulations.

Les signaux sont constitués de panneaux (cibles) à fond noir et liseré blanc portant plusieurs feux. Les principales indications rencontrées en BAL sont les suivantes :

- Un feu vert : une voie libre le mécanicien est autorisé à circuler en marche normal, si rein ne s'y oppose.
- Un feu jaune : avertissement le mécanicien doit être en mesure de s'arrêter au prochain signale d'arrêt ou heurtoir
- Un feu rouge : sémaphore le mécanicien doit s'arrêter avant le signal.

10. Poste de commande centralise PCC

Sur certaines lignes ou section de lignes, les gares et poste sont commandées à partir d'un PCC, ou poste central. Ces lignes ou section de lignes sont dites lignes télécommandées.

Elles sont composé de

- gare d'entrée : il s'agit des gares extrêmes des lignes et des sections de lignes ;
- poste périphériques : il s'agit des poste ou gares télécommandées à partir de PPC les lignes ou sections de lignes télécommandées et les postes à commande centralisée sont indiquées au livret de la marche des trains

2.5 Conclusion

On conclue que malgré la présence de système de sécurité efficace, le système ferroviaire rencontre toujours des risques et des incidents en cas de rupture d'un élément qui constitue le système de sécurité

Chapitre 3

Les méthodes d'analyse des risques

3.1 Introduction

L'analyse et l'évaluation des risques font partie du processus global de gestion des risques qui apparaît à la figure plus bas, tirée de la norme ISO 31000 :2009 La démarche d'appréciation des risques est composée de trois parties à exécuter de manière itérative :

1. L'identification des risques ;
2. L'analyse des risques ;
3. L'évaluation des risques

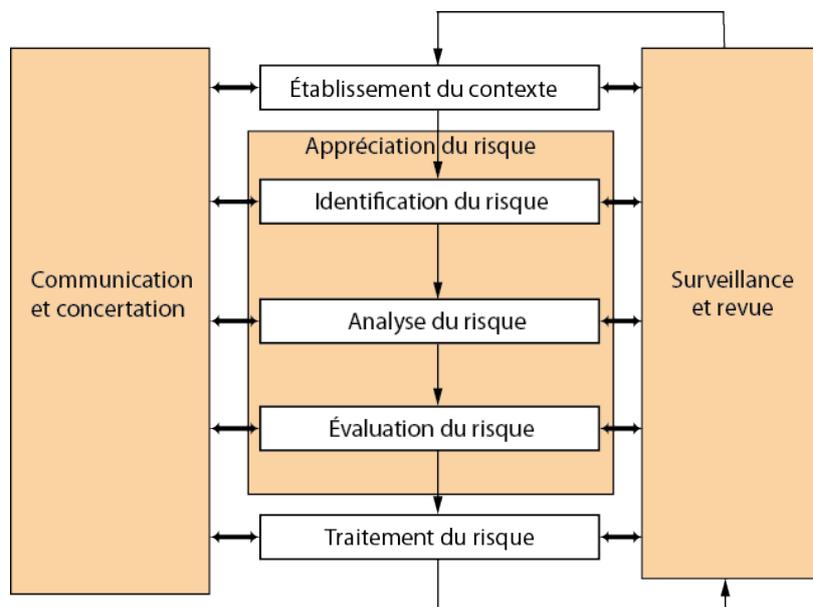


FIGURE 3.1. l'appréciation des risques

3.2 Processus d'analyse de risque

Pour améliorer l'efficacité et l'objectivité d'une analyse de risques, il est souhaitable de suivre un certain nombre de règles générales. Il est également souhaitable d'effectuer le processus d'analyse de risque conformément à une séquence définie d'étapes telle que schématisée à la figure.

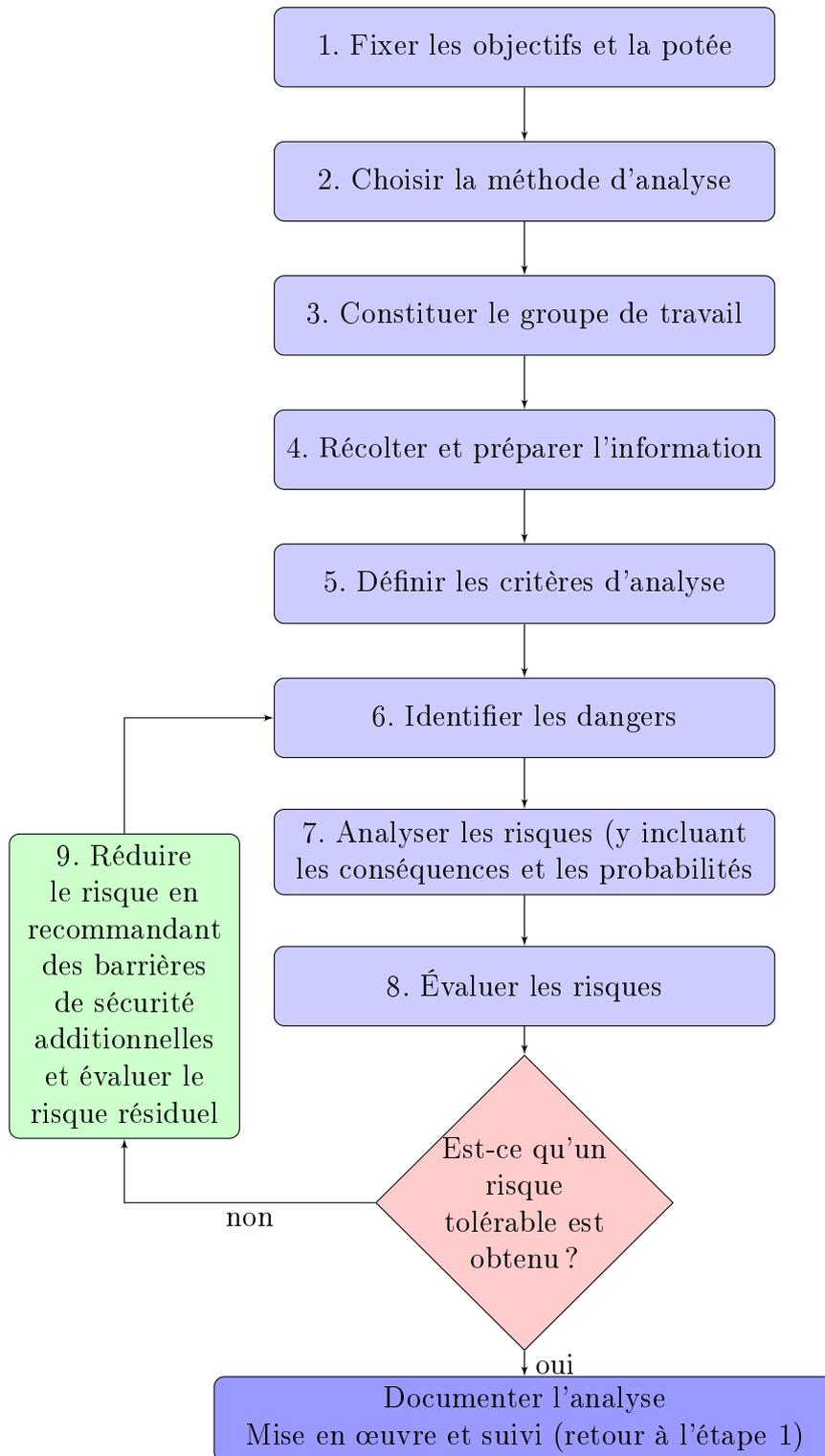


FIGURE 3.2. Processus d'analyse de risque

3.3 les différents classements des méthodes d'analyse de risques

Il existe différents classements des méthodes d'analyse de risques, nous retiendrons ici trois de ces classements :

- méthodes qualitatives ou quantitatives,
- méthodes inductives ou déductives,
- méthodes statiques ou dynamiques.

3.3.1 Distinction entre méthodes qualitatives et quantitatives

Une analyse quantitative consiste à caractériser numériquement le système à analyser, en déterminant par exemple le taux de défaillance, la probabilité d'occurrence d'une défaillance, les coûts des conséquences, ...

Contrairement à une analyse quantitative, une analyse qualitative ne consiste pas à quantifier mais à donner une appréciation. On cherchera à déterminer avec une analyse qualitative quelles occurrences sont possibles ; par exemple une défaillance pourra avoir une probabilité d'occurrence très faible, faible, moyenne ou forte

A l'heure actuelle, le raisonnement qualitatif permet de combler certaines insuffisances des méthodes numériques dans des domaines où les connaissances sont peu formalisées ou difficilement quantifiables. Par contre, la substitution du qualitatif au numérique n'est pas souhaitable, la communauté du raisonnement qualitatif conçoit clairement son apport en complément et non en opposition aux méthodes quantitatives.

3.3.2 Distinction entre méthodes inductives et déductives

Définition :

Les méthodes inductives de diagnostic correspondent à une approche "montante" où l'on identifie toutes les combinaisons d'événements élémentaires possibles qui peuvent entraîner la réalisation d'un événement unique indésirable : la défaillance.

3.3.3 Distinction entre méthodes statiques et dynamiques

Définition :

Une méthode dynamique permet de prendre en compte l'évolution de la configuration des composants du système au cours du temps, alors qu'une méthode statique étudie un système à différents instants de son cycle de vie, c'est-à-dire pour différents états possibles, sans pour autant s'intéresser aux transitions entre ces états.

Démarches / Méthodes	Inductives /Déductives	Quantitatives /Qualitatives	Phase clefs
Retour d'expérience REX	Déductive	Quantitative	Alimenter sa connaissance du système à la réalité
Analyse préliminaire de risque APR	Inductive	Qualitative	Repérer à priori les risques à étudier
Analyse des modes de défaillances et leurs effets AMDE	Inductive	Qualitative	Recense les conséquences des défaillances
Analyse des modes de défaillances et leurs effets et de leur criticité	Inductive	Qualitative	Évaluer les conséquences des défaillances
Arbre des causes ADC	Déductive	Qualitative	Organiser les éléments ayant contribué à un accident
Arbre d'événement ADE	Inductive	Quantitative	Évaluer les conséquences possibles d'un événement
Arbre de défaillances AdD	Déductive	Quantitative	Évaluer les scénarios d'un accident potentiel
Graphe d'état GdE	Inductive	Quantitative	Évaluer les états possibles d'un système réparable

TABLE 3.1. Principales démarches et méthodes d'analyse des risques

3.4 méthode Arbre de causes

En cas d'incident/accident : Difficile de garder suffisamment de sang-froid pour analyser les causes objectives d'un Incident/accident.

L'incident/accident souvent considéré comme le résultat d'un concours de circonstances malheureux : c'est la faute à... ça aurait pu être pire, quelle malchance... inhibant toute analyse ultérieure.

La méthode de "l'Arbre des Causes" vise à se situer au-delà des polémiques et des opinions, elle offre un moyen d'analyses fines des circonstances ayant conduit à un incident/accident, elle permet de transformer les causes d'un incident/accident en faits prévisibles et elle permet de dégager des axes de y prévention. [14]

3.4.1 La nécessité d'un outil d'analyse des incidents et accidents

La méthode vise à pallier les difficultés que rencontrent les partenaires à la suite d'un incident/accident :

- Dépassionner le débat pour rechercher les causes objectives et profondes de l'incident/accident,
- Agir vite pour qu'il ne se reproduise pas,
- Tirer les enseignements nécessaires pour prévenir le risque en d'autres lieux, ou autres circonstances.

Seule une méthode d'analyse formalisée de type " Arbre Des Causes " permet de I définir des mesures efficaces et durables de prévention. La méthode est d'accès aisé et peut être mise en pratique par n'importe quelle personne.

3.4.2 Les objectifs

Sensibilisation des gens du terrain à tous les niveaux, pour traiter directement les problèmes de sécurité à l'échelon concerné dans le souci de la plus grande efficacité.

Ouvrir le dialogue entre toutes les personnes concernées : victimes, témoins, encadrement, responsable, etc.

Description objective de l'incident/accident, en se limitant à la recherche des faits en excluant les jugements et les prises de position subjectives.

Effets secondaires bénéfiques tels que :

- Déceler des risques nouveaux
- Connaître des risques inédits

3.4.3 La méthode

L'analyse de l'incident/accident relève d'un travail collectif consistant à :

- Recueillir les faits et uniquement les faits identifiés
- Construire l'Arbre Des Causes ;
- Rechercher les mesures correctives adaptées ;
- Vérifier leur application.

A.Le recueil des faits

Recueil méthodique, ne pas retenir de faits ou de situations non vérifiés ou inexplicables :

- Description des lieux, noter les situations à risque : Encombrement, Accès, Actions ou opérations dangereuses ;
- Qui sont la/les victimes ? ;
- Quelle était l'organisation de la sortie ?
- Quelle a été la chronologie des opérations (ou des actions) ayant précédé l'accident ? ;
- Que s'est-il passé après l'accident ? ;
- Quels sont les faits ou les circonstances inhabituels, survenus avant et /ou au moment de l'accident ? ;
- De quelles informations disposait la victime ? : Procédures, Mode opératoire, Consignes de sécurité, Savoir-faire, Signalisation ;
- Quelle formation à l'activité, la/les victimes ou membres du groupe avaient-ils ?
- Le matériel utilisé était-il conforme aux règles et normes de sécurité ? ;
- Les protections individuelles : étaient-elles obligatoires ?, étaient-elles disponibles ?, étaient-elles en adéquations avec les risques ?

B.La construction de l'arbre

Lister tous les faits recueillis lors de la récolte des informations, [14] Résumer ces faits en

3 à 5 mots simples, en évitant soigneusement de regrouper deux faits dans une même suite de mots L'arbre de cause c'est une représentation de l'évènement

- sous forme graphique
- fiable
- claire
- qui indique les liaisons logiques entre les différents faits

L'arbre des causes : Ensemble des faits antécédents ayant engendré l'accident, il se construit à partir du fait ultime de (histoire en posant pour chaque fait recueilli les questions suivantes :

- Par quel fait antécédent X, le fait Y a-t-il été directement provoqué ?,
- Le fait antécédent a-t-il été suffisant pour provoquer à lui seul Y ?,
- Y a-t-il eu d'autres faits antécédents X2, également nécessaires à provoquer Y ?
- La cohérence de l'arbre se contrôle en posant pour chaque liaison les questions : I Si X n'avait pas eu lieu, Y serait-il tout de même apparu ?,
- Pour que Y apparaisse, a-t-il fallu X et seulement X

>Remarque

- **Arbre linéaire** qui laisse à penser que l'événement à une cause unique, ce qui est rarement vrai.

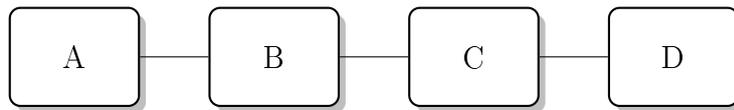


FIGURE 3.3. Arbre linéaire

- **Arbre à un seul niveau** qui laisse à penser que toutes les causes à l'origine de l'événement sont indépendante les unes des autres, ce qui n'est pas nécessairement vrai

C.Rechercher les mesures curatives et préventives

Cette étape consiste à exploiter l'arbre des causes afin de mettre en évidence les enchaînements ayant conduit à l'événement et d'en déduire toutes les mesures curatives et préventives possibles.

Une mesure curative est destinée à faire disparaître les conséquences d'un fait qui s'est produit.

Une mesure préventive est destinée à prévenir l'apparition d'un fait qui ne s'est pas encore produit, mais qui peut se produire si certaines conditions sont remplies.

Il est souhaitable que l'exploitation de l'arbre des cause soit effectuée par les personnes ayant participé à sa construction avec la participation éventuelle d'expert qui apporteront leurs conseil

La méthode de l'Arbre Des Causes est un moyen simple et efficace pour rechercher des Mesures de prévention à mettre en place à la suite d'un incident/accident.

Elle induit comme effet secondaire bénéfique l'implication de tous dans la recherche des risques potentiels.

C'est un outil pédagogique très efficace pour la formation et la sensibilisation à la sécurité.

C'est le principal outil des partenaires de la sécurité pour le développement et le prolongement d'une politique de prévention planifiée. [14]

3.5 Démarche de la méthode AMDEC

Dans le souci d'améliorer la qualité et la fiabilité des produits, des services, et des systèmes, un outil puissant de la qualité, l'AMDEC a été mise en point cette partie aura donc à représenter les principes généraux d'AMDEC. [15]

3.5.1 Définition

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, afin d'engager les actions correctives à apporter au dispositif.

3.5.2 Avantages

- Elle est utilisable pour beaucoup des secteurs,
- Elle permet une bonne maîtrise des risques car permettant de mener des actions préventifs,
- Elle permet aussi de mettre en commun des expériences des uns et des autres pour sortir les solutions les meilleures

3.5.3 Inconvénients

- Coûts souvent élevés en début d'application,
- Ne permet pas parfois de prendre en compte la combinaison de plusieurs défaillances,
- Parfois difficile à animer car regroupant des responsables des secteurs qui ont souvent du mal à respecter les séances de travail
- Nécessité d'un brainstorming

3.5.4 Objectifs d'AMDEC

Lors de la mise en œuvre et l'utilisation d'un système d'assurance de la fiabilité, L'AMDEC joue un rôle primordial.

Le caractère méthodologique permet de l'adapter à chaque système en modifiant ou approfondissant certains points en fonction du but à atteindre

L'AMDEC n'est pourtant qu'une étape de programme de fiabilisation et de maintenabilité qui requiert un ensemble de méthodes et de moyens complémentaires.

Analyse des conséquences d'une défaillance qui peut affecter un composant ou une production.

Mode d'apparition de la défaillance qui peut affecter un composant ou une production.

Défaillance : un moyen de détection ou de prévention.

Effets de la défaillance : étude du moyen de limiter les effets de défaillance.

Criticité : déterminer la gravité de cette défaillance et évaluer son impact sur le système et l'environnement.

3.5.5 Terminologie

Il est important de les connaître parfaitement afin de comprendre précisément le fonctionnement de l'AMDEC et d'en assurer la meilleure application possible.

Mode de défaillance

Un mode de défaillance est la manière par laquelle un dispositif peut venir à être défaillant, c'est-à-dire à ne plus remplir sa fonction, Le mode de défaillance est toujours relatif à la fonction du dispositif. Il exprime toujours en termes physiques. Exemple : blocage, grippage, rupture, fuite, etc

Défaillance

Une défaillance est la cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise, elle permettre complète ou partielle

Effet de la défaillance

L'effet d'une défaillance est, par définition, une conséquence subie par l'utilisateur. IL est associé au couple (mode cause de défaillance) et correspond à la perception finale de la défaillance par l'utilisateur.

Exemple : arrêt de production, détérioration d'équipement, pollution, etc.

Criticité

La criticité est une évaluation quantitative du risque constitué par le scénario (mode-cause- effet- détection) de défaillance analysé. La criticité est évaluée à partir de la combinaison de trois facteurs

- la fréquence d'apparition du couple mode cause.
- la gravité de l'effet.
- la possibilité d'utiliser les signes de détection.

Cause de défaillance

Est l'événement initial pouvant conduire à la défaillance d'un système par intermédiaire d'un mode de défaillance.

Plusieurs causes peuvent associés à un mode de défaillance et réciproquement ; exemples de cause (corrosion ; dérive ; capteur ; encrassement)

3.5.6 Types d'AMDEC

Il existe globalement trois types d'AMDEC suivant que le système analysé est :

- Le produit fabriqué par l'entreprise ;
- Le processus de fabrication du produit de l'entreprise ;
- Le moyen de production intervenant dans la production de produit de l'entreprise

AMDEC produit

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

Elle 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'action corrective sur la conception et préventive sur l'industrialisation.

AMDEC-processus

L'AMDEC-processus est utilisée pour étudier les défauts potentiels d'un produit nouveau ou non, engendrés par le processus de fabrication.

AMDEC Moyen de production

Elle permet de réaliser l'étude du moyen de production lors de sa conception ou pendant sa phase d'exploitation. Pour un moyen de production en cours d'exploitation, la réalisation d'une AMDEC permet l'analyse de la cause réelle de défaillance ayant pour conséquence l'altération de la performance du dispositif de production

Caractéristiques essentielles de l'AMDEC

L'AMDEC est une méthode inverse de celle mise en œuvre pour la conception, puisqu'elle est réalisée pour analyser comment un dispositif conçu peut être amené à ne pas fonctionner et quelles seront les conséquences de ses dysfonctionnements sur le dispositif de production, le produit fabriqué et la sécurité des personnes et des biens. L'AMDEC est une méthode

d'analyse inductive rigoureuse qui permet une recherche systématique :

- Des modes de défaillance d'un moyen de production.
- Des causes de défaillance générant les modes de défaillance.
- Des conséquences des défaillances sur le moyen de production.
- Des moyens de détection pour la prévention et / ou la correction des défaillances.

3.5.7 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 va permettre d'atteindre ces objectifs en traitant systématiquement les paramètres suivants :

Recensement et définition des fonctions

- du moyen de production.
- des sous-systèmes.
- des composants
- le recensement des modes de défaillance
- l'identification des causes de défaillance
- l'évaluation des risques
- la recherche des modes de détection

Hiérarchisation des défaillances avec la cotation de la criticité

Qui va permettre d'estimer, pour chaque défaillance, trois critères de définition :

- La fréquence d'apparition de la défaillance (indice F)
- La gravité des conséquences que la défaillance génère (indice G)
- La non détection de l'apparition de la défaillance, avant que cette dernière
- Ne produise les conséquences non désirées (indice D).

Indice de fréquence ou l'occurrence F

Elle donne la périodicité de l'apparition de la défaillance notée F ou O c'est-à-dire «Combien de fois la défaillance se manifeste t-elle?» cette donnée devrait être fournie par

l'historique des interventions sur l'équipement. L'indice de fréquence F est établi pour chaque association composant, mode, cause.

Valeur de F	Fréquence d'apparition de la défaillance
1	Défaillance pratiquement inexistante sur des installations similaires en exploitation, au plus un défaut sur la durée de vie de l'installation.
2	Défaillance rarement apparue sur du matériel similaire existant en exploitation (exemple un défaut par an).
3	Défaillance occasionnellement apparue sur du matériel similaire existant en exploitation (exemple un défaut par trimestre).
4	Défaillance fréquemment apparue sur composant connu ou sur du matériel similaire existant en exploitation (exemple un défaut par mois)

TABLE 3.2. Tableau de fréquence

Indice de graviter G

C'est l'impact que cette défaillance a sur la production, la satisfaction du client etc. Elle se note G.

C'est à ce stade que nous nous demanderons en fonction de l'étude et du type de l'AMDEC : « la qualité est-elle bonne ?, quelle est la production perdue ?, quelle est la durée de l'intervention ?, quelle sont les coûts direct et indirects engendrés par cette défaillance ? »

L'effet de la défaillance s'exprime en termes de durée d'arrêt.

Valeur de G	Gravité de la défaillance
1	Défaillance mineure : aucune dégradation notable du matériel (exemple $TI \leq 10min$).
2	Défaillance moyenne nécessitant une remise en état de courte durée (exemple $10min < TI \leq 30min$).
3	Défaillance majeure nécessitant une intervention de longue durée (exemple $30min < TI \leq 90min$).
4	Défaillance catastrophique très critique nécessitant une grande intervention (exemple $TI > 90min$).
5	Sécurité / Qualité : accident pouvant provoquer des problèmes de sécurité des personnes, lors du dysfonctionnement ou lors de l'intervention.

TABLE 3.3. Tableau de gravité

Indice de non détection D

C'est la capacité de déceler la défaillance noté D. La question que nous nous poserons sera « quelle est la protection mise en place pour détecter la défaillance ? » Signes avant-coureurs :

bruit, vibration, accélération, jeu anormal, échauffement, Visuel

L'indice de criticité C

Est calculé pour chaque défaillance, à partir de la combinaison des trois critères précédents, par la multiplication de leurs notes respectives :

$$C = F * G * D$$

Valeur de D	Non détection de la défaillance
1	Les dispositions prises assurent une détection totale de la cause initiale ou du mode de défaillance, permettant ainsi d'éviter l'effet le plus grave provoqué par la défaillance pendant la production.
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. La détection est exploitable.
3	La cause et/ou le mode de défaillance sont difficilement décelables ou les éléments de détection sont peu exploitables. la détection est faible .
4	Rien ne permet de détecter la défaillance avant que l'effet ne se produise : il s'agit du cas sans détection

TABLE 3.4. Tableau de non détection

Le calcul de la criticité faite par le produit des notes G.F.D montre si le seuil de criticité acceptable ou non. Permettant la hiérarchisation et la mise en place d'action corrective peut être définie comme suite :

- $C < 12$: Aucune modification maintenance corrective
- $12 < C < 24$: acceptable, remise en cause de l'étude et/ ou maintenance préventive systématique et pièce de rechange associés
- $C > 24$: Non acceptable, surveillance particulière, maintenance préventive conditionnelle et pièce de rechange associée

Remarque :

On note les éléments puis on les place dans un tableau

$C < 12$	
$12 < C < 24$	
$C > 24$	

TABLE 3.5. Tableau de criticité

Bien que simple, la méthode AMDEC s'accompagne d'une lourdeur et la réalisation exige un travail souvent important et fastidieux. Cependant l'AMDEC fournit une autre vision du système, des supports de réflexion, de décision, d'amélioration, et d'anticipation sur les défaillances intempestives.

3.6 les statistiques des incidents de la région d'Annaba

Compte tenu des constats réalisés à partir des statistiques de l'entreprise durant les années 2015 2016 et 2017 dans la région d'Annaba il apparaît ce qui suit

- Le déraillement est l'incident qui porte le plus grand nombre par rapport aux autres incidents
- La région d'Annaba souffre aussi des actes de malveillances
- Le nombre de déraillement est élevé en plein voie et dans les voies principales
- L'année 2016 a connu une évolution dans le nombre de déraillement
- L'année 2017 a connu le plus grand nombre de déraillement par rapport 2015 2016

De ce fait il apparaît clairement que le déraillement est le principal souci de la région

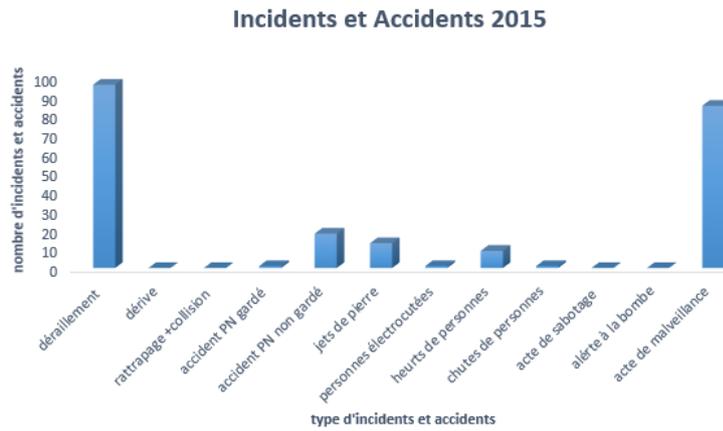


FIGURE 3.4. Incidents et Accidents en 2015

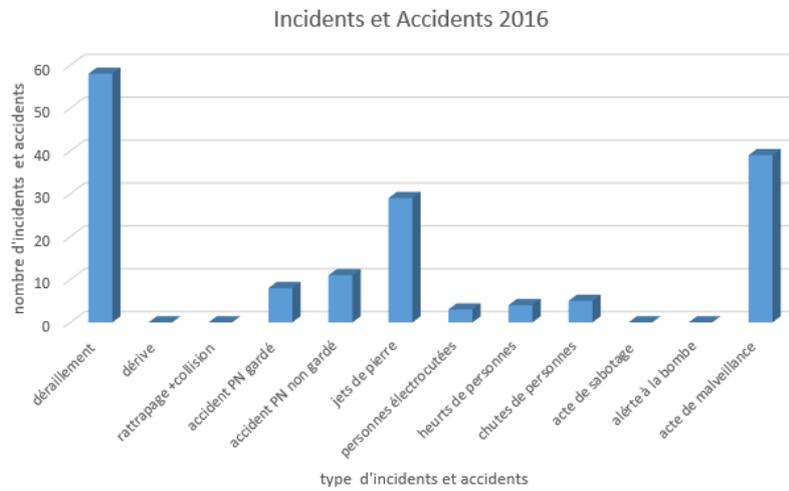


FIGURE 3.5. Incidents et Accidents en 2016

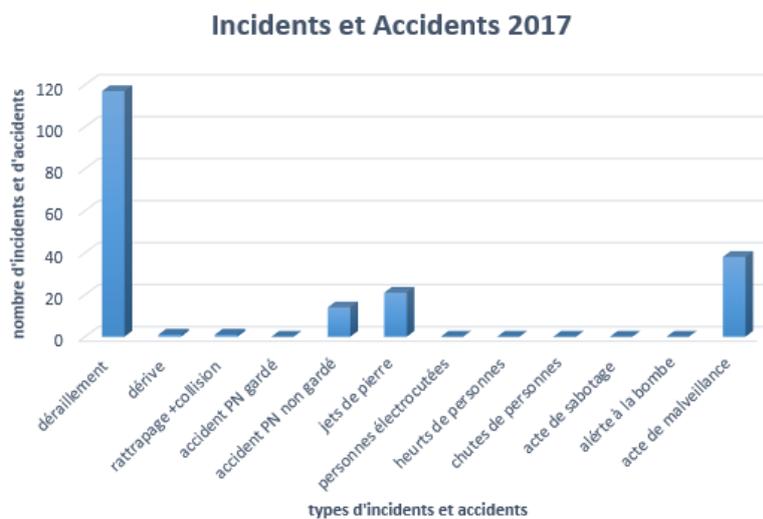


FIGURE 3.6. Incidents et Accidents en 2017

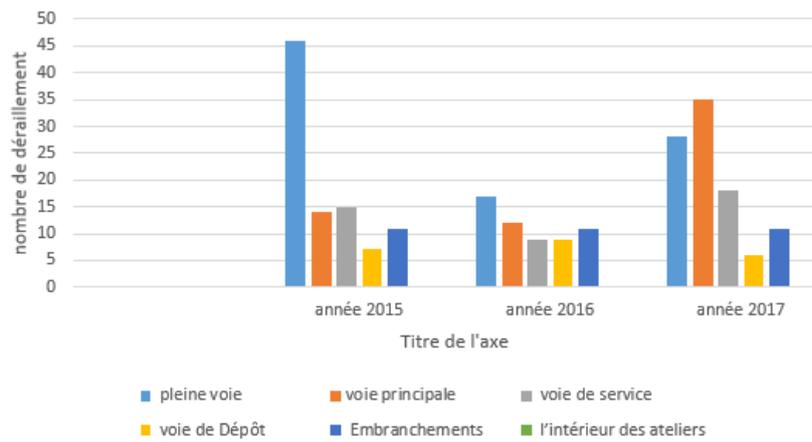


FIGURE 3.7. Nombre de déraillement dans les voies

le nombre de déraillement sur les voies principales et en pleine voie est les plus élevées, on remarque que y a une diminution du nombres dans l'année 2016 mais le nombres reste éléver, qui indique clairement que les erreurs humaine et le mauvais état des infrastructures sont les principales causes de déraillement

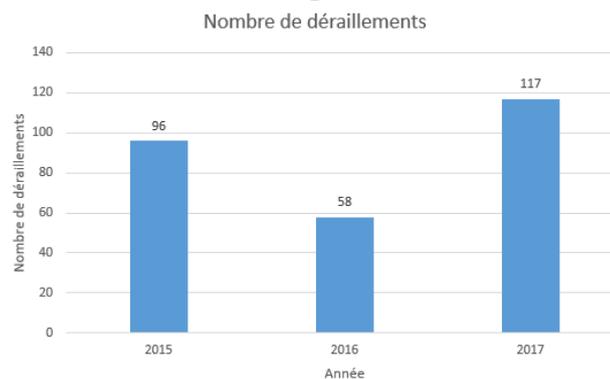


FIGURE 3.8. Nombre de déraillement

3.7 Application des méthodes AMDEC et AdC

3.7.1 Arbre de cuases de déraillement du train 3218

le 16/01/2017 a 4h heure 25 minutes dans PK 32/162 ligne Souk-Ahras/ELkouif, le train 3218 est composé de 25 wagons 1976 tonnes loco 060DG3 titulaire et 060DR13 pousse

Circonstance

Lors de la réception du train 3218 du 15/11/2017 en gare de M'Daourouche voie A, ce train a déraillé des wagons N°6625910-4, N°6625586-2, N°6625865-0, N°6625820-5, N°6625850-2, N°662536-1 et N°662684-5 classés respectivement du 16ème au 22ème, de tous les boggies au niveau du joint mécanique(éclisse) sis au PK 32/162 et a traîné sur une distance de 30 mètres environ.

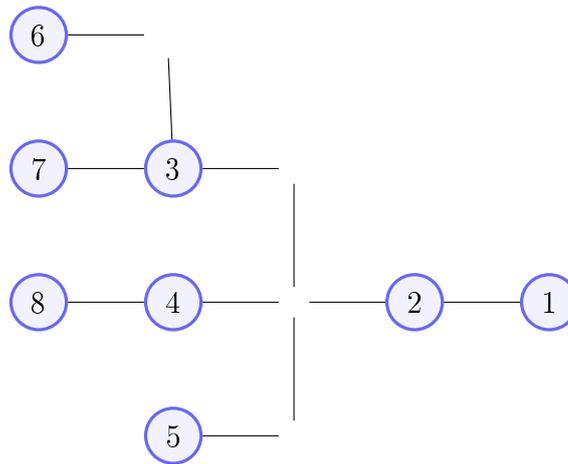


FIGURE 3.9. Arbre de causes

Liste des faits recueillis

1. déraillement de train 3218
2. déraillement des wagons N 6625910-4, N°6625586-2, N°6625865-0, N°6625820-5, N°6625850-2, N°662536-1 et N°662684-5
3. file de rail gauche dans le sens de la marche cassée
4. excès de vitesse : 24km par heure pour 20 km par heure (la zone de ralentissement n'a pas été entièrement dégagée par le train déraillé)
5. sur-écartement de l'essieu 7/8 du 3eme wagon déraillé (1363,30 mm) et de l'essieu 5/6 du 3eme wagon déraillé (1364,98 mm)
6. éclisse fixée par un seul boulon d'un seul coté
7. traces d'anciennes fissures
8. défaut d'enregistrement de vitesse de la loco 060D03

Conséquences

- pas d'accident de personnes ;
- dégâts énormes à la voie ;
- Légers dégâts sur les wagons déraillés ;
- suspension du trafic de 04h25 le 16/01/2017 jusqu'à 18h00 le 21/01/2017

Mesures curatives et préventives

Pour éviter les déraillements, les cheminots doivent contrôler la qualité des voies et du matériel roulant. et examiner l'alignement des rails pour dégager tout obstacle de la voie ferrée et vérifient la stabilité du sol

3.7.2 Application de la méthodes AMDEC

La mise en pratique de l'AMDEC a pour rôle de déterminer la gravité de défaillance et leur impact sur l'entourage d'un accident, même, de rechercher des solutions correctives de chaque défaut et des mesures de prévention efficaces.

A. Définition de bogie

Un bogie (ou boggie) est un chariot situé sous un véhicule ferroviaire, sur lequel sont fixés les essieux (et donc les roues). Il est mobile par rapport au châssis du véhicule (locomotive, wagon ou voiture) et destiné à s'orienter convenablement dans les courbes

Presque tous les véhicules ferroviaires de grande longueur sont actuellement équipés de bogies, lesquels peuvent en outre être moteurs lorsque leurs essieux sont couplés à un organe moteur. C'est le cas des locomotives SNTF, qui possèdent deux bogies moteurs, et plus récemment, Les bogies des wagons sont conçus d'un système de suspension fiable permettent de surbaisser la rame, ce qui améliore sa traînée dynamique, et d'augmenter considérablement la stabilité même en cas de déraillement

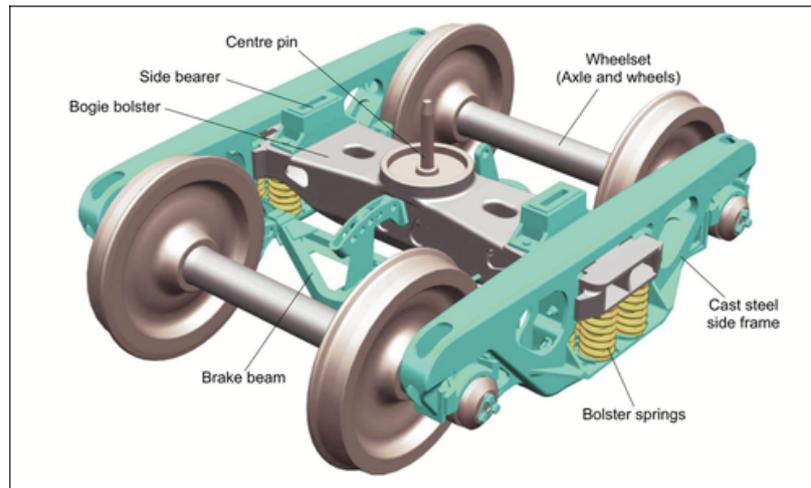


FIGURE 3.10. Composition de bogie

➤ L'essieu

désigne un ensemble composé de 2 roues ferroviaires et 2 axes indépendants reliés par un élément tiers en général le cadre d'un bogie ou d'un châssis de locomotive. Les 2 roues et les 2 axes sont indépendants, chaque roue étant solidaire avec un des 2 axes. La rigidité de l'ensemble est assurée par l'élément tiers (cadre de bogie par exemple) reliant les 2 éléments indépendants.

➤ Pivot central

Assure une souplesse dans la rotation de la caisse par rapport le bogie dans la courbe

B. Tableau AMDEC

Élément	Mode de défaillance	Causes	Effets	F	G	D	C	Protection de la défaillance	Mesure Préventive
Essieux	Sur-écartement	Patinage fortement excessif des roues contre le rail	- Déraillement, - Arrachement du métal de rail	4	5	3	60	Sablage	Opération de reprofilage pour éviter le décalage de l'essieu, après chaque 30000km visite dans les postes de formation
Pivot central	absence de la graisse	Négligence dans la visite de wagon avant le départ	- La souplesse n'est pas assurée - Boggie déraillant	3	5	2	30	Contrôle avant départ de train dans les postes de formation, fiche de conforté du train	Révision périodique et régulière de maintenance
Suspension	Cassure	Perte de raideur	- Déraillement	3	5	2	30	Contrôle avant départ de train	changement après chaque 50000km

TABLE 3.6. Tableau d'AMDEC

Il faut hiérarchiser les défaillances par leurs criticités $C=F*G*D$

C < 12	Aucune modification maintenance corrective
12 < C < 24	acceptable, remise en cause de l'étude et/ ou maintenance préventive systématique et pièce de rechange associés
C > 24	Non acceptable, surveillance particulière, maintenance préventive conditionnelle et pièce de rechange associée

TABLE 3.7. Tableau de criticité

3.8 Conclusion

Les méthodes AMDEC et Arbre de causes ont pour objectifs d'analyser les causes qui résultent des accidents ou des défaillances afin d'améliorer la sécurité et la fiabilité des systèmes, et de rechercher les mesures de prévention à mettre en place .

La prévention des risques est la seule astuce pour qu'un accident ne revienne pas une autre fois.

Conclusion générale

Le transport ferroviaire est un moyen mondialement utilisé dans le commerce et le transport des voyageurs, c'est dans ce contexte fort intéressant qui nous avons réalisé ce travail de mémoire pour étudier les dangers liés au transport ferroviaire

Dans le premier chapitre nous avons décrit les différents modes de transport en particulier nous avons focalisé sur le transport ferroviaire

Le deuxième chapitre a fait l'objet d'une description détaillée des différents risques ferroviaires collision, nez à nez, rattrapage toute en insistant particulièrement sur le déraillement et les installations de sécurité

Dans une première partie du chapitre trois, des généralités sur l'analyse des risques a été écrite. Deux méthodes AMDEC et l'arbre de causes ont fait l'objet d'une présentation détaillée dans une deuxième partie. La troisième partie a porté d'une part l'application de la méthode arbre de causes d'un déraillement, d'autre part la méthode AMDEC a été utilisée pour analyser les défaillances d'un bogie

Cette étude nous a permis de constater que les méthodes d'analyse des risques sont d'une importance capitale pour prévenir les accidents de manière efficace, à cet effet il est crucial que la SNTF prenne en compte les recommandations ci-dessous :

- Investir dans la modernisation des infrastructures (signalisation, rails, ...)
- Assurer un entretien continu du réseau ferroviaire
- Investir dans la maintenance d'approvisionnement continu de pièces de rechanges
- Assurer une formation permanente continue des agents de la SNTF

Nous pensons que ce travail de mémoire représente une bonne base pour une continuité future. Il serait très intéressant de compléter ce travail de recherche par une étude approfondie sur des facteurs d'usure de rails. La détermination de ces paramètres est essentielle afin de prévenir le risque de déraillement et de minimiser les coûts d'exploitation.

Nomenclature

BAL : Block Automatique lumineux

C.G.T : Compagnie Générale de Transport

CF : Chemin de Fer

CMA-CMG : Compagnie de transport de conteneur

EPIC : Entreprise Publique Industrielle et Commerciale

IS : Installation de Sécurité

PCC : Poste de commande centralisé

PN : Passage à Niveau

PRS : Poste à Relais Simple

RGS : Règlement Générale de la Sécurité

SNTF : Société Nationale de Transport Ferroviaire

UIC : Union Internationale du Chemin de Fer

Table des figures

1.1	Réseau ferroviaire national	21
1.2	Composition de la voie ferrée	23
1.3	Les caténaires	24
1.4	Les Pays Membres de l'UIC	26
2.1	Signaux d'arrêt à main	39
2.2	Un pétard	40
2.3	Appareil de voie	40
2.4	poste d'aiguillage mécanique	43
2.5	post d'aiguillage électrique	43
3.1	l'appréciation des risques	45
3.2	Processus d'analyse de risque	46
3.3	Arbre linéaire	50
3.4	Incidents et Accidents en 2015	56
3.5	Incidents et Accidents en 2016	56
3.6	Incidents et Accidents en 2017	56
3.7	Nombre de déraillement dans les voies	57
3.8	Nombre de déraillement	57
3.9	Arbre de causes	58
3.10	Composition de bogie	59

Liste des tableaux

3.1	Principales démarches et méthodes d'analyse des risques	48
3.2	Tableau de fréquence	54
3.3	Tableau de gravité	54
3.4	Tableau de non détection	55
3.5	Tableau de criticité	55
3.6	Tableau d'AMDEC	60
3.7	Tableau de criticité	61

Bibliographie

- [1] Marie-J. Ponterio. les moyens de transport, Consulté en mars 2018.
- [2] wikimedia fondation.Inc. le transport en algérie, Consulté en mai 2018.
- [3] wikimedia fondation.Inc. mode de trasport, consulté in march 2016.
- [4] kamel ben Amor. *le transport au maghreb*, novembre 2014.
- [5] wikimedia fondation.Inc. Société nationale des transports ferroviaires, consulté avril 2018.
- [6] *International Union of Railways*, consulté avril 2018.
- [7] olivier lascar. 7 raisons pour lesquelles un train eut déraillé, 13 juillet 2013.
- [8] M.S sadouni. *BLOC PEDAGOGIQUE : SECURITE*, consulté Avril 2018.
- [9] wikimedia fondation.Inc. Graphique de circulation, Avril 2018.
- [10] *document de poste hadjar este*, consulté Avril 2018.
- [11] *LES MATERIAUX DE VOIE FERREE SUR LIGNE GRANDE VITESSE*, 2010.
- [12] wikimedia fondation.Inc. Postes d'aiguillage mécanique, Juillet 2016.
- [13] wikimedia fondation.Inc. postes d'aiguillage électrique, Mai 2018.
- [14] *l'analyse de l'accident de travail la méthode de l'arbre de causes*, 2017.
- [15] *Prévention des risques professionnels Au sein de l'unité LAC*.