



**LICENCE SCIENCES ET TECHNIQUES
Génie Electrique**

RAPPORT DE FIN D'ETUDES

Intitulé :

**Etude technique de la signalisation
Ferroviaire : Circuit de Voies**

Réalisé par : Kella Nouhaila

Encadré par :

Pr H. GHENNIQUI (FST FES)

Mr M. BOUATAYA et Mr B. EZ-ZAOUMI (ONCF)

Soutenu le mercredi 06 juin 2018 devant le jury

Pr F. ERRAHIMI (FST FES)

Pr H. EL MOUSSAOUI (FST FES)

Pr H. GHENNIQUI (FST FES)



**UNIVERSITE SIDI MOHAMMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE**





Résumé

Dans le cadre de la réalisation de mon projet de fin d'étude, j'ai eu l'occasion d'effectuer le stage au sein de l'office nationale des chemins de fer de Fès, et plus précisément au service de maintenance et infrastructure.

Au cours de ce stage, qui a duré deux mois, J'ai pu enrichir ma formation professionnelle et mettre en pratique mes connaissances acquises lors de ma formation. Durant la période de mon stage, J'ai pu connaître l'importance des équipements installés à l'ONCF. Ces équipements nécessitent une maintenance rigoureuse, vue leur importance primordiale.

L'objectif de ce travail consiste à étudier les circuits de Voie qui permettent la circulation des trains en sécurité, ainsi que j'ai traité la problématique que rencontre les circuits de voie à la gare de Fès et nous avons pu aboutir à une solution pour résoudre cette problématique.



Dédicaces

Je dédie ce travail à :

- Ma famille et plus particulièrement, à mes chers parents, qui font l'impossible pour m'aider au niveau matériel et morale dans mon parcours de formation, avec leurs précieux conseils, ainsi que leurs encouragements continus.
C'est grâce à Dieu et à eux, que je vois le jour et la lumière, et à mon frère pour son encouragement et sa bonté.
- Mes amis pour leurs remarques, aides et encouragements ainsi que les moments forts agréables que nous avons passés ensemble.
- Mes professeurs qui ont déployé tous les efforts pour notre bonne formation.
- Mes collègues et mes encadrants de stage qui ont contribué à ma formation professionnelle tout en espérant élargir l'éventail de mes connaissances pour le bien de la société et du milieu qui m'entoure.



Remerciements

Après DIEU :

Je tiens à adresser mes vifs remerciements à tous ceux qui m'ont aidé à effectuer mon stage au sein du **DISTRICT 321 ST FES**.

Je tiens à remercier tout particulièrement **Monsieur MOHAMED RHROUDI**, Directeur Régional Infrastructure et Circulation à Meknès, de m'avoir acceptée comme stagiaire au sein de la société et mes encadrants **Mr. BOUATAYA Mouad** et **Mr EZ-ZAOUMI Boujama** dont la simplicité et la gentillesse ont été exemplaires, pour leurs conseils précieux ainsi pour leurs aide et leurs soutien. Je suis reconnaissante d'avoir sacrifié leurs temps précieux en vue de suivre l'évolution de mon travail.

Spécial remerciement au chef de l'unité de production: signalisation électrique **Mr. EL ADNANI**, Pour le temps qu'il a consacré et pour les précieuses informations qu'il m'a prodiguée avec intérêt et compréhension.

Mes remerciements vont à tout le personnel que j'ai contacté durant mon stage au sein de **L'ONCF**, auprès desquelles j'ai trouvé l'accueil chaleureux, l'aide et l'assistance dont j'ai besoin.

Ma profonde gratitude s'adresse également à tous les enseignants de **la FST Fès** et spécialement à mon Encadrant de stage **Pr. Hicham GHENNIQUI** pour son encadrement et ses précieux conseils pour réussir notre travail.

Enfin je remercie vivement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de cette étude.



Table des matières

INTRODUCTION	10
CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE L'ENVIRONNEMENT DU STAGE	11
1.1 PRESENTATION DU LIEU DU STAGE	11
1.1.1 HISTORIQUE DE L'ONCF	11
1.1.2 MISSIONS DE L'ONCF	12
1.1.3 ORGANIGRAMME DE L'ONCF	12
1.1.4 CENTRE DE FORMATION ET DE MAINTENANCE DES TRAINS DE LIGNE FES(CMFTLF).13	
1.1.5 MISSION DU DISTRICT 321ST	14
1.2 DESCRIPTION DU SUJET DE STAGE	14
1.2.1 INTITULE DU STAGE	14
1.2.2 OBJECTIFS DU STAGE	14
1.2.3 TACHES ET PLANNING	15
CHAPITRE 2: ALIMENTATION ET SIGNALISATION FERROVIAIRES	16
2.1 ALIMENTATION FERROVIAIRE	16
2.1.1 POURQUOI L'ALIMENTATION PERMANENTE ?	16
2.1.2 CIRCUIT DE FONCTIONNEMENT DE L'ASI	18
2.1.3 CIRCUIT GENERAL DE L'ALIMENTATION	19
2.2 SIGNALISATION FERROVIAIRE	19
2.2.1 DEFINITION DE LA SIGNALISATION FERROVIAIRE.....	19
2.2.2 FINALITES DE LA SIGNALISATION FERROVIAIRE	20
2.2.3 PRINCIPES DE BASE DE LA SIGNALISATION	21
2.2.4 SIGNALISATION LOCALE :	22
2.3 L'AIGUILLAGE	29
CHAPITRE 3: CIRCUITS DE VOIE	31
3.1 BUT DES CIRCUITS DE VOIE	31
3.2 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	31
3.3 DISPOSITIFS DE DETECTION DE PASSAGE DU TRAIN : PEDALES	32
3.4 COMPATIBILITE DES CIRCUITS DE VOIE AVEC LE CIRCUIT DE RETOUR DU COURANT DE TRACTION	33
3.5 PRINCIPE DU SHUNTAGE	37
3.6 CHOIX DU TYPE DE CIRCUIT DE VOIE A INSTALLER	37
CHAPITRE 4: PROBLEMATIQUE ET SOLUTION	39



4.1	DESCRIPTION DE LA PROBLEMATIQUE	39
4.2	DEFINITION DU CANTONNEMENT	39
4.2.1.	PROBLEMES DU CANTONNEMENT TELEPHONIQUE :	40
4.2.2.	PROBLEMES DU B.A.P.R :	41
4.3	SOLUTION : BLOCK AUTOMATIQUE LUMINEUX (BAL)	41
4.3.1.	FONCTIONNEMENT DU BAL :	41
4.4	CIRCUIT SIMPLIFIE DU BAL	43
	CONCLUSION	44
	BIBLIOGRAPHIE/ WEBOGRAPHIE	45



Table des figures

Figure 1 : Carte Ferroviaire de l'ONCF.....	11
Figure 2 : Organigramme fonctionnel de l'ONCF.....	12
Figure 3 : Batteries d'accumulateurs.....	16
Figure 4 : Schéma d'Alimentation Permanente.....	17
Figure 5 : Fonctionnement de l'ASI.....	18
Figure 6 : Circuit général de l'alimentation.....	19
Figure 7 : Principe de base de l'allumage des feux de signalisation lumineux.....	21
Figure 8 : Tableau explicatif sur les différents signaux et leurs représentations.....	26
Figure 9 : Signal d'indicateur de direction.....	27
Figure 10 : Hiérarchie des signaux.....	28
Figure 11 : Aiguille.....	29
Figure 12 : Différents composants de l'aiguille.....	30
Figure 13 : Schéma de commande d'aiguille par zone.....	30
Figure 14 : fonctionnement des Circuits de voie.....	31
Figure 15 : Circuit de la Fermeture Automatique par pédale.....	33
Figure 16 : Fonctionnement du CdV Monorail.....	34
Figure 17 : Fonctionnement du CdV Birail.....	35
Figure 18 : CdV Birail par connexions inductives.....	36
Figure 19 : CdV avec JES.....	36
Figure 20 : Divisions de voie par cantons.....	40
Figure 21 : Mode de fonctionnement du BAL.....	43



Liste d'abréviations

- **ASI** : Alimentation Sans Interruption
- **BAL** : Block Automatique Lumineux
- **BAPR** : Block Automatique à Permissivité Restreinte
- **CA** : Courant Alternatif
- **CC** : Courant Continu
- **CdV** : Circuit De Voie
- **DRIC** : Direction Régional Infrastructure et Circulation
- **F.E.M** : Force Electromotrice
- **ITE** : Impulsion de Tension Elevée
- **JES** : Joint Electrique de Séparation
- **LGV** : Ligne à Grande Vitesse
- **LMTR** : Livret de la Marche des TRains
- **ONCF** : Office Nationale des Chemins de Fer
- **PAI** : Poste d'Aiguillage Informatisé
- **PRS** : Poste tout Relais à transit Souple



Introduction

Dans le cadre de la réalisation de mon projet de fin d'étude, j'ai eu l'occasion d'effectuer le stage au sein de l'Office Nationale des Chemins de Fer (ONCF) de Fès, et plus précisément au service de maintenance et infrastructure.

Au cours de ce stage, qui a duré deux mois, j'ai pu enrichir ma formation professionnelle et mettre en pratique mes connaissances acquises lors de ma formation. Durant la période de mon stage, j'ai pu connaître l'importance des équipements installés à l'ONCF. Ces équipements nécessitent une maintenance rigoureuse vue leur importance primordiale.

L'ONCF est l'un des piliers de l'économie nationale. Il a pour objet le transport des voyageurs et de fret.

L'ONCF se focalise sur la sécurité, c'est pour cette raison que la signalisation ferroviaire existe. Cette dernière assure un flux des machines bien précisément des trains dans une sécurité extrême via **les circuits de voie**, des systèmes de cantonnement (EX: BAPR, BAL...) et d'enclenchement (PAI et PRS).

Pour bien accomplir ma tâche, nous avons réalisé, en premier temps, une étude technique de la signalisation ferroviaire. Nous avons réalisé dans un second temps une étude focalisée sur le circuit de voie. En particulier, son rôle, son fonctionnement et sa mise en service.

Le document est organisé de la manière suivante :

- **Le premier chapitre** présente d'une manière générale **l'Office National des chemins de Fer (ONCF)**.
- **Le second chapitre** est consacré à l'étude de l'alimentation et la signalisation ferroviaires.
- **Le troisième chapitre** traite les circuits de voie, leurs différents types et mode de fonctionnement.
- **Le dernier chapitre** présente les problèmes identifiés et les solutions proposées.



Chapitre 1 :

Présentation de l'environnement du stage

1.1 Présentation du lieu du stage

Dans le cadre de ma 3ème année à la faculté des sciences et techniques Fès, j'ai eu l'opportunité d'effectuer un stage de fin d'études au sein de l'Office Nationale des chemins de Fer (ONCF) d'une période de deux mois.

1.1.1 Historique de l'ONCF

Historiquement, la construction du réseau des chemins de fer du Maroc remonte au début du 20ème siècle. En effet, les premières lignes construites à voies de 0.6m ont été établies à partir de 1916, et ce n'est qu'en 1923 que la construction des voies à écartement normal a été confiée à trois compagnies concessionnaires privées, ces dernières partageront le trafic ferroviaire en exploitant chacune la partie du réseau qui lui était concédée.

En 1963, le Maroc a décidé le rachat des concessions et la création de l'Office National des Chemins de Fer qui est un établissement public à caractère industriel et commercial doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière. Placé sous la tutelle du ministère du transport et de la marine marchande.

Sur la scène internationale, le Maroc est membre de l'Organisation Internationale du Trafic Ferroviaire qu'il s'agisse de marchandises ou de voyageurs. De même, l'ONCF est membre actif de l'Union International des Chemins de Fer, de l'Union Arabe des Chemins de Fer et du Comité du Transport Ferroviaire Maghrébin.

La figure suivante présente la carte ferroviaire du Maroc.



Figure 1 : Carte Ferroviaire de l'ONCF .



1.1.2 Missions de l'ONCF

Les missions de l'ONCF sont :

- L'exploitation du réseau ferroviaire national.
- Les études, la construction et l'exploitation des lignes nouvelles des chemins de fer.
- L'exploitation de toutes les entreprises se rattachant directement ou indirectement à l'objet des missions de l'office.

1.1.3 Organigramme de l'ONCF

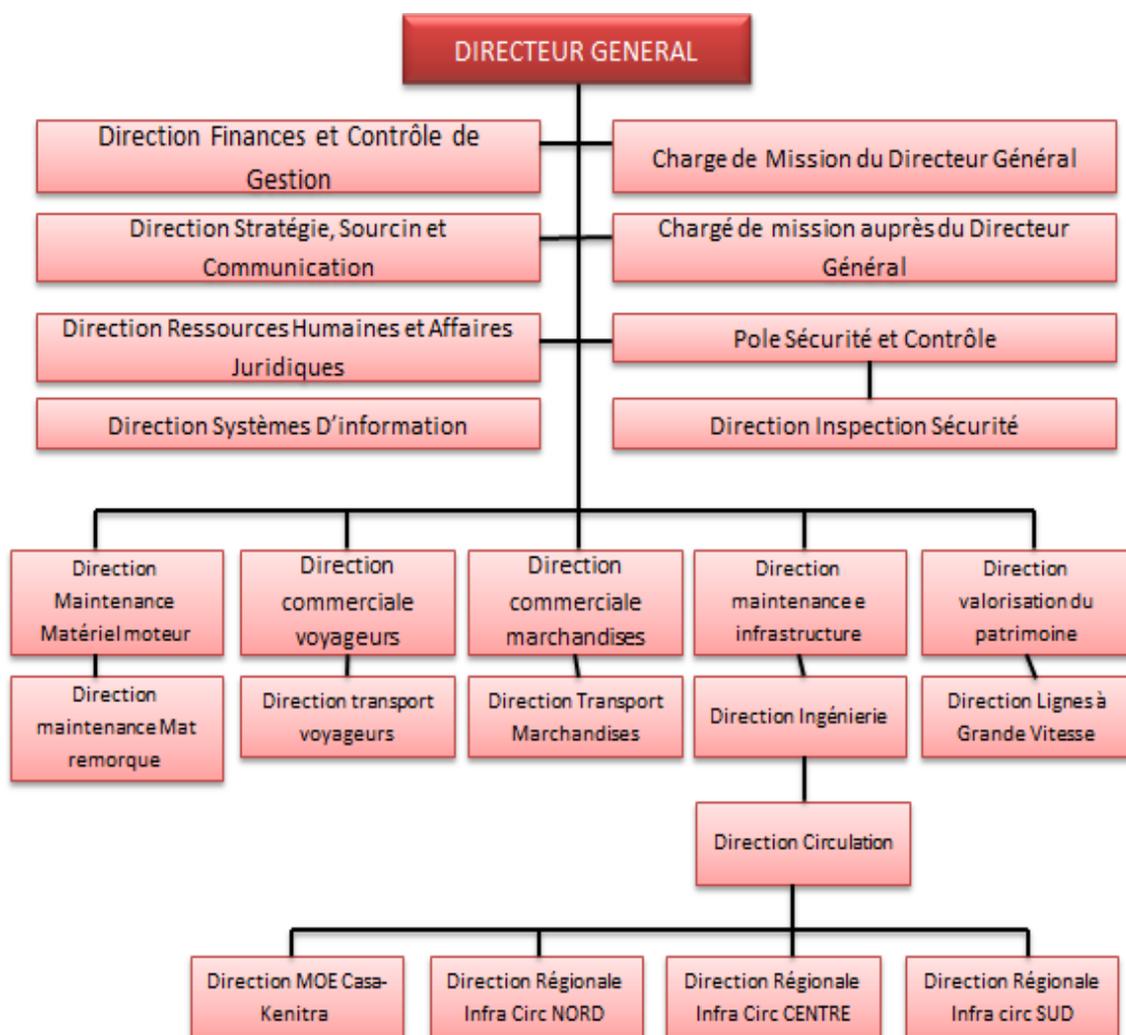


Figure 2 : Organigramme fonctionnel de l'ONCF.



1.1.4 Centre de formation et de maintenance des trains de ligne Fès (CMFTLF)

L'établissement est sous la direction de Mr BELOUCHI qui dirige à la fois l'unité gestion des ressources humaines, l'unité technique et le centre de maintenance voyageurs Fès.

Ce centre a comme mission :

La maintenance et la préparation des rames à Voyageur destinées aux trains grandes lignes qui font la liaison Fès-Marrakech ou Fès-Casa Voyageurs. La visite à l'arrivée des locomotives électriques et la maintenance de quatre locos diesel de manœuvre. Ainsi que les travaux d'usinage du matériel.

Et il a comme fonctions :

- **Fonction Maintenance du Parc :**
Elaborer et mettre en œuvre le plan Maintenance.
Définir les besoins en pièces de rechange.
- **Fonction Exploitation :**
Former les trains.
Création opérationnelle du matériel roulant.
Elaborer et suivre la réalisation des roulements du personnel.
S'assurer de la disponibilité du matériel voyageur.
- **Fonction Ressources Humaines :**
Assurer la gestion prévisionnelle des Ressources Humaines:
Rationaliser l'affectation des Ressources.
Participer à l'élaboration du plan de Formation.
- **Fonction Comptabilité :**
Elaborer le budget d'Exploitation et suivre son exécution.
Elaborer la comptabilité de l'établissement.
Assurer les achats locaux



1.1.5 MISSION DU DISTRICT 321ST

Le district 321 ST (Signalisations et Telecom) est le service d'accueil du stage, il est régit par :
La DRIC nord, plus exactement l'arrondissement maintenance, et la section de Fès dont dépend le district 321 ST chargé de la maintenance des signalisation électriques et mécaniques ainsi que les installations de télécommunication.

Le district 321 ST responsable de :

- La maintenance des installations de signalisation électrique, mécanique et de télécommunication.
- La maintenance préventive (pour garder la disponibilité de l'installation)
- La maintenance corrective (c'est la relève du dérangement)
- La grande réfection consiste a remplacé une partie de l'installation arrivé à la limite d'usure.
- La sécurité du personnel (sensibilisation et suivi) et de circulation.
- L'approvisionnement et gestion du magasin.
- Suivi de la formation de ses collaborateurs.

1.2 Description du sujet de stage

1.2.1 Intitulé du stage

Etude technique de la signalisation ferroviaire : circuits de voie.

Fonctionnement du circuit de voie, ses types et ses problèmes de maintenance.

1.2.2 Objectifs du stage

- Savoir, Savoir-faire et Savoir être
- Se familiariser avec le milieu professionnel
- Appliquer l'étude théorique acquise durant ma formation en entreprise
- Détecter les problèmes rencontrés et aboutir à des solutions convenables



1.2.3 Taches et planning

Tache	Date début	Date fin
Documentation	02/04/2018	18/05/2018
Visite de terrain	09/04/2018	20/04/2018
Visualisation des équipement	09/04/2018	13/04/2018
Etude de la problématique	23/04/2018	07/05/2018
Recherche d'une solution adéquate	07/05/2018	25/05/2018



Chapitre 2:

Alimentation et Signalisation Ferroviaires

2.1 Alimentation ferroviaire

2.1.1 Pourquoi l'alimentation Permanente ?

Pour la fiabilité et la disponibilité des installations de sécurité, une alimentation permanente est obligatoire ; d'où l'utilisation d'une Alimentation Sans Interruption (**ASI**); qui sert à assurer une alimentation permanente à l'installation en gérant les trois sources alimentation :

- **La régie de distribution (RADEEF /ONE)** qui présente l'alimentation principale
- **Le groupe électrogène** de secours qu'il peut être utilisé en cas de coupure d'alimentation principale.
- **La batterie d'accumulateurs** composée de 32 éléments de 12V qui est en charge permanente et fonctionne en cas de défaillance des deux alimentations précédentes (figure 3).



Figure 3 : Batteries d'accumulateurs.

L'**ASI** permet la charge des batteries à travers le redresseur-chargeur et alimente l'utilisation.

Une fois on a un manque d'alimentation réseau, le groupe électrogène démarre et fournit l'alimentation (le fonctionnement du groupe électrogène et du réseau se fait avec un verrouillage électrique).

La batterie ne fournit l'alimentation qu'après défaillance des deux sources. Ceci est représenté dans la figure suivante :

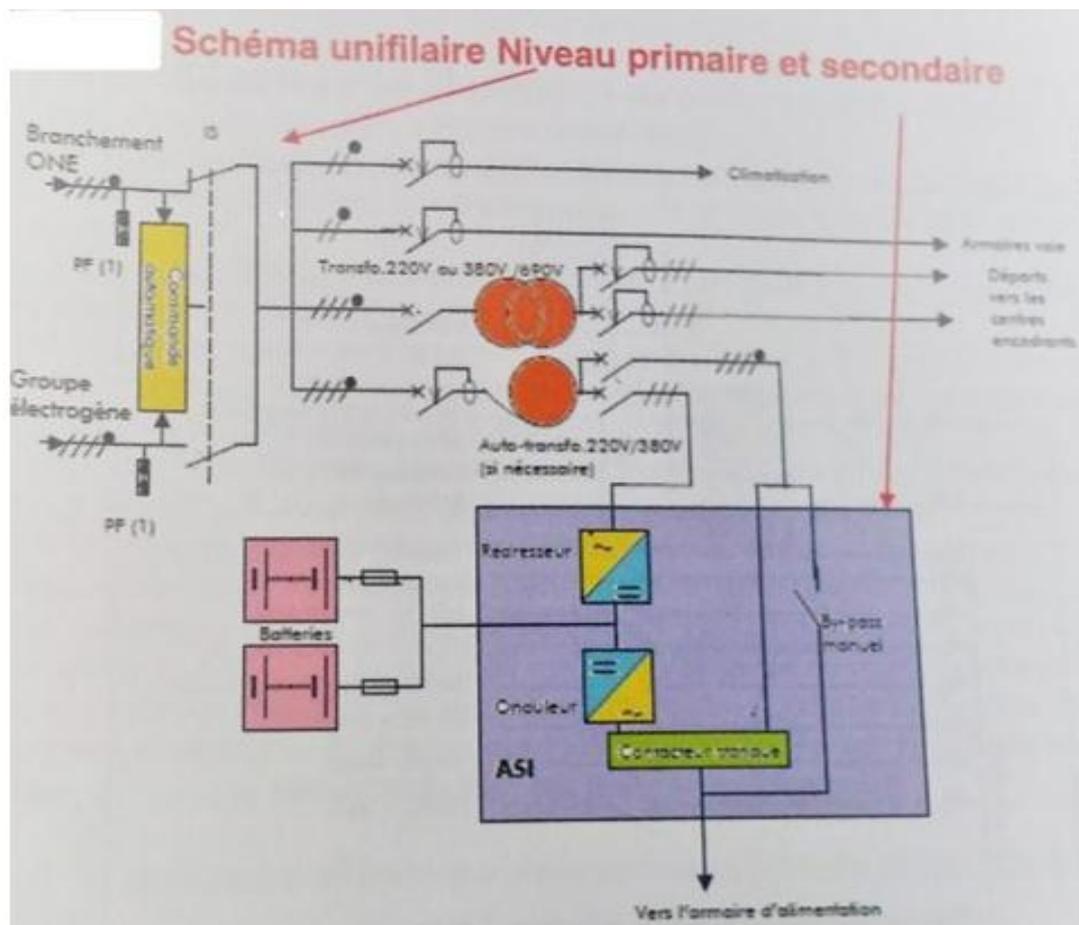


Figure 4 : Schéma d'Alimentation Permanente.

2.1.2 Circuit de fonctionnement de l'ASI

L'alimentation sans interruption fonctionne comme le montre la figure suivante :

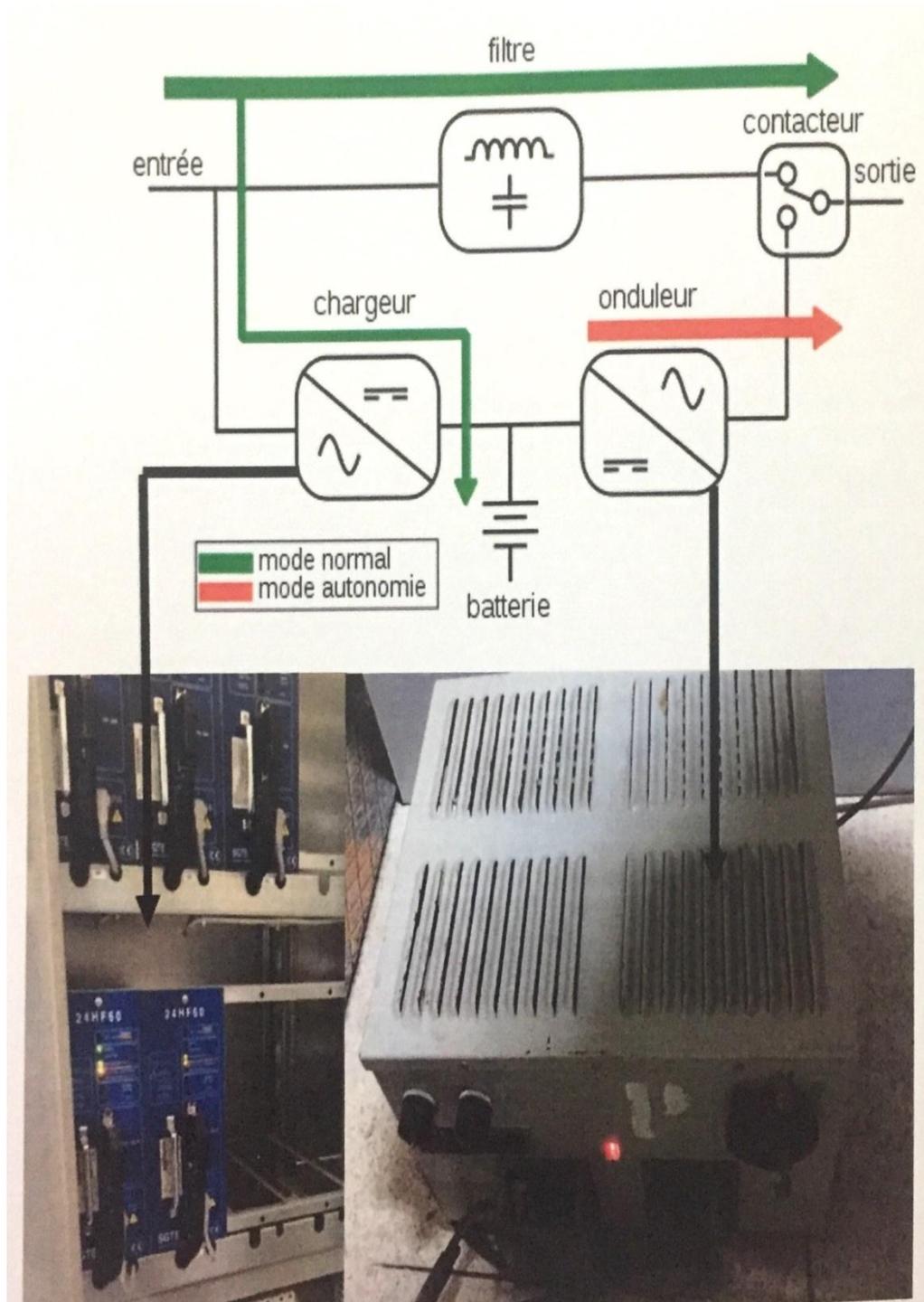


Figure 5 : Fonctionnement de l'ASI

2.1.3 Circuit général de l'alimentation

L'alimentation au sein de l'ONCF est organisée comme suit :

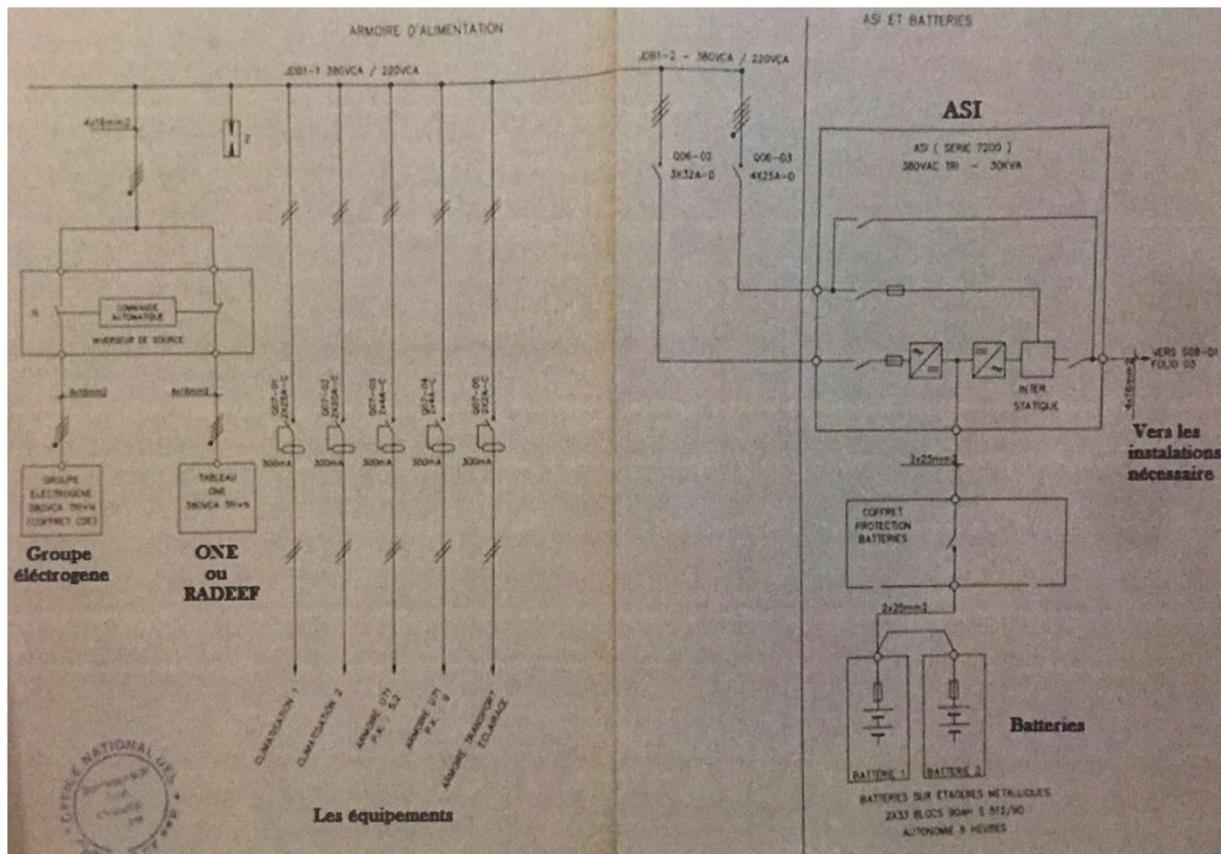


Figure 6 : Circuit général de l'alimentation

2.2 Signalisation ferroviaire

2.2.1 Définition de la signalisation ferroviaire

La signalisation ferroviaire est un système d'informations destinée à renseigner le conducteur d'une circulation ferroviaire lui donnant, sous forme de codes réalisés par des signaux de forme, de combinaisons, ou de couleurs diverses, dont la signification est prédéfinie, disposés le long des voies ou de cabines, 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, l'information d'une direction géographique vers laquelle le convoi va s'engager, des prescriptions concernant la traction électrique, etc. La signalisation est un des éléments de base de la sécurité



ferroviaire. Les signaux sont toujours posés à gauche sauf en cas d'extrême nécessité ou ils sont placés à droite pointé d'une flèche.

2.2.2 Finalités de la signalisation ferroviaire

Le premier but de la Signalisation est la gestion de la circulation des trains en toute sécurité.

Quand on parle de sécurité, on parle notamment de la sécurité des clients, la sécurité du personnel, la sécurité de l'installation ferroviaire etc...

Dans ce contexte Les installations de signalisation permettent de résoudre les cinq grands problèmes suivants :

- **L'espacement des circulations pour éviter les rattrapages (cantonnement ou block),**
- **La protection des circulations dans les établissements (convergence, cisaillement...),**
- **La circulation, dans les deux sens, sur une même voie (nez à nez),**
- **Les risques de déraillement par excès de vitesse,**
- **Le franchissement des voies ferrées par des routes sur un même niveau (passages à niveau).**

Originellement, la signalisation s'adresse au **mécanicien** afin de lui :

Transmettre des ordres :

- S'arrêter
- Ralentir
- Siffler
- Baisser pantographe...

Transmettre des informations :

- De destination (direction, garage, impasse, lavage ...)
- De provenance
- De stationnement (tête des trains, 8V, ...)

Au-delà du mécanicien :

Article fondamental des règlements ferroviaires

“**Tout agent doit obéissance passive et immédiate aux signaux**”

2.2.3 Principes de base de la signalisation

En signalisation Lumineuse **24V Continu**, l'alimentation des lampes de signalisation est effectuée, sauf rares exceptions, en courant alternatif **400 Hz**, issu d'un convertisseur statique alimenté par batterie 24V.

La fréquence de 400 Hz a été retenue par le gain d'encombrement qu'elle procure dans l'appareillage, notamment dans le transformateur, par rapport à l'emploi du matériel à 50 Hz correspondant.

Considérons par exemple un panneau composé de feux : **Vert**, **Rouge(clignotant)**, **Orange**.

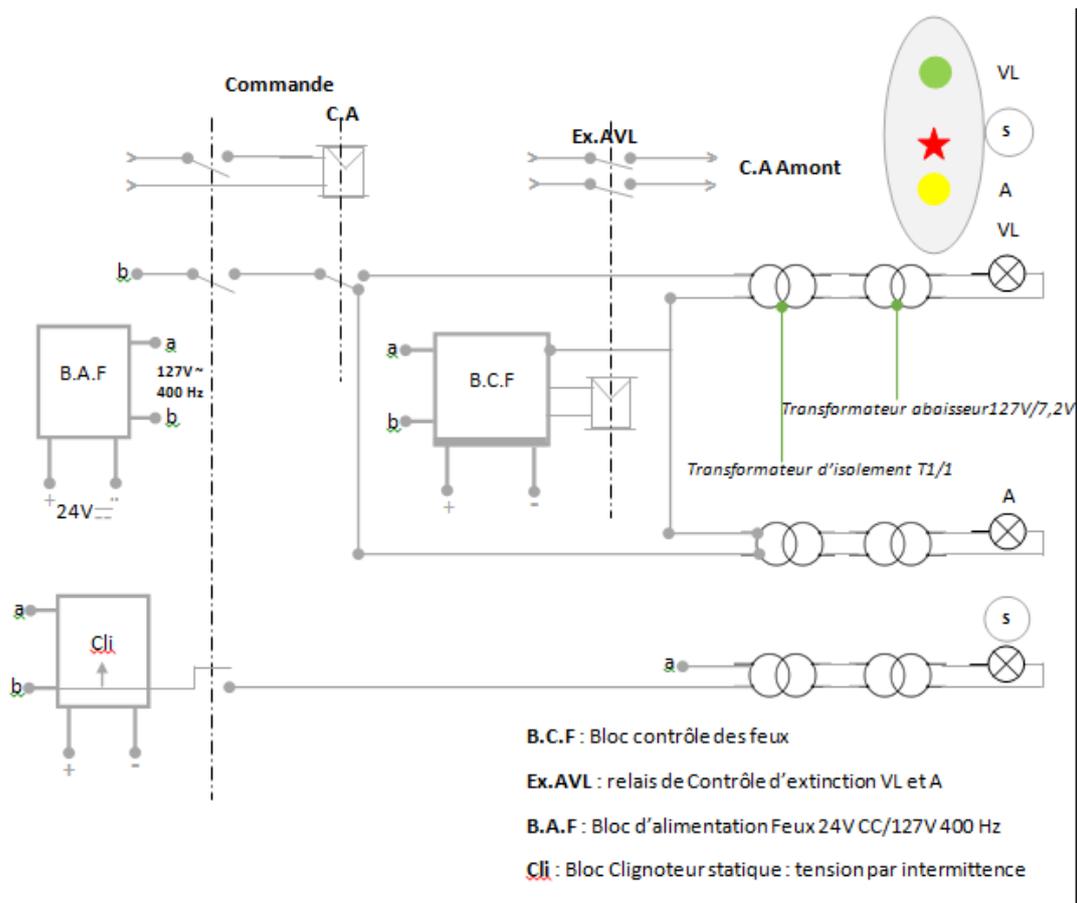


Figure 7 : Principe de base de l'allumage des feux de signalisation lumineux



2.2.4 Signalisation Locale :

La signalisation dans la gare a pour objectif la gestion des circulations de la gare en toute sécurité, c'est la sécurité du personnel de la gare, celle des clients et l'insulation de la gare l'objectif n°1 de la signalisation.

- **signalisation d'arrêt,**
- **signalisation de limitation de vitesse,**
- **signalisation de direction.**

Chacune de ces fonctions comprend habituellement une signalisation d'annonce et une signalisation d'exécution ou de rappel.

L'usage veut que la signalisation d'arrêt (exécution et annonce) soit explicitée séparément, alors que les deux dernières forment un tout.

En outre, l'expression «la signalisation d'arrêt» est réservée à la signalisation d'exécution d'arrêt.

A. Les Signaux de départ :

- Signal de voie libre (VL)

En l'absence de toute signalisation restrictive un panneau présente un feu vert de voie libre.

Le Voie Libre indique au conducteur que la circulation en marche normale est autorisée, **si rien ne s'y oppose.**



B. Les Signaux d'annonce d'arrêt :

Afin que les mécaniciens soient en mesure de se conformer à leurs indications, certains signaux d'arrêt sont normalement annoncés.

On utilise habituellement à cet effet:

- l'avertissement,
- le feu jaune clignotant,
- le feu vert clignotant.

D'autre part, l'accès à une voie principale à quai courte ou partiellement occupée peut être annoncé par une bande lumineuse jaune horizontale en complément de l'avertissement.



- **L'avertissement (A)**

L'avertissement commande au conducteur d'être en mesure de s'arrêter avant le prochain signal. L'avertissement peut annoncer un signal affichant les signaux d'arrêt, un signal accidentellement éteint ou un heurtoir



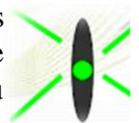
- **Le feu jaune clignotant** (A)

Le feu jaune clignotant sert à annoncer un avertissement qui est à distance réduite du signal d'arrêt, c'est-à-dire à une distance inférieure à la distance normale de freinage.



- **Feu vert clignotant (VL)**

Equivalent au feu vert fixe pour les trains dont la vitesse-limite ne dépasse pas 160 km/h. le feu vert clignotant commande au mécanicien d'un train à vitesse-limite plus élevée de réduire sa vitesse. s'il y a lieu. dès le franchissement de ce signal, de manière à ramener aussitôt que possible sa vitesse à 160 km/h et au plus tard au franchissement du panneau portant le signal à distance préannoncé.



- **Bande lumineuse jaune horizontale (RR)**

En complément de l'avertissement, la bande jaune peut être utilisée pour indiquer au mécanicien qu'il va entrer sur voie principale à quai courte ou raccourcie (occupation partielle ou fermeture d'un signal d'arrêt intermédiaire) ; la vitesse maximum d'entrée sur cette voie ne peut être supérieure à 40 km/h.

C. Les signaux d'arrêt :

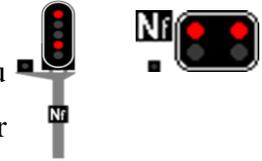
Pour assurer la protection dans les établissements, pour le cantonnement..., il peut être nécessaire d'arrêter, voire de retenir les circulations. A cet effet, les signaux d'arrêt suivants sont utilisés :

- Carré
- Carré violet,
- Guidon d'arrêt,
- Sémaphore,
- Feu rouge clignotant (signal assimilé à un signal d'arrêt),
- Disque,
- Signal d'arrêt à main.



- **Le carré (C)**

Le carré fermé présente deux feux rouges sur une ligne verticale ou horizontale. Il commande au mécanicien l'arrêt avant le signal. Utilisé sur les voies principales (1), sa fonction essentielle est d'assurer la protection des circulations dans les zones comportant des appareils de voie.



- **Le carré violet (C^v)**

Le carré violet fermé présente un feu violet. Il commande au mécanicien l'arrêt avant le signal. Il est utilisé :

- Sur voies de service,
- Sur voies principales à l'origine d'itinéraires de refoulement.

Donc il n'autorise pas le départ en ligne principale.



- **Le guidon d'arrêt (GA)**

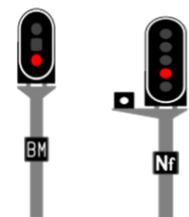


Le guidon d'arrêt fermé présente une bande lumineuse rouge horizontale. Il commande au mécanicien l'arrêt avant le signal, et ne doit être habituellement rencontré que par des mouvements circulant en marche à vue ou en marche en manœuvre.

- **Le sémaphore (S)**

Le sémaphore commande l'arrêt, et peut être franchi en marche à vue après l'arrêt complet dans certains cas. C'est un signal de cantonnement, il sert à espacer les trains et donc à éviter le rattrapage.

Si le feu rouge du sémaphore est affiché sur un panneau pouvant présenter l'indication "carré" avec plaque "Nf", un petit feu blanc (nommé « œilleton ») doit aussi être allumé pour confirmer que ce qui est affiché est bien un sémaphore, et non un carré dont l'un des feux rouges serait grillé.



- **Le feu rouge clignotant** 

Lorsqu'un mécanicien rencontre un panneau présentant un feu rouge clignotant, il peut sans marquer l'arrêt, s'avancer en marche à vue, mais il ne doit pas dépasser au franchissement de ce signal la vitesse de **15 km/h**.





- **Le disque (D)**

Le disque commande l'arrêt différé, c'est-à-dire marche à vue le plus tôt possible, suivi d'un arrêt obligatoire (même si les signaux rencontrés ensuite indiquent la voie libre) avant le premier quai ou appareil de voie rencontrés. La marche peut ensuite continuer après une autorisation verbale.



D. Les signaux de limitation de vitesse :

Au franchissement de certains points particuliers (aiguillages, courbes, ouvrages d'art, ...) ou sur certaines parties de voie de plus ou moins grande étendue, il peut être nécessaire de limiter la vitesse des circulations.

Ces limitations de vitesse peuvent avoir un caractère permanent ou temporaire.

Les limitations permanentes de vitesse sont :

- Ou bien simplement mentionnées au livret de la marche des trains (LMTR) (document connu des mécaniciens),
- Ou bien signalisées sur le terrain.

Les limitations temporaires de vitesse sont signalisées sur le terrain.

- **Vitesse égale à 30 km/h**

La signalisation comporte :

- **Un ralentissement 30 (R)**, présentant deux feux jaunes sur une ligne horizontale, et commande au mécanicien de ne pas dépasser la vitesse de 30 km/h au franchissement de l'aiguillage (ou des aiguillages) correspondant.
- **Un rappel de ralentissement 30 (RR)**, présentant deux feux jaunes sur une ligne verticale, confirme au mécanicien de ne pas dépasser la vitesse de 30 km/h au franchissement de l'aiguillage (ou des aiguillages) correspondant.

- **Vitesse égale à 60 km/h**

La signalisation comporte :

- **Un ralentissement 60 (R)**, commande au mécanicien de ne pas dépasser la vitesse de 60 km/h au franchissement de l'aiguille (ou des aiguillages) correspondant.
- **Un rappel de ralentissement 60 (RR)** précède une aiguille (ou plusieurs) en position "voie déviée" à passer à une vitesse maximale



de 60 km/h. Ce n'est pas à proprement parler un "Rappel" mais un signal d'exécution.

- **Vitesse supérieure à 60 Km/h**

Nom du signal et représentation schématique	Indication présentée	Signification
<p>Tableau P</p> <p>fixe mobile</p>		Le tableau P fermé commande au mécanicien d'un train à vitesse-limite plus élevée de réduire sa vitesse, s'il y a lieu, de manière à ne pas franchir à plus de 160 km/h le TIV à distance préannoncé correspondant.
<p>TIV de rappel</p>		Le TIV de rappel fermé confirme au mécanicien de ne pas dépasser la vitesse indiquée par ce tableau, en km/h, au franchissement de l'aiguillage (ou des aiguillages) correspondants.
<p>TIV mobile À distance</p>		Le TIV mobile à distance fermé commande au mécanicien de ne pas dépasser la vitesse indiquée par ce tableau, en km/h, au franchissement de l'aiguillage (ou des aiguillages) correspondant

Figure 8 : Tableau explicatif sur les différents signaux et leurs représentations

E. Les signaux d'indicateurs de direction :

Indicateur de direction (ID)

Aux bifurcations, lorsqu'une limitation de vitesse ne suffit pas à renseigner le mécanicien sur la direction géographique, on installe un indicateur de direction comportant autant de feux que de directions géographiques possibles.

L'indicateur de direction, en principe groupé avec le signal de protection de la bifurcation, est constitué par un écran noir à bordure blanche présentant, de jour comme de nuit, des feux blancs disposés horizontalement ; le nombre de ces feux correspond habituellement au numéro d'ordre, à partir de la gauche, de la direction donnée.

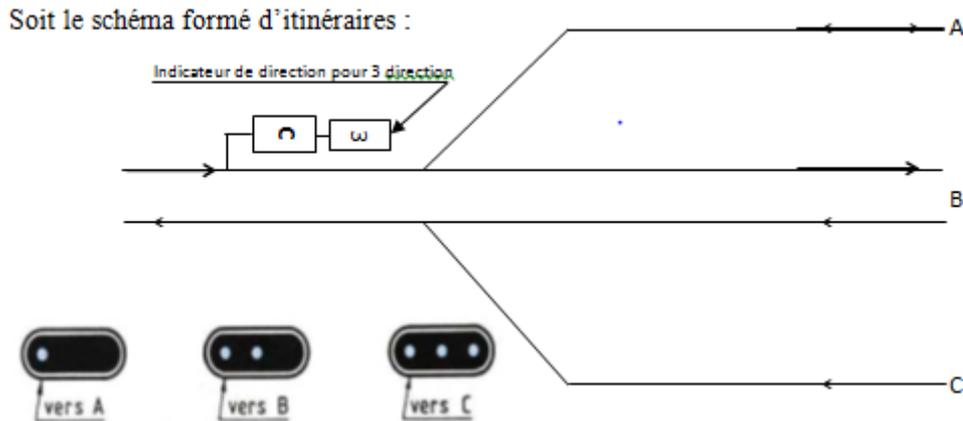


Figure 9: Signal d'indicateur de direction

F. Les signaux lumineux de manœuvre :

Le signal lumineux de manœuvre est installé dans certains établissements pour faciliter les manœuvres comportant l'exécution de mouvements de tiroir sur voie principale (garage d'un train par refoulement, par exemple) ou sur voie de service.

- **Feu blanc (M)**

Le feu blanc commande ou confirme au mécanicien l'observation de ta marche en manœuvre.



- **Feu blanc clignotant** (M)

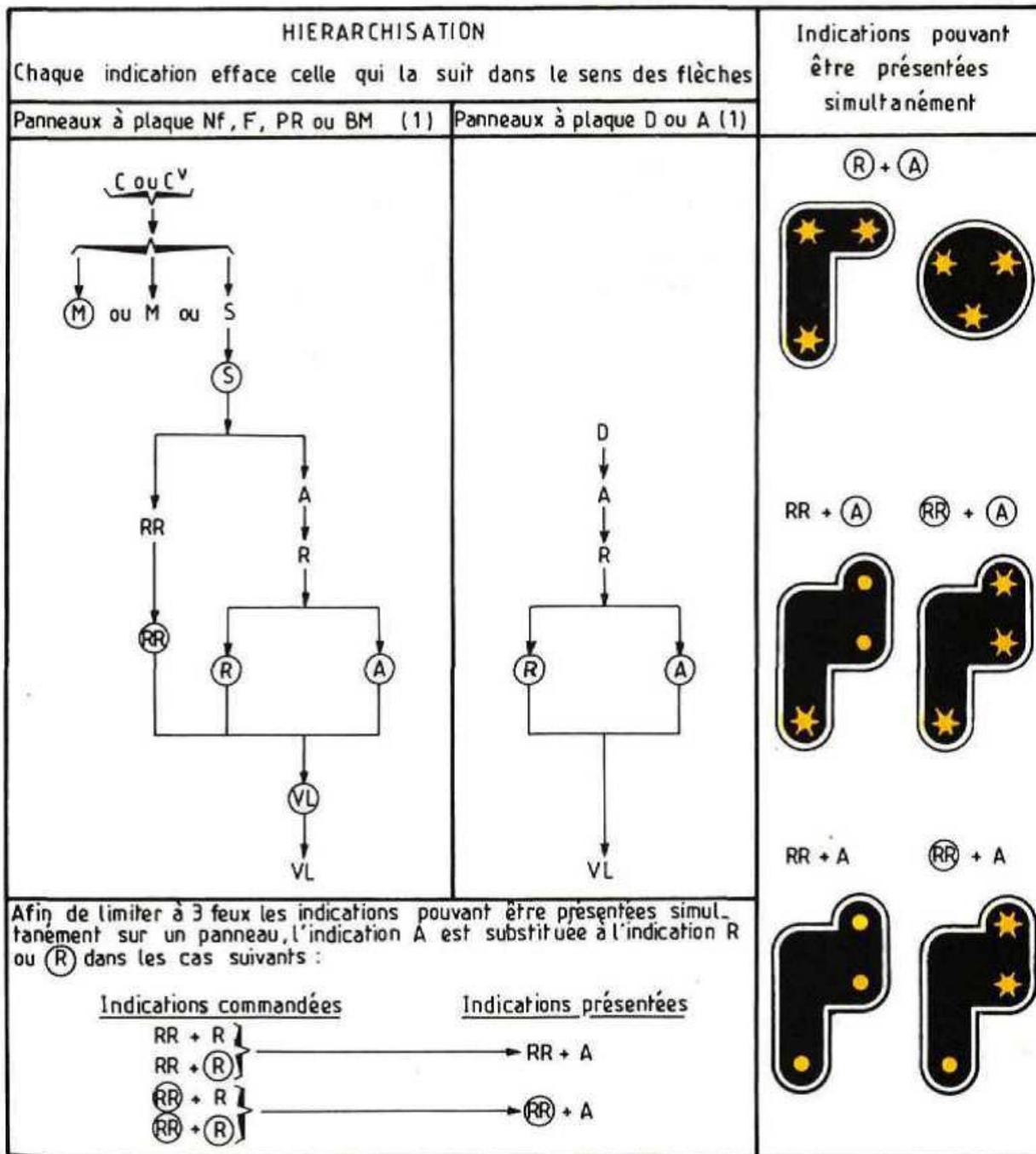
Le feu blanc clignotant indique au mécanicien l'exécution d'une manœuvre sur un parcours généralement de faible étendue, et interdit dans tous les cas le départ en ligne d'un train.



Hiérarchie des signaux :

Afin de faciliter l'observation de la signalisation par le mécanicien, les différents signaux en un même point géographique sont groupés chaque fois que cela est possible.

Dans ce cas, les signaux sont généralement combinés, c'est-à-dire que leurs feux ne présentent que l'indication ou les indications les plus impératives dans l'ordre de hiérarchisation défini ci-après :



(1) voir § 1.10

Figure 10: Hiérarchie des signaux

2.3 L'aiguillage

Un aiguillage est un appareil de voie servant à changer la direction d'un train s'il va prendre une voie direct ou une voie déviée.

Le principe de l'aiguillage repose sur la forme des roues des trains: c'est le boudin sur leur partie intérieure qui assure le guidage dans les appareils de voie.

L'aiguillage est principalement composé d'une partie mobile (les lames d'aiguilles) et d'une partie fixe (contre-aiguille), la partie où se croisent les voies est appelée le cœur.



Figure 11 : Aiguille.

Certains aiguillages sont dits « talonnables renversables » car les aiguilles peuvent être basculées par un train qui les « prend en talon » et restent dans la position du dernier passage (un train qui les « prendrait en point » irait dans la direction du dernier passage sauf intervention manuelle), d'autres sont « talonnables non renversables » elles reprennent toujours une direction par défaut à l'aide d'un ressort de rappel.

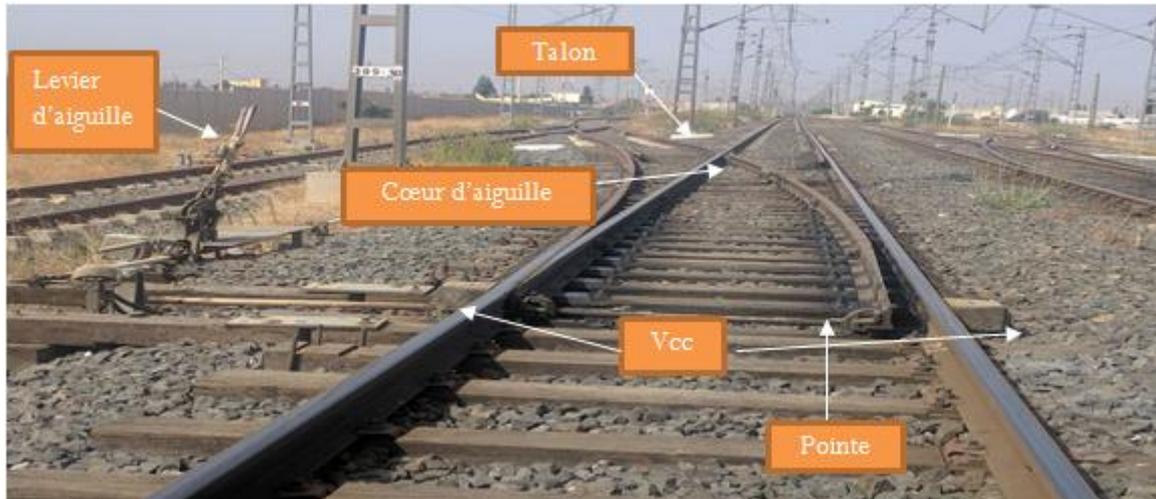


Figure 12 : Différents composants de l'aiguille.

Enclenchement d'aiguilles par zone isolée :

Lorsque le train entre dans une zone, l'enclenchement de l'aiguille ne peut s'effectuer qu'à partir de la zone à laquelle appartient cette aiguille. Et cela pour empêcher le déraillement des trains.

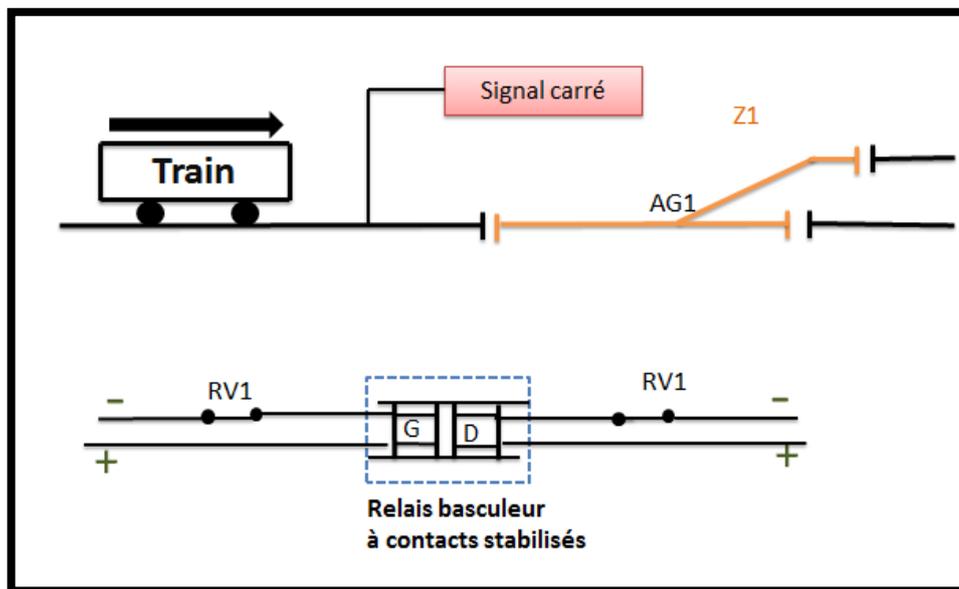


Figure 13: Schéma de commande d'aiguille par zone

Chapitre 3:

CIRCUITS DE VOIE

3.1 But des circuits de voie

Le circuit de voie (CdV) permet de détecter automatiquement et d'une façon continue, la présence ou l'absence d'un train en tous les points d'une section de voie déterminée ; il présente également l'intérêt de déceler les ruptures de rail.

Il permet donc de connaître l'état d'occupation d'une portion de voie et les informations qu'il donne sont des éléments essentiels pour tout automatisme ferroviaire.

Il est utilisé notamment pour l'espacement des trains, les annonces aux passages à niveau, l'immobilisation électrique des aiguillages, la transmission voie-machine dans le système de signalisation de cabine des lignes à grande vitesse, ...

Par ailleurs, il permet d'assurer une protection rapide des circulations par utilisation d'une barre de court-circuit, notamment pour la protection d'un obstacle engageant le gabarit de la voie.

3.2 Principe de fonctionnement

Le CdV est un circuit électrique dont la ligne de transport d'énergie entre le générateur et le récepteur est constituée par les deux files de rails de roulement. Ces deux files sont isolées l'une par rapport à l'autre.

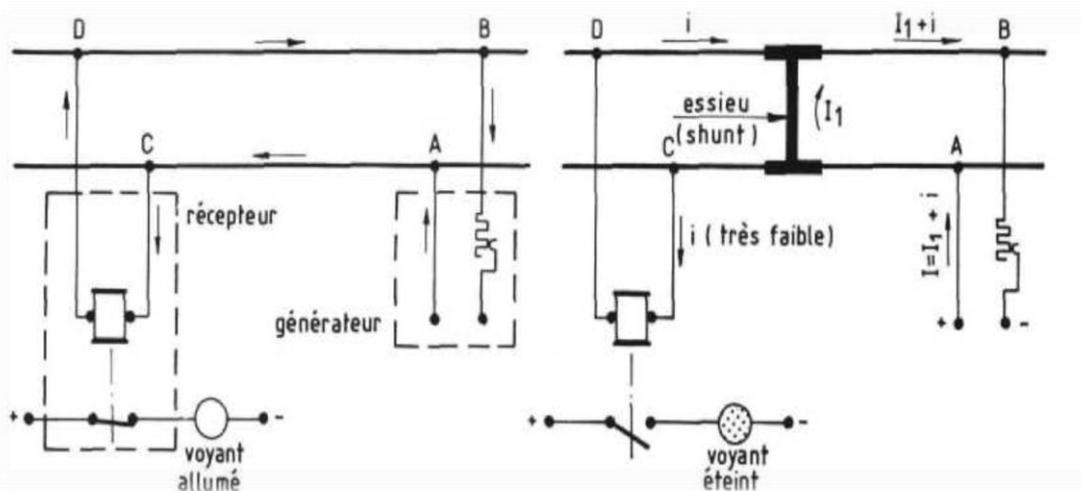


Figure 14: fonctionnement des Circuits de voie



- En l'absence de véhicule ferroviaire, le relais est sous tension et les contacts sont collés.
- Lorsqu'une circulation se trouve sur le CdV, les essieux établissent une liaison électrique de faible impédance (**Shuntage**) entre les rails ; l'alimentation insuffisante du récepteur (relais) entraîne alors sa désexcitation. A noter que la résistance insérée dans le circuit d'alimentation (augmentation de la résistance interne du générateur vue des points A et B) provoque un abaissement de tension et limite le courant de court-circuit du générateur.

Les contacts du relais sont utilisés pour établir ou couper des circuits électriques de signalisation.

3.3 Dispositifs de détection de passage du train : Pédales

C'est un dispositif qui détecte le passage d'un train. IL y'a deux types de pédales : **la pédale électromécanique et la pédale électronique**. Et parmi les utilisations de la pédale on trouve :

- **Fermeture Automatique** : les pédales sont installées après le signal de fermeture qui est carré, un sémaphore ou un disque.

Donc une fois que le train passe par la pédale, celle-ci détecte ce passage par son contact **Pd.FA.C101** et un relais **R.Pd.FA.C101** qui font chuté le relais **FA.C101** suivi de la fermeture automatique du signal en amont ceci afin de protéger la zone occupée par le train donc **La fermeture automatique (FA)** limite à une seule circulation l'autorisation de passage accordée par l'ouverture du signal.

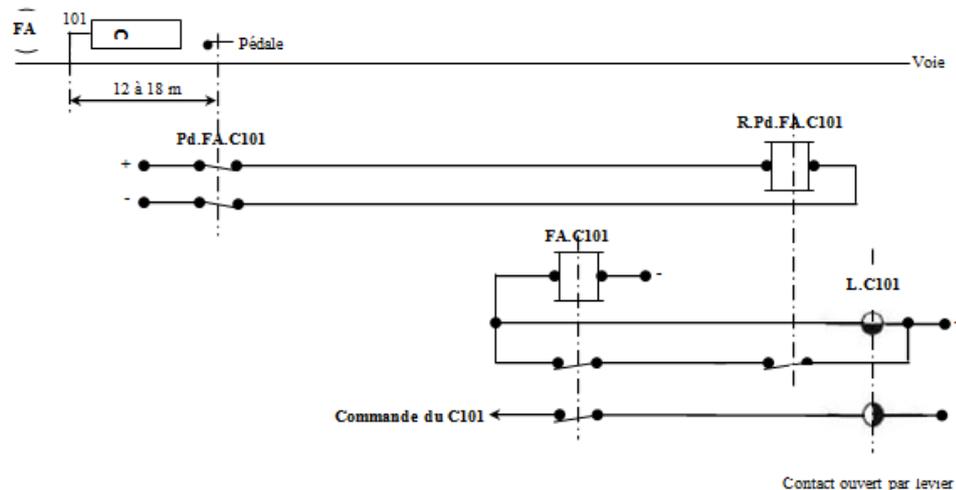


Figure 15 : Circuit de la Fermeture Automatique par pédale

- **La pédale Electronique :**

Il existe deux types de pédales électronique à :

- **Information négative** : le passage d'une roue sur les détecteurs se traduit par la désexcitation du relais. Ce type de pédale est utilisé principalement pour déclencher une annonce à un PN (Passage à niveau)
- **Information positive** : le passage d'une roue sur les détecteurs se traduit par l'excitation du relais. Ce type de pédale est utilisé, par exemple, pour provoquer une destruction d'itinéraire, une annulation d'annonce.

De plus, pour les pédales électroniques à information positive, l'information peut être donnée :

- Quel que soit le sens de circulation : la pédale est dite simple,
- Dans un sens de circulation : la pédale est dite orientée.

Note : Les pédales électroniques négatives sont toujours orientées.

3.4 Compatibilité des circuits de voie avec le circuit de retour du courant de traction

3.4.1 Généralités :

Selon que le retour du courant de traction se fait par une file ou par les deux files de rails, le CdV est dit Monorail ou birail,

Sur les lignes électrifiées, les limitations des zones d'action des CdV ne doivent pas créer de discontinuité dans le circuit de retour du courant de traction.

3.4.2 Circuits de voie Monorail :

Le CdV dit Monorail comporte une file de rails isolée et une file « masse » dite file « retour » sur voies électrifiées. La file « retour » sert à la fois au CdV et au retour du courant de traction.

Pour des raisons liées au circuit de retour du courant de traction, la file « retour » doit toujours être doublée, soit par un maillage avec une voie électrifiée voisine, soit sur de faibles distances, par un câble, soit par du rail hors service. De ce fait, le CdV Monorail ne doit pas, en principe, être utilisé sur voie unique électrifiée.

NOTA : Du fait de sa constitution, le circuit monorail ne détecte pas le rail cassé sur la file retour.

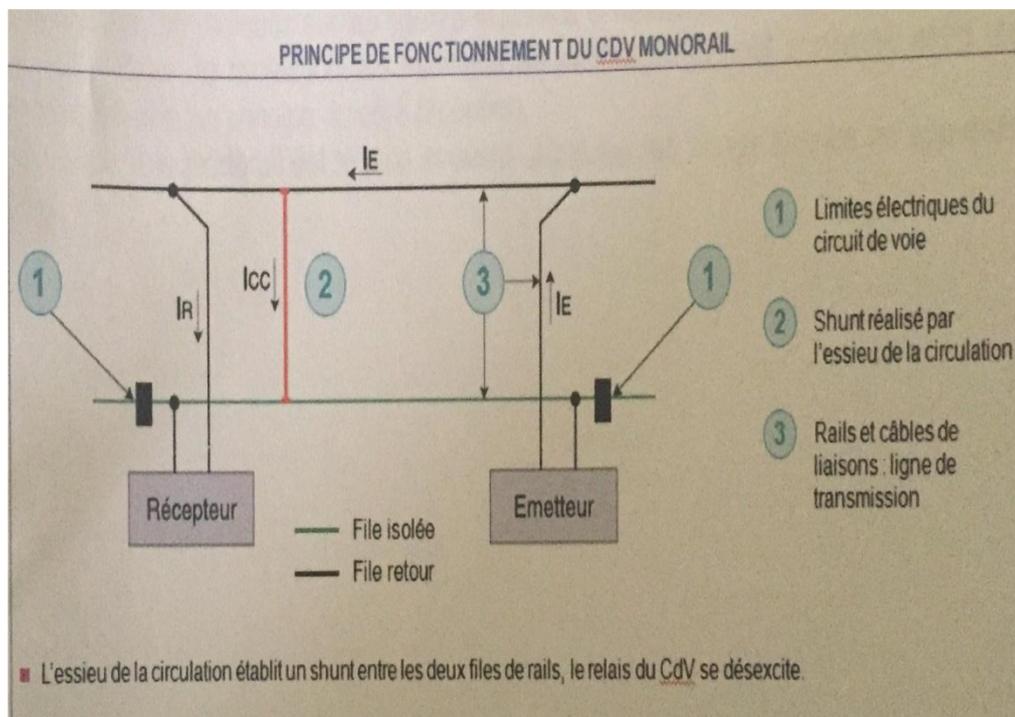


Figure 16 : Fonctionnement du CdV Monorail

3.4.3 Circuits de voie Birail :

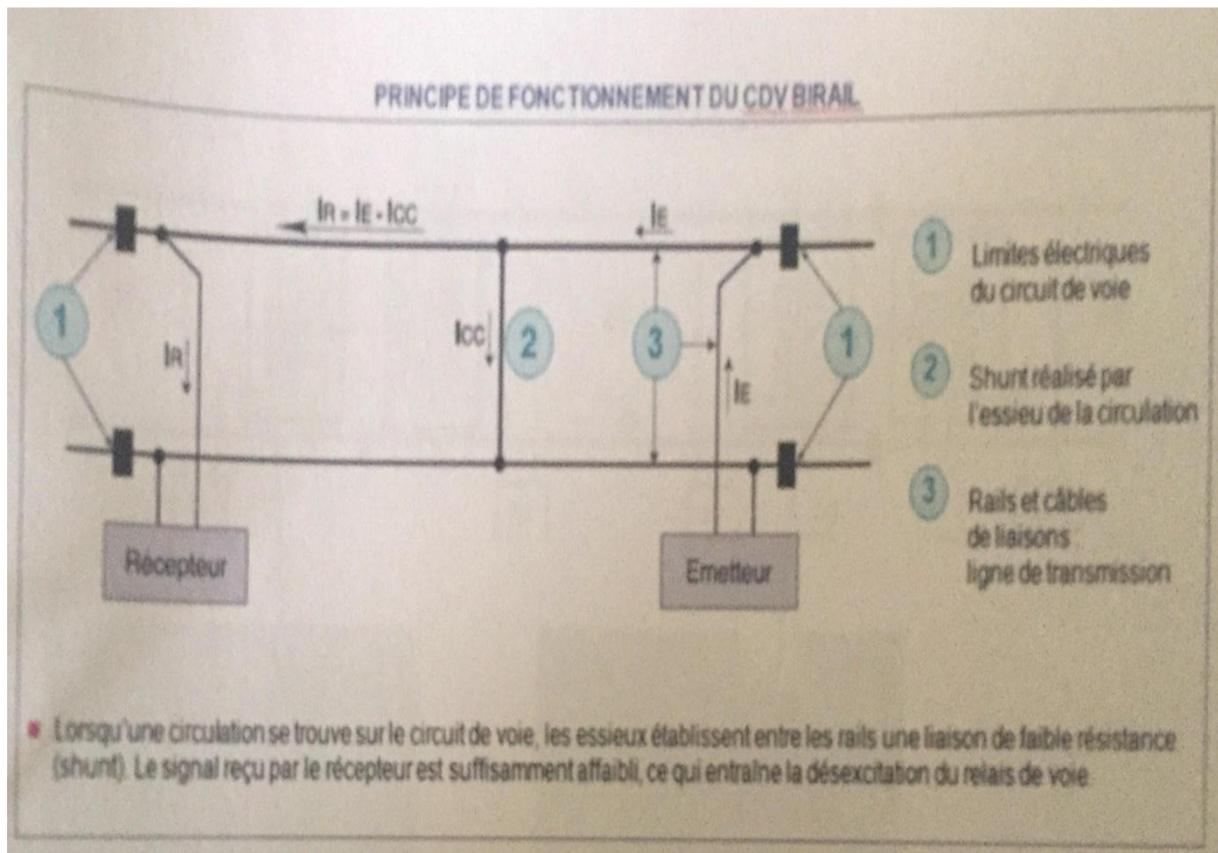


Figure 17 : Fonctionnement du CdV Birail

- **CdV avec joints isolants :**

Il existe deux types de connexions inductives :

- les connexions inductives à transformateur (CIT), dans lesquelles un enroulement « fil fin » est bobiné sur le même circuit magnétique que l'enroulement « barre » pour constituer avec celui-ci un transformateur.
- les connexions inductives ordinaires (CIO), équipées uniquement d'un enroulement « barre ». Dans ce cas, le courant de CdV est injecté ou reçu à l'aide d'un transformateur de voie (TV).

- **Fonctionnement des connexions inductives :**

Les deux extrémités de l'enroulement « barre » de chaque CI sont connectées respectivement à chaque file de rails. Les points « milieu » des CI de deux CdV adjacents sont réunis entre eux pour constituer un « pont d'inductances » assurant la continuité longitudinale du circuit de retour du courant de traction au droit des joints isolants.

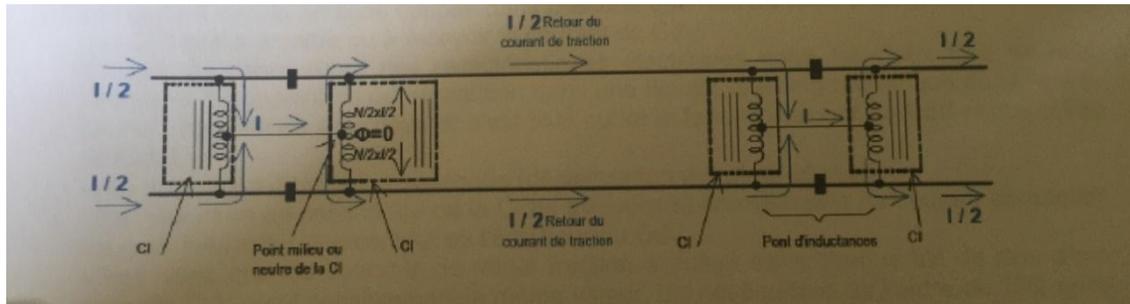


Figure 18 : CdV Birail par connexions inductives

• **CdV avec JES :**

L'utilisation de CdV limités par des JES évite la coupe des rails et conserve l'intégralité du circuit de retour du courant de traction sans appareillage spécifique.

Toutefois, un déséquilibre de ce circuit (rail cassé, connexion défectueuse,..) provoque l'apparition, entre files de rails, d'une différence de potentiel qui risque d'être préjudiciable à l'appareillage du CdV.

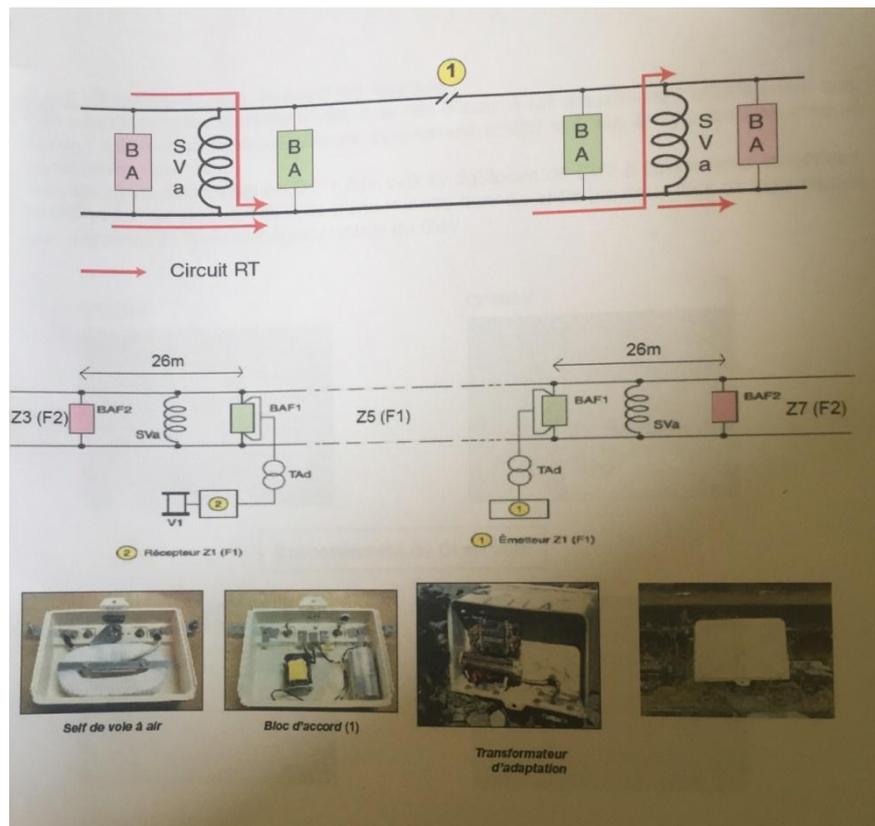


Figure 19 : CdV avec JES



3.5 Principe du shuntage

La Notion de contact rail-roue, est liée à la qualité de l'état de la surface des rails et des tables de roulement des roues. Cet état de surface peut être altéré par oxydation, pollution atmosphérique ou par sablage, film d'huile ou de graisse, feuilles mortes,..

L'aptitude au shuntage d'un CdV est caractérisé de deux façons :

- Suivant son utilisation, par le « shunt d'essai »,
- suivant ses performances intrinsèques et son environnement, par le « shunt limite de fonctionnement ».

- **Shunt d'essai :**

C'est la valeur imposée de la résistance non inductive utilisée pour « les essais de shunt » des CdV, lors des étalonnages et contrôles.

La valeur maximale garantie de la résistance d'un essieu d'un véhicule bon « shunteur » étant de 0.01Ω , l'essai de shunt réussi donne l'assurance que le circuit de voie détectera bien la présence d'une circulation.

- **Shunt limite de fonctionnement :**

C'est la valeur de la résistance non inductive la plus élevée qui, branchée entre les deux files de rails, en un point quelconque entre l'alimentation et la réception de la zone isolée considérée, provoque la désexcitation du relais de voie dans les conditions les plus défavorables :

- F.E.M maximale de la source ou tension d'alimentation maximale du générateur,
- Résistance ou impédance longitudinale minimale de la ligne de transmission (temps froid),
- Résistance minimale du relais de voie.

Le shunt limite de fonctionnement est toujours supérieur au shunt d'essai ; il est même en général largement supérieur et peut dépasser 1Ω .

La mesure du shunt limite n'est pas à effectuer lors des essais ou de la maintenance. Elle peut être faite à titre indicatif.

3.6 Choix du type de circuit de voie à installer

- **Postes de voies principales :**

Dans les postes de voies principales comportant des enclenchement électrique par CdV, il est fait usage du CdV présentant la meilleure aptitude au shuntage, permettant en outre une limitation ponctuelle des zones d'action par joints isolants : **le CdV à ITE.**



- **Pleine voie :**

En pleine voie, la mise en œuvre de CdV à JES présente plusieurs avantages :

- *Absence des joints isolants,
- *Simplification et amélioration du circuit de retour du courant de traction,
- *Faible sensibilité au déséquilibre du courant de retour traction,
- *Bonne aptitude à la détection du « rail cassé »,

Ces critères ne sont pas absolus et des circonstances particulières peuvent conduire à un autre choix.

- **Lignes à grande Vitesse :**

Bien que les lignes à grande vitesse soient assimilées dans leur totalité à une zone de poste comportant des enclenchements électriques, les dispositions correspondantes ne leur sont pas applicables.

En effet, la transmission voie machine impose l'utilisation d'un CdV qui lui soit compatible (UM 71 C-TVM).

- **Choix entre CdV birail et CdV monorail :**

Normalement, le CdV le plus utilisé est de type « birail ». Toutefois, par souci d'économie, le CdV « monorail » peut être mis en œuvre sur les voies parcourues à vitesse inférieure ou égale à 60km/h, si les conditions suivantes sont réunies :

- *le circuit de retour du courant de traction est conforme aux dispositions prévues par les référentiels correspondants.
- *le liaisons des files « retour » au point milieu des connexions inductives des CdV birail contigus ne conduisent pas à réduire la longueur de ces derniers.

EXCEPTIONNELLEMENT, le CdV monorail peut être utilisé sur une ligne dont la vitesse est supérieure à 60km/h pour supprimer ou réduire un trou d'isolement.

- **CdV sans joints courts – Superposition de CdV :**

Les CdV sans joints courts peuvent être utilisés sur toutes les lignes, superposés ou non à un CdV de grande longueur, chaque fois qu'il est nécessaire de disposer localement d'un CdV court sans recourir à la pose de joints isolants.

Il existe deux types de circuits de voie sans joints courts :

- *le circuit de voie 8700Hz conçu par l'entreprise CSEE.
- *Le circuit de voie 8700Hz à impulsions conçu par l'entreprise Jeumont Schneider.



Chapitre 4:

Problématique et Solution

4.1 Description de la problématique

Au début, lorsque les premiers trains ont circulé, leur nombre ne justifiait pas une organisation particulière. Les faire rouler s'avérait déjà être un exploit ! Mais une fois l'effet de surprise passé, la demande et le trafic ont augmenté, il a donc fallu structurer toute cette organisation. Le pôle chargé d'infrastructure et de la circulation a alors mis en travail un nouveau mode de fonctionnement : il s'agit de créer un intervalle de temps entre l'envoi de deux trains pour garantir un espace suffisant évitant ainsi tout accident notamment de rattrapage (Accident ferroviaire où le train de derrière vient percuter le train de devant) ce qui ne protégeait pas contre les arrêts intempestifs en ligne. Cependant, il n'y avait toujours aucun moyen de garantir la conservation de cet espace et d'agir en cas de panne, l'accident était donc un risque omniprésent.

Ce besoin de sécurité s'est structuré progressivement pour arriver à une version quasi définitive reprenant des règles de sécurité et de signalisation dont l'indéniable fiabilité constitue encore aujourd'hui la base de fonctionnement des chemins de Fer.

Parmi les plus importantes démarches de sécurité : **le cantonnement.**

Qu'est-ce que le cantonnement ?

4.2 Définition du Cantonnement

Le bloc-système ou **cantonnement** est le moyen généralement employé pour assurer un espacement suffisant entre les trains circulant dans le même sens sur une voie ferrée donnée.

Le principe de l'espacement des circulations par la distance consiste à partager la ligne en tronçons plus ou moins longs appelés « **cantons** » dans chacun desquels n'est admis normalement qu'un seul train.

Chaque canton est protégé par un signal d'arrêt qui demeure fermé pendant toute la durée de l'occupation.

Lorsque la longueur des cantons devient très petite par rapport à la distance de freinage (100 m par exemple par rapport à une distance de 1 500 m), on dit que l'on a affaire à un « cantonnement mobile ».

Donc le cantonnement a pour but de :

- Éviter les collisions entre trains (nez à nez),
- Assurer l'espacement des circulations pour éviter les rattrapages des trains,



- Augmenter la fréquence de circulations des trains en toutes sécurités...

Deux grands types de blocs coexistent à l'ONCF. Le choix du type de bloc pour une ligne se fait en fonction du nombre de trains que l'on veut faire passer par heure (fréquence des trains). Et pour assurer la sécurité des circulations en pleine ligne contre les rattrapages et le nez à nez, il est fait usage de l'un des systèmes suivants :

- **Cantonnement téléphonique,**
- **Block Automatique à Permissivité Restreinte (B.A.P.R).**

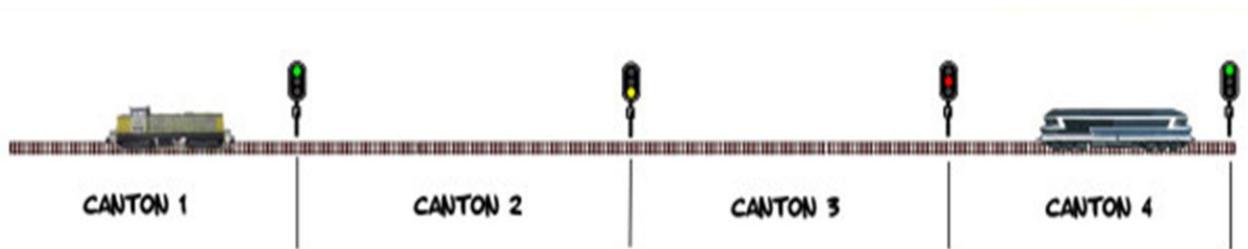


Figure 20 : Divisions de voie par cantons

Soit 3 gares successives A, B et C, et le sens de circulation de A vers C.



Derrière chaque train, le **chef de Sécurité B** doit prendre les dispositions utiles pour arrêter et retenir les trains se dirigeant vers la gare suivante C jusqu'à ce qu'il ait reçu la **Voie Libre (VL)** du **Chef de Sécurité** de cette gare.

4.2.1. Problèmes du cantonnement téléphonique :

- Pas de circuit de voie ;
- Peu ou pas de signaux sauf signal d'arrêt à main ;
- Du fait de la longueur des cantons (plusieurs kilomètres) le débit est faible ;
- La sécurité des circulations repose entièrement sur l'homme et les procédures réglementaires ;
- Du fait de l'absence de circuit de voie, il n'y a pas de détection de rail cassé ou de présence d'une circulation dans le canton.



4.2.2. Problèmes du B.A.P.R :

- Quelle que soit la longueur du canton, l'avertissement sera implanté à la distance qui va bien par rapport au sémaphore ;
- Le signal d'avertissement est reporté à la distance minimale d'annonce du signal d'arrêt et, de ce fait, n'autorise pas la circulation à plus de 160 km/h.

Suite à ses problèmes, une solution technique a été proposée :

4.3 Solution : BLOCK AUTOMATIQUE LUMINEUX (BAL)

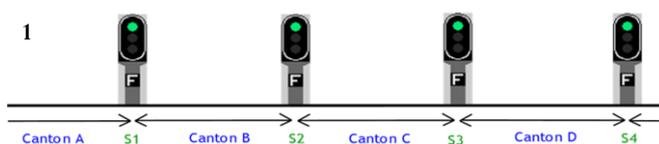
Le cantonnement empêche le rattrapage de deux trains de même sens. En Block Automatique Lumineux, la longueur des cantons est variable, de **1500m à 2800m maximum**. Lorsqu'un train entre dans un canton, il est "**défecté**" grâce aux **circuits de voie en shuntant les deux rails**. A l'entrée d'un canton, on trouve un signal renseignant le conducteur sur l'état du canton.

En voie unique, le **BAL** doit aussi gérer automatiquement la protection des trains envoyés l'un contre l'autre (nez à nez), grâce à la fonction "**d'Enclenchement de Sens**".

En ce qui concerne la fonction d'espacement des trains en pleine voie, le BAL peut se présenter sur une même cible, trois indications différentes :

- L'indication de **voie libre**, grâce à un **feu vert**
- L'indication **d'avertissement** de fermeture du prochain signal, grâce à un **feu jaune**
- L'indication de protection d'un train (**sémaphore fermé**), grâce à un **feu rouge**.

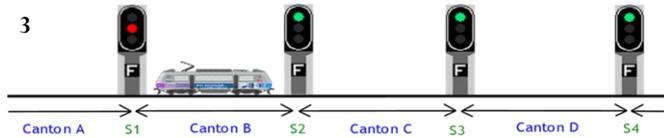
4.3.1. Fonctionnement du BAL :



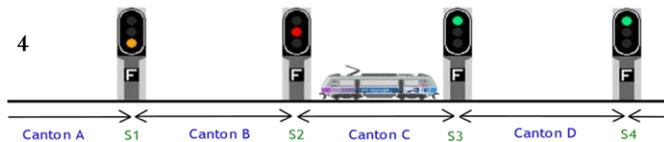
Tous les cantons sont libres, les signaux correspondants sont ouverts.



Un train est présent dans le canton A, le signal S1 concerne l'entrée dans le canton B, libre. Il reste donc ouvert.



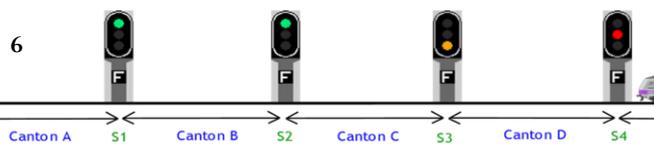
Le train pénètre à présent dans le canton B, le canton est donc occupé, le signal S1 se ferme, tant que le train est dans le canton.



Ensuite, le train libère le canton B et occupe le C, le signal S2 se ferme, le signal S1 s'ouvre, mais à l'avertissement et non à voie libre, pour indiquer au mécanicien que le signal suivant



L'opération se répète lors de l'entrée dans le canton D avec la fermeture du S3, l'ouverture à l'avertissement du S2, le S1 quant à lui s'ouvre à voie libre.



Le train entrant dans l'hypothétique canton E, le S4 se ferme, le S3 s'ouvre à l'avertissement et le S2 s'ouvre à voie libre

4.4 Circuit simplifié du BAL

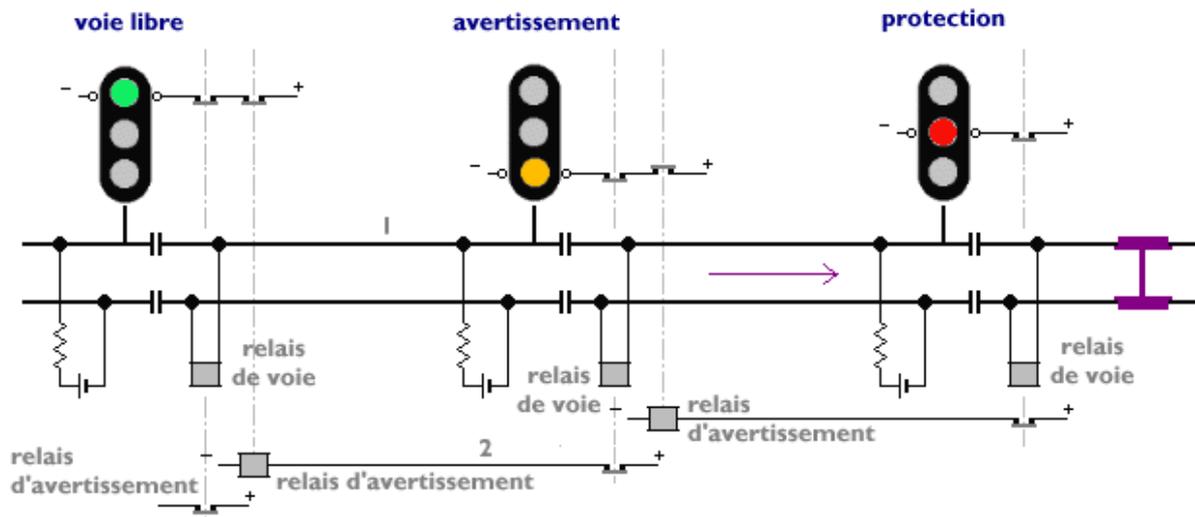


Figure 21 : Mode de fonctionnement du BAL



Conclusion :

Un mot de conclusion ne suffirait peut être pas pour indiquer le bénéfice de réaliser un projet de fin d'étude au sein de l'ONCF, cette expérience fut assez riche sur le plan professionnelle, il m'a surtout donné l'opportunité d'être en contact direct avec des personnes qui ont beaucoup de savoir-faire, et de tester par conséquent mes connaissances théoriques.

L'objectif de ce projet fin d'études était de comprendre **le principe de la signalisation ferroviaire** ainsi que se familiariser avec les circuits de voie, leurs types et leurs fonctionnement. Il a été l'occasion de développer mes connaissances acquises durant cette durée de stage de proposer, avec l'aide des encadrants, un block automatique à base de cantonnement et signaux tout en utilisant **le circuit de voie** qui nécessite des relais, afin d'améliorer la gestion de la circulation ferroviaire et assurer une meilleure sécurité. Souhaitant que cette dernière ait une fiabilité certaine surtout avec le lancement prochain des lignes à grande vitesse **LGV**.

Enfin, et en guise de conclusion, on peut dire que les solutions proposées sont très importantes au niveau de la sécurité et économie nationale, mais la technologie peut toujours nous surprendre avec de nouvelles innovations qui peuvent être bénéfique pour l'industrie et la société Marocaine.



Bibliographie/ Webographie

- Cours de l'institut de formation ferroviaire
- <http://lesiteferriviaire.pagesperso-orange.fr/ct.html>
- <http://www.oncf-lesrailsdelavenir.com/infrastructures.html>
- <http://www.alstom.com/fr/microsites/transport>
- Les archives des rapports , ONCF Fès