



LICENCE  
Electronique Télécommunication et Informatique  
(ETI)

RAPPORT DE FIN D'ETUDES

Intitulé :

**Etude de l'appareillage électrique  
d'une voiture de chemin de fer**

Réalisé Par :

Ibtissam LATACHI

Encadrée par :

P<sup>r</sup> Mr. RAZI

Mr. ENNAJEM

Soutenu le 12 Juin 2013 devant le jury

Pr Mr. RAZI (FST FES)

Pr Mr. EL MOUSSAOUI (FST FES)

Pr Mr. EL MARKHI (FST FES)

Mr. ENNAJEM ( ONCF)

# Sommaire

REMERCIEMENTS .....	3
INTRODUCTION .....	4
CHAPITRE 1- .....	5
PRESENTATION DE L'ONCF ET DU CENTRE DE MAINTENANCE DES MATERIELS DE FES (CMMF) .....	5
I- L'ONCF (HISTORIQUE, ORGANIGRAMME, VISIONS ET DOMAINE D'ACTIVITE) .....	6
1- HISTORIQUE : .....	6
2- ORGANIGRAMME DE L'ONCF : .....	6
II- LE CMMF- ORGANIGRAMME, ROLE, ACTIVITES - .....	8
1- LE CMMF : .....	8
CHAPITRE 2 – .....	11
L'APPAREILLAGE ELECTRIQUE D'UNE VOITURE DE CHEMIN DE FER .....	11
I- LA SONORISATION .....	12
II- L'ECLAIRAGE .....	13
III- L'INSTALLATION DE CONDITIONNEMENT .....	14
A- DESCRIPTION DES EQUIPEMENTS DE L'INSTALLATION DE CONDITIONNEMENT .....	14
B- DESCRIPTION DU CIRCUIT FRIGORIGENE : .....	18
C- TABLEAU DE CONTROLE FRIGORIFIQUE : .....	19
D- EXTRACTION DE L'AIR .....	19
E- LA REGULATION DE TEMPERATURE .....	19
F- LA COMMANDE DE L'INSTALLATION DE CONDITIONNEMENT (VOIR SCHEMA) .....	20
G- REGULATION FRIGORIFIQUE : .....	25
CONCLUSION .....	25
CHAPITRE 3 : .....	26
AMELIORATION DE L'INSTALLATION DE CONDITIONNEMENT .....	26
INTRODUCTION : .....	27
I- DEFAUTS ET ACTIONS MENEES PAR L'ONCF : .....	27
II- SOLUTIONS PROPOSEES .....	28
III- LA REGULATION DE FREQUENCE .....	29
CONCLUSION .....	33
TABLE DE FIGURE .....	34
GLOSSAIRE .....	35
BIBLIOGRAPHIE .....	36

## Remerciements

Aucun travail n'est véritablement individuel. Pour autant qu'il soit la somme d'une expérience ou d'un essai de réflexion, les aides ou influences extérieures ne sauraient être méconnues, encore moins reniées.

Tout d'abord, je profite de l'occasion pour témoigner ma reconnaissance à tous ceux qui ont contribué à la réussite de mon projet de fin d'étude, notamment à mes parents qui m'ont toujours encouragés, à Mr. BELOUCHI Pour m'avoir accueilli et permis d'effectuer mon stage au sein du CMMF, à mon professeur encadrant Mr. RAZI, à Mr. ENNAJEM et à Mr. BOUJIDA pour les efforts fournis en matière d'encadrement et de conseil, ainsi que tous les intervenants du CMMF.

Enfin je tiens à remercier Mr. ZOUAK, Doyen de la FST de Fès ainsi que l'ensemble du corps enseignant pour les efforts déployés tout au long du parcours universitaire et la qualité des cours dispensés

# Introduction

Le transport ferroviaire joue un rôle primordial dans le processus du développement, allant de pair avec l'évolution croissante que connaît le tissu économique et la renaissance que notre pays ne cesse d'enregistrer durant les dernières décennies. C'est un facteur essentiel de rapprochement des distances, qui assure le trafic des voyageurs et des marchandises entre les grandes villes dans de meilleures conditions ; c'est aussi un facteur stratégique en matière de redynamisation des activités industrielles en reliant leurs sites aux principaux ports du Royaume.

D'où le renouvellement et la maintenance technique des équipements du chemin de fer sont indispensables pour une infrastructure moderne et pour un matériel fiable et confortable; de ce fait, on a eu l'idée de faire l'étude de les équipements d'une voiture de chemin de fer afin de détecter les problèmes critiques et d'essayer d'y remédier en élaborant un système qui les supervise et améliore leur rendement.

Ce rapport va donc traiter, dans un premier temps, le fonctionnement des équipements d'une voiture de chemin de fer ainsi que les difficultés et les problèmes souvent rencontrés ; et dans un second, il va traiter les solutions proposées pour y remédier.

**Chapitre 1-**  
**Présentation de l'ONCF et du Centre de  
Maintenance des Matériels de Fès (CMMF)**

# I- l'ONCF (Historique, organigramme, visions et domaine d'activité)

## 1- Historique :

Historiquement, la construction du réseau des chemins de fer du Maroc remonte au début du 20ème siècle. En effet, les premières lignes construites à voie de 0,60m 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 se partagèrent le trafic ferroviaire, en exploitant chacune la partie du réseau qui lui était concédée, jusqu'en 1963, lorsque le Gouvernement Marocain a décidé le rachat des concessions et la création de l'Office National des Chemins de Fer (ONCF). C'est un Établissement public à caractère industriel et commercial doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière, et placé sous la tutelle du Ministère du Transport et de la marine marchande.

## 2- Organigramme de l'ONCF :

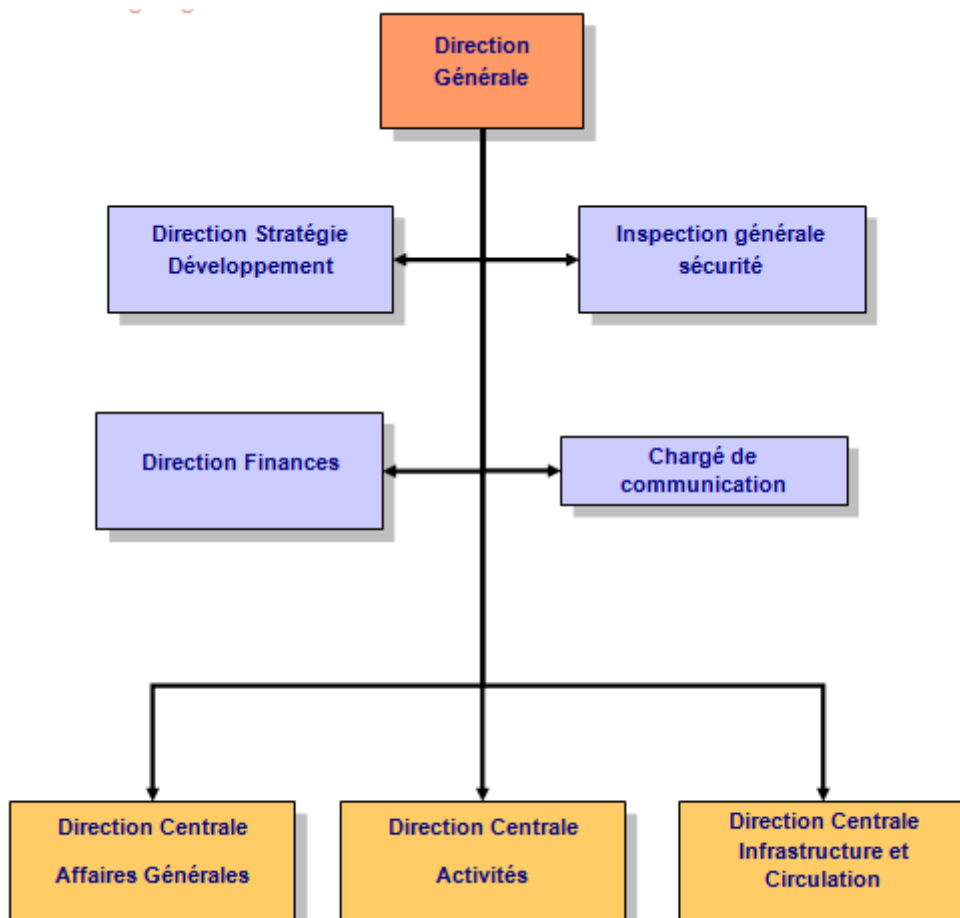


FIGURE 1: ORGANIGRAMME DE L'ONCF

## ❖ *Rôle de l'ONCF*

L'ONCF joue un rôle envers l'économie marocaine suivant deux volets :

- En sa qualité de transporteur de personne et des marchandises.
- En tant que client puisqu' il contribue à des achats annuels de matière de production.

## ❖ *Domaine d'activité*

- Le transport : l'ONCF opère sur trois marchés stratégiquement indépendants, à savoir:
  - le transport des voyageurs
  - le transport des marchandises diverses
  - le transport des phosphates.
- Le développement du réseau ferroviaire : le réseau ferroviaire marocain qui permet des vitesses de 160 Km/h sur certains tronçons, se présente sous forme d'un couloir reliant le Sud (Marrakech) à l'Est (Oujda) avec des antennes vers Tanger, Safi, Oued Zem , El Jadida et Bou Aârf. Il dessert les grandes villes et les principaux ports du Royaume à l'exception de ceux d'Agadir au Sud et de Nador au Nord. Il est également relié aux réseaux algérien et tunisien, avec des caractéristiques techniques similaires permettant d'assurer la circulation des trains dans de bonnes conditions d'exploitation.

## ❖ *Visions*

Au-delà de sa mission de service public, l'ONCF se veut une entreprise au service du public.

Pour progresser au rythme de ses clients, il anticipe et se dépasse en s'imposant une règle de conduite ; la poursuite de la modernisation de l'entreprise :

- dans son renouvellement technique en investissant continuellement dans une infrastructure moderne et un matériel fiable et confortable,
- dans son fonctionnement interne en améliorant le professionnalisme de son personnel et en assurant une gestion financière saine de l'entreprise,
- dans son action commerciale en adoptant une stratégie offensive orientée marché et offrant un système de services intégrés et innovants.

A l'horizon 2015, l'ONCF ambitionne de devenir le transporteur de référence à l'échelle nationale : être une entreprise performante, en croissance continue et réputée citoyenne, œuvrant pour mieux satisfaire ses clients et développer son capital humain.

Avec les futurs 1500 km de lignes à grande vitesse, l'ONCF vise 133 millions de voyageurs en 2030 contre 26,5 millions aujourd'hui.

## II- le CMMF- Organigramme, rôle, activités -

### 1- le CMMF :

#### ❖ *IDENTIFICATION*

LE CMMF: Centre de Maintenance des Matériels de Fès est situé dans l'enceinte de la GARE de Fès sis à AVENUE DES ALMOUHADES (voir carte géographique)

#### ❖ *MISSIONS*

Sa vocation est La maintenance du premier niveau du matériel remorqué à voyageurs affecté au CMMF.

- La formation et préparation des rames à voyageurs destinées aux trains nobles qui font la liaison Fès – Marrakech pour un parcours de 600Km.
- La formation des trains.
- La visite à l'arrivée des locomotives électriques, diesel électriques et la maintenance du premier niveau des locos Diesel électriques de manœuvre affectées au CMMF.

#### ❖ *ORGANISATION*



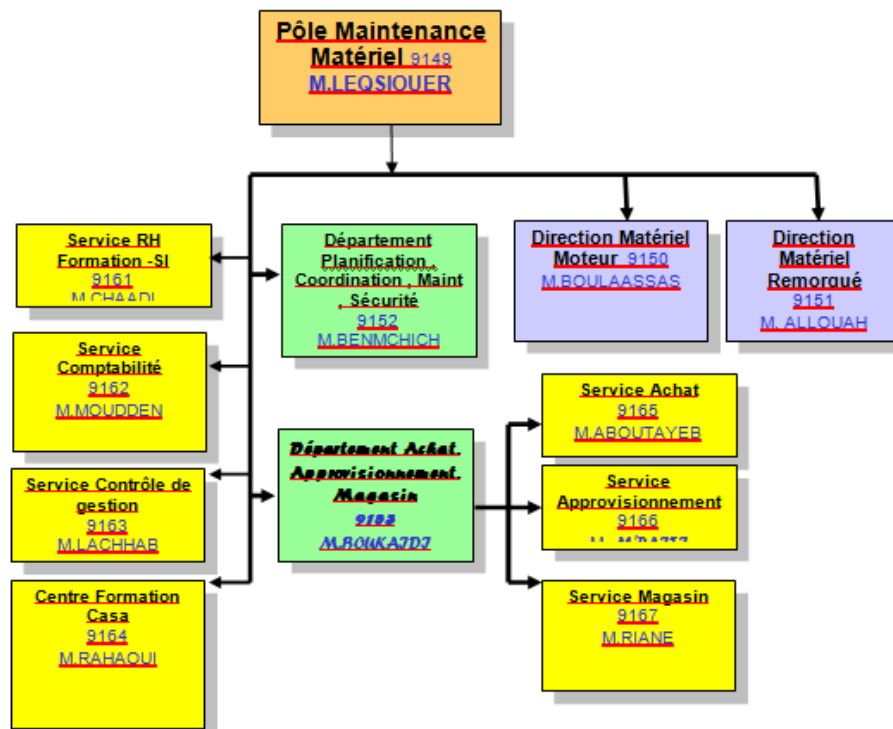


FIGURE 2 : ORGANIGRAMME GENERAL DU POLE MAINTENANCE MATERIEL

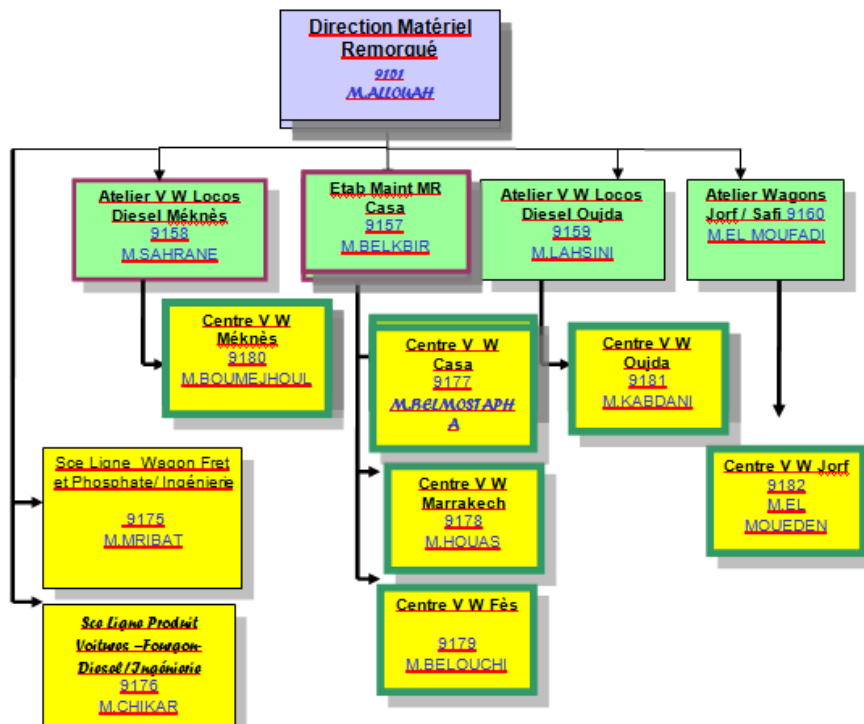


FIGURE 3 : DIRECTION MATERIEL REMORQUE

## ❖ **CENTRE DE MAINTENANCE MATERIEL DE FES**

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

Le centre a pour rôle de préparer les rames sur fosses, maintenir la caisse, confort, la partie de climatisation, éclairage, sonorisation, fourgons générateurs, frein et la partie mécanique.

Il est en charge des interventions suivantes :

✓ VA (Visite à l'arrivée):

Cette visite est effectuée chaque jour à l'arrivée de la rame, consiste la vérification du bon fonctionnement de la climatisation, chauffage, fourgon générateur, éclairage et effets sonores ainsi que des remplacement des filtres d'air, des lampes, des transformateurs...

✓ ATS (Autres travaux systématiques) :

L'ATS est effectuée entre deux VG, elle est réalisée avant la période d'été afin de préparer les voitures pour passer un service normal durant l'été.

✓ VG (visite générale) : est effectuée tous les ans.

**Chapitre 2 –  
L'appareillage électrique d'une voiture de  
chemin de fer**

Toute voiture de chemin de fer est alimentée en 380V alternative triphasée, par l'intermédiaire de coupleurs. Cette énergie est fournie par soit la **machine électrique**, Soit le **fourgon générateur** (groupe électrogène composé d'un moteur diesel et d'un alternateur).

De plus, toute voiture est équipée de l'appareillage suivant :

## I- la sonorisation

Le système de la sonorisation numérique installé sur le matériel voyageur permet:



FIGURE 4: EQUIPEMENT DE LA SONORISATION

- ✓ La diffusion des annonces préenregistrées déclenchées par GPS.
- ✓ La diffusion des annonces en mode manuel.
- ✓ La diffusion de la musique d'ambiance.

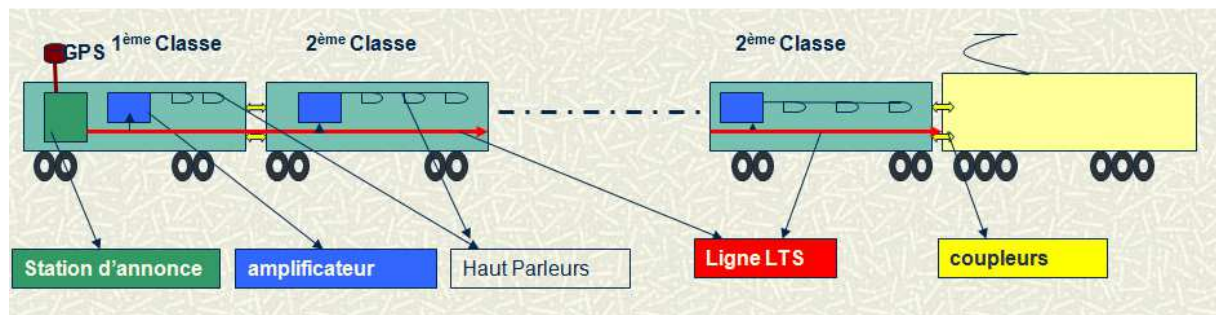


FIGURE 5: : SYSTEME DE SONORISATION DANS UN TRAIN

- **Pour que la sonorisation fonctionne correctement à bord d'un train, la présence de :** la station d'annonce dans la voiture 1<sup>ère</sup> classe, d'amplificateurs dans chaque voiture de la rame ainsi que de la Ligne train (LTS) est obligatoire.
- **Le non fonctionnement de la sonorisation dans les trains a pour causes soit:**
  1. L'absence d'équipements (75% des cas).
    - Station d'annonce dans les 1ères classes.
    - Amplis dans les voitures 2èmes classe.
  2. L'interruption de la ligne Sono (20 % des cas).
    - Coupleurs non placés.
    - Avarie des coupleurs (mauvaise qualité de fourniture locale).
    - Arrachement ou étirement de la ligne lors de la manœuvre.
  3. L'avarie des équipements (5% des cas).

## II- L'éclairage

L'éclairage des voitures est actuellement assuré exclusivement par des lampes électriques soit à incandescence, soit fluorescente.

Il existe deux types d'éclairage :

- **Eclairage autonome ou éclairage de secours** (à travers des lampes à incandescence).
- **Eclairage collectif** (à travers des lampes fluorescentes).

En effet : pour l'éclairage autonome, chaque voiture possède un équipement complet de 72V. Son éclairage se trouve assuré dans toutes les circonstances. Alors que pour l'éclairage collectif, une seule source 380/220V 50Hz fournie par un fourgon générateur ou locomotive et qui alimente toute la rame.

D'où on distingue deux modes de fonctionnement :

- *En mode normal:*
  - ✓ 220V~ pour l'éclairage collectif des voitures ( transformateur 380/220V + capacités pour améliorer le cosØ des lampes fluorescentes).
  - ✓ Pour l'éclairage de secours nécessite 72V continue. (on dispose d'un transformateur de 380/72V & un pont redresseur de diodes).

➤ En cas d'urgence:

L'alimentation de l'éclairage de secours est effectuée à travers 6 batteries de charge

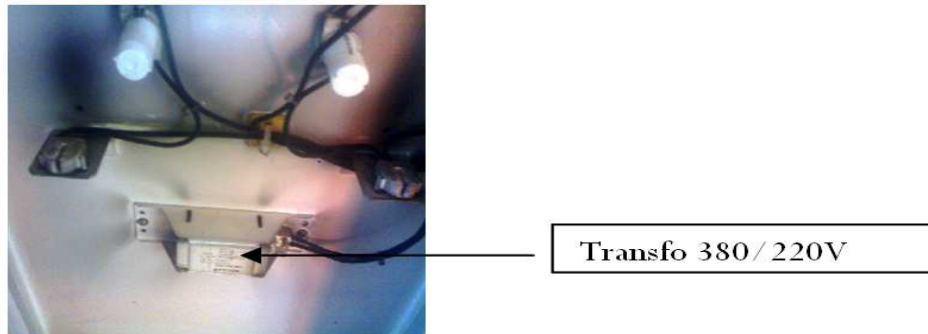


FIGURE 6: ECLAIRAGE COLLECTIF

### III- l'installation de conditionnement

#### A- Description des équipements de l'installation de conditionnement

Chaque voiture de chemin de fer est équipée d'une installation de conditionnement d'air.

L'air neuf pris à l'extérieur sur une face de la voiture, est filtré, puis mélangé à l'air repris à l'intérieur puis, après une nouvelle filtration, il est refroidi ou chauffé dans l'unité de conditionnement placée sous le châssis de la voiture.

Cet air traité est ensuite soufflé puis diffusé le long des parois par des diffuseurs placés sous les baies vitrées et des bouches calibrés. Le système se complète par un dispositif d'extraction, alors l'installation frigorifique comprend les organes suivants :

#### 1- Groupe condenseur :

Le groupe condenseur est placé sous le châssis et se compose des organes suivants :

- **Un condenseur** : c'est un échangeur de température réalisé en tube en cuivre.
- **Trois moto-ventilateurs de condenseur** : chaque groupe moto-ventilateur comprend un ventilateur hélicoïde entraîné directement par un moteur à courant alternatif triphasé 380V/50HZ -1500tr/min d'une puissance utile de 1 KW.



**FIGURE 7: LES MOTO-VENTILATEURS DU CONDENSEUR**

- **Une bouteille accumulatrice de liquide** : cette bouteille, d'une contenance de 24.5 litres, permet l'accumulation de liquide frigorigène lors des variations de charges ou pendant l'arrêt de l'installation.
  
- **Un filtre déshydrateur** : son rôle est double. En effet, il retient les impuretés (métalliques ou autres), et absorber les traces d'humidité restant dans le circuit frigorifique.



**FIGURE 8: BOUTEILLE ACCUMULATRICE ET FILTRE DESHYDRATEUR.**

- **Un groupe moto-compresseur** : composé d'un compresseur accouplé directement à un moteur électrique à courant alternatif, est du type semi-hermétique accessible .

Ce moto-compresseur comprend :

- **Un dispositif de réduction de puissance par variation de débit**, en effet il permet le passage de 4 à 2 cylindres par l'intermédiaire d'un orifice piloté par une vanne alimentée en 220V/50hz.
  
- **Une résistance carter**, cette résistance chauffante placée dans le carter du compresseur permet de dégazer l'huile avant le démarrage et pendant les arrêts du

compresseur. Cette résistance, d'une puissance de 125W est alimentée en 220V/50Hz dès que l'installation est sous tension.

- **Un moteur électrique**, qui est du type asynchrone triphasé d'une puissance absorbée de 19 kW à 1500 tr/min, sous une tension de 380V/50Hz. il dispose d'un CPM: un circuit électronique qui assure 3 sécurités combinées: contre surchauffe, contre pompage (démarrage successive: assurer un espace de 2 min) et contre le graissage (partie mécanique).
- **Un thermostat**, qui contrôle le compresseur par l'arrêt de l'installation si la température des gaz de refoulement excède 145°C.
- **Une vanne d'arrêt d'aspiration avec prise de pression BP.**
- **Une vanne d'arrêt de refoulement avec prise de pression HP.**



FIGURE 9: LE MOTO-COMPRESSEUR

## 2- Unité de conditionnement d'air :

Le coffre de l'unité de conditionnement comprend essentiellement :

- **Un volet d'air actionné par un servomoteur**: ce volet de recyclage prend **deux positions**, une pour la circulation complète de l'air, l'autre pour l'accès partiel d'air dynamique. Les 2 positions sont obtenues par un servomoteur qui est câblé sur l'arbre du volet, alimenté en 220v/50Hz, et pilotés par des thermostats.
- **Un filtre à air**: Ce filtre permet de retenir les particules de grandes et moyennes dimensions dans l'air.





*FIGURE 9: FILTRE A AIR*

- **Un évaporateur** : Il s'agit d'un échangeur de chaleur pour extraire la chaleur et l'humidité à l'air envoyé à la voiture.



*FIGURE 10: BATTERIE D'EVAPORATEUR*

- **Un détendeur thermostatique** : ce détendeur à égalisation externe de pression a pour rôle de régler l'injection de réfrigérant de façon à maintenir constante la surchauffe des vapeurs sortant de l'évaporateur.
- **Un séparateur de gouttes** : Il a pour rôle d'empêcher les gouttes d'eau du condenseur d'atteindre la batterie réchauffeuse.



*FIGURE 11: SEPARATEUR DE GOUTTES*

- **Un réchauffeur** : Constitué de 9 résistances d'une puissance de 20KW alimenté en 380V 50Hz.
- **Un groupe moto-ventilateur de soufflage** : Il comporte un moteur électrique asynchrone triphasé d'une puissance utile de 1KW et un ventilateur centrifuge.



FIGURE 12: GROUPE MOTO-VENTILLATEUR.

## B- Description du circuit frigorigène :

A l'intérieur de circuit frigorigène, le fluide réfrigérant **R134a CO2** subit 4 transformatrices thermodynamiques.

- Évaporation à pression constante
- Compression
- Condensation à pression constante
- Expansion

Le débit de réfrigérant entrant dans l'évaporateur est contrôlé par un dispositif automatique de régulation appelé détendeur d'expansion, ce qui produit une expansion du fluide qui subit ensuite un changement d'état (de liquide à gaz) à l'intérieur de l'évaporateur. Durant cette phase d'évaporation, la chaleur de l'air qui traverse l'évaporateur est soustraite ce qui provoque également la condensation d'une partie de l'eau. L'air envoyé dans le véhicule est par conséquent refroidi et déshumidifié.

A la sortie de l'évaporateur, le réfrigérant est aspiré par le compresseur et porté à un état de pression et de température élevées.

Pendant le passage dans le condenseur, le réfrigérant subit à un second changement d'état (de gaz à liquide). La chaleur est soustraite au fluide en envoyant dans le condenseur un flux d'air, de ce fait, il se réchauffe.

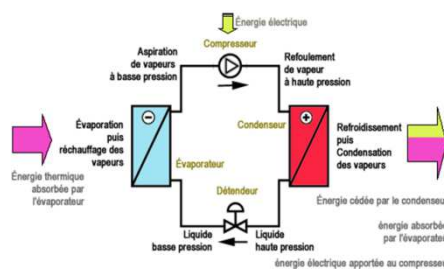


FIGURE 13: PRINCIPE DE CLIMATISATION.

## C- Tableau de contrôle frigorifique :

Afin d'assurer la commande et le contrôle frigorifique de l'installation, une platine montée à l'intérieur de la voiture, est équipé des organes suivants :

- ✓ **un manomètre basse pression** qui contrôle la basse pression en cas de diminution de pression.
- ✓ **un manomètre haute pression** qui contrôle la haute pression en cas d'augmentation de pression.
- ✓ **un pressostat combiné HP – BP de sécurité** qui limite la puissance lors du démarrage ou du fonctionnement par haute température (fonctionnement du compresseur sur 2 cylindres).
- ✓ **un pressostat HP de régulation** du nombre de ventilateurs de condenseurs.



FIGURE 14: TABLE DE CONTROLE

## D- extraction de l'air

A chaque extrémité de la voiture, l'évacuation de l'air est assurée par un groupe moto-ventilateur. Et pour assurer cette évacuation on a besoin de :

- 1 hélice assurant un débit de 500m<sup>3</sup>/h
- 1 moteur électrique asynchrone monophasé sous 220V.50 Hz.de puissance 0.1 KW.

## E- la régulation de température

Elle est assurée par un dispositif électronique, alimenté en 24Vcc, par voiture agissant sur le chauffage et la réfrigération. L'air traité dans l'installation peut être :

- Soit réchauffé au travers de la batterie de chauffe. La régulation agissant en tout ou rien.
- Soit refroidi au travers de l'évaporateur. La régulation agissant en tout ou rien.

Ceci est possible grâce à des sondes de températures (1 sonde extérieur, 1 sonde ambiante, 1 sonde d'air soufflé) qui transmettent au régulateur les données de température qu'il lui faut.



FIGURE 15: REGULATEUR

## **F- La commande de l'installation de conditionnement (voir schéma)**

Afin d'assurer le bon fonctionnement de tous ces équipements, un circuit de commande est établi dans chaque voiture.

En effet, le commutateur de commande de l'installation ZCL est à trois positions marquées : **arrêt, ventilation, Conditionnement**.

**PS.** les disjoncteurs DJVT1, 2, 3, 4 ainsi que le sectionneur HPC sont fermés.

Lorsque le commutateur est :

### **❖ En position arrêt**

l'installation ne fonctionne pas. Toutefois, s'il y a du courant triphasé 380V 50Hz.

- La lampe LT5 ( présence tension ) s'allume par le contact auxiliaire du disjoncteur DJ VT1.
- La résistance REC 1 du compresseur est alimentée à travers un contact à ouverture du contacteur CCP de commande du moteur compresseur.
- Le relais temporisé QTD est excité, prédisposant, le fonctionnement de la ventilation. *Il est à observer que c'est par l'ajustement de la temporisation de ce relais que nous obtiendrons le démarrage « en cascade » des installations d'une même rame, lorsque ces installations seront arrêtées avec le commutateur sur position conditionnement.*

- Présence de phase au régulateur de température.

#### ❖ En position ventilation

- le relais QTD reste excité, toutes les opérations précédentes sont effectuées.

De plus :

- Le contacteur CVT1 se ferme et met en marche les ventilateurs de l'unité de conditionnement VT1 et d'extraction VTE1 et VTE2, s'il n'y a pas d'anomalies (disjoncteur DJVT1 hors service par exemple).
- La lampe LT1 « ventilation » s'allume.
- Le relais auxiliaire QT est excité, permet la mise sous tension du relais de sécurité QSFCH qui s'autoalimente par la chaîne de sécurité, s'il n'y a pas d'anomalies.
- Le servomoteur SMO est alimenté sous le contrôle de ses thermostats THP et THR de régulation suivant les séquences suivantes :
  - Si la température intérieure 18°C, le thermostat THP vient alimenter le servomoteur, ce qui positionne le volet en air neuf minimum.
  - Si la température intérieure est supérieure à 18°C, 3 cas peuvent se présenter :
    - Si la température extérieur est inférieur ou égale à 5°C, le thermostat THR1 vient alimenter le servomoteur, se qui positionne le volet en air neuf minimum.
    - Si la température est comprise entre 5°C et 26° C, les thermostats THR1 et 2 viennent alimenter le servomoteur, ce qui positionne le volet en air neuf max.
    - Si la température extérieur est supérieur ou égale a 26°C, le thermostat THR2 vient alimenter le servomoteur, ce qui positionne le volet en air neuf minimum.
- Le transformateur redresseur destiné à l'alimentation du régulateur en 24Vcc est sous tension.

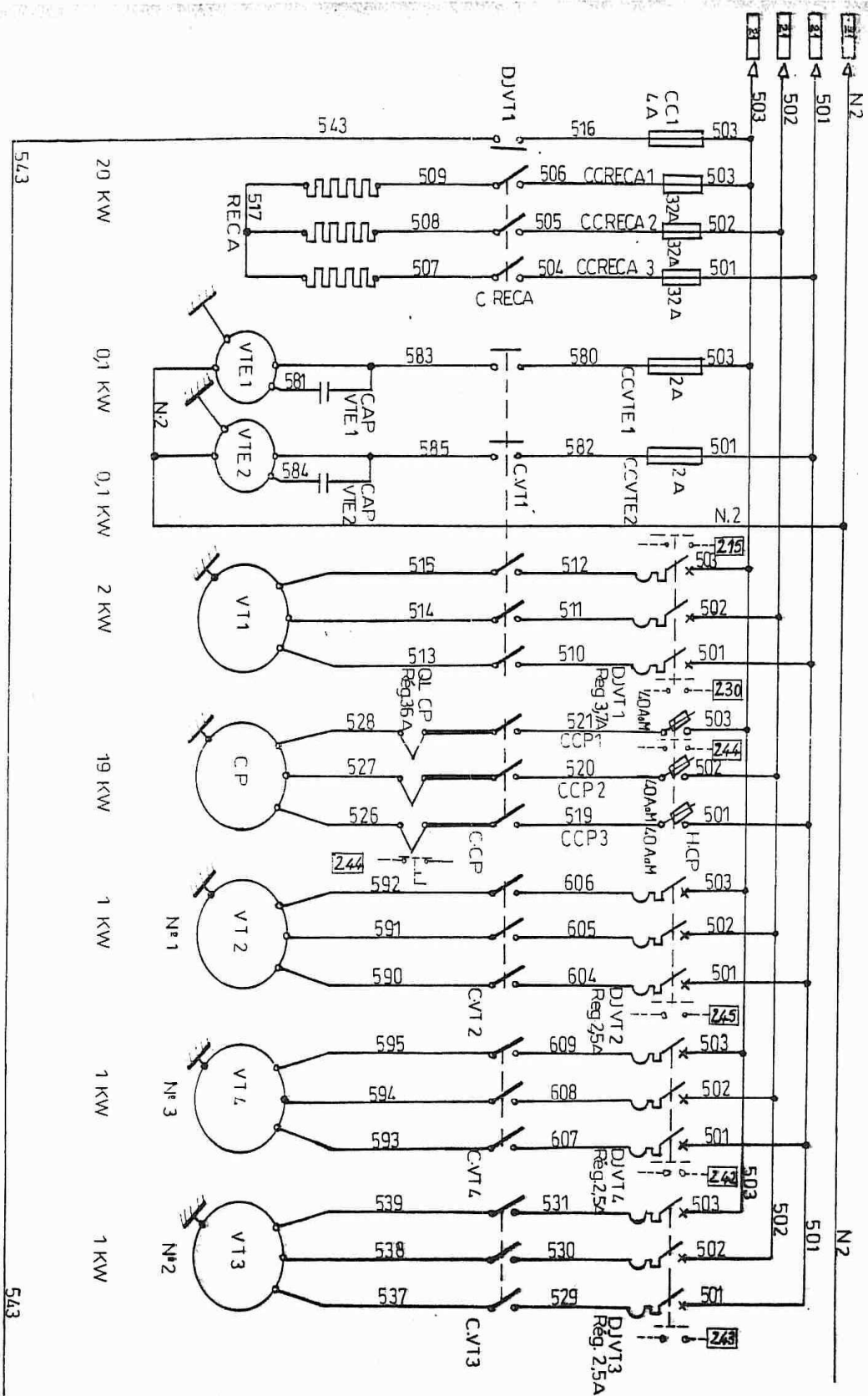
#### ❖ En position conditionnement

Toutes les opérations précédentes sont effectuées . De plus :

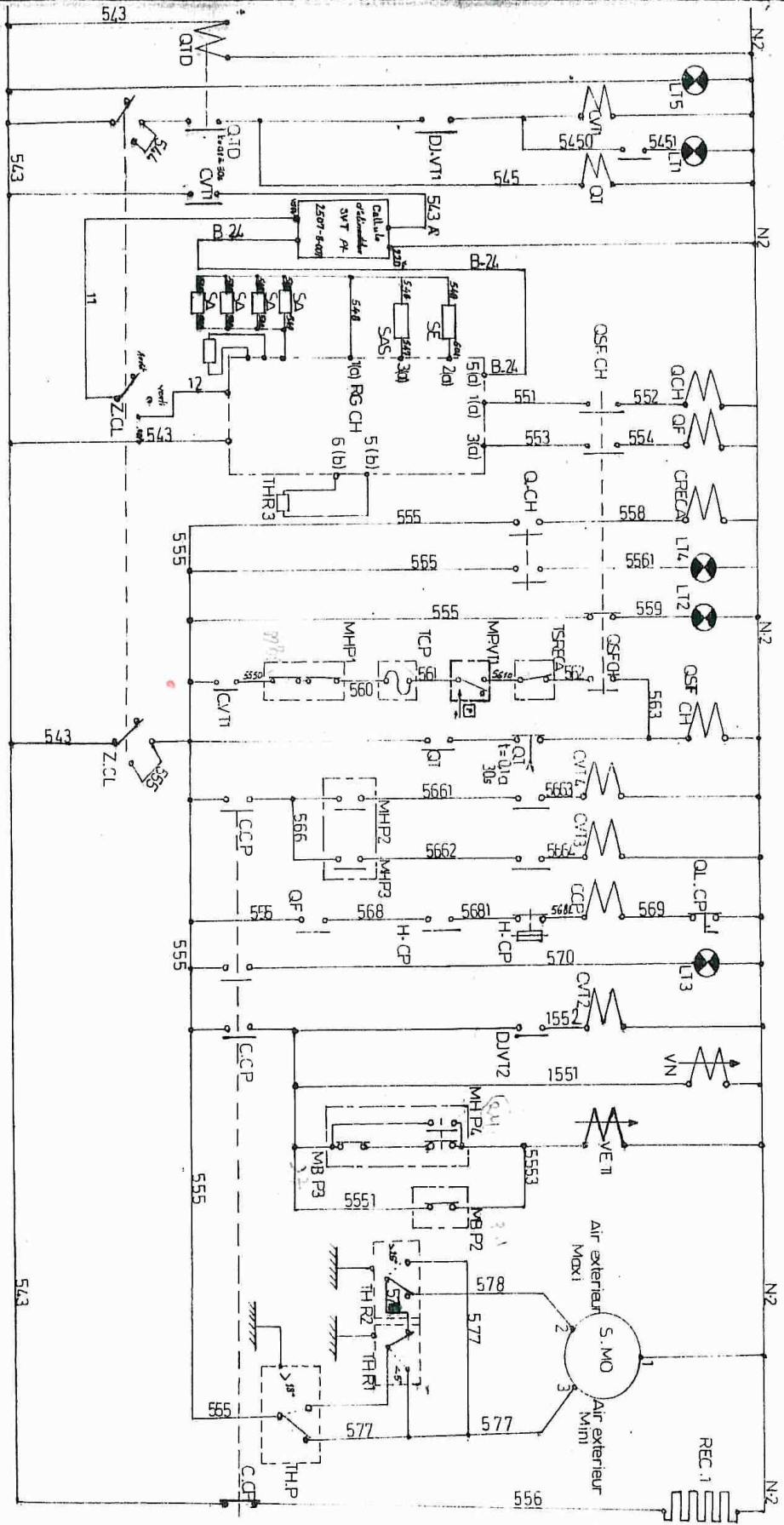
- Le régulateur de température RGCH est alimenté, et **3 cas sont à considérer** :
  - Les conditions de température à l'intérieur de la voiture sont telles que l'on a besoin ni de chauffer ni de refroidir. dans ce cas il ne se passe rien et l'installation fonctionne uniquement en ventilation.

- Les conditions de température à l'intérieur de la voiture ont telles que le régulateur demande du chauffage. Dans ce cas :
  - Le relais QCH est excité. La lampe LT4 du chauffage s'allume.
  - Le contacteur CRECA de commande du réchauffeur RECA est excité.
  - En cas d'élévation anormale de température (panne de ventilateur par exemple) le thermostat de sécurité TS RECA s'ouvre et désexcite le relais de sécurité QSFCH = le relais QCH, ainsi que le contacteur CRECA s'ouvre et la lampe « anomalie » LT2 s'allume.
  
- Les conditions de température à l'intérieur de la voiture sont telles que le régulateur demande de la réfrigération. dans ce cas :
  - Le relais demande froid QF est excité.
  - Le contacteur CCP est excité et le compresseur CP démarre.
  - En même temps un contact auxiliaire CCP alimente l'électrovanne « liquide » VN et le contacteur CVT2 = le premier ventilateur VT2 de condenseur tourne.
  - La résistance REC 1 du compresseur est désalimentée par l'ouverture du contact de CCP.

# CIRCUIT DE PUISSANCE VOIT 5<sup>ème</sup> SERIE



# CIRCUIT DE COMMANDE VOITURES 5<sup>ème</sup> SERIE



LABRAND



## ***G-Régulation frigorifique :***

La régulation d'une installation frigorifique a pour but l'assurance du bon fonctionnement de celle-ci, quelles que soient les conditions extérieures.

Pour réguler le circuit frigorifique, on doit contrôler l'un ou les éléments de celui-ci( c.à.d. compresseur, condenseur, détendeur ou évaporateur).

D'où on peut élaborer plusieurs méthodes de régulation frigorifique, seulement le choix dépend de notre système et des conditions climatiques dans lequel il va fonctionner.

Dans les voitures de chemin de fer, la régulation frigorifique est assurée à travers la mise **hors service des cylindres** du compresseur, la régulation du détendeur thermostatique et la variation de la ventilation du condenseur grâce à la cascade des ventilateurs du condenseur.

- ✓ ce type de régulation est supervisée par les pressostats du tableau de contrôle.

## **conclusion**

le but de toute étude de toute installation est de soulevée les problèmes détectés et d'essayer d'y remédier.

En effet, parmi les installations étudiées, on s'est concentrée sur celle du conditionnement, puisque c'est elle qui consomme le plus d'énergie électrique et puis elle représente un élément majeur dans l'assurance du confort des voyageurs, pendant les périodes de chaleur.

**chapitre 3 :**  
**Amélioration de l'installation de  
conditionnement**

## **Introduction :**

Dans ce chapitre, on va traiter les problèmes critiques soulevés durant l'étude de l'installation de conditionnement, les actions effectuées par l'ONCF pour y remédier ainsi que la solution qu'on a proposé.

## **I- Défauts et actions menées par l'ONCF :**

Parmi les équipements de l'installation de conditionnement, les problèmes les plus critiques étaient soulevés au niveau de l'installation frigorifique.

### **En effet, les défauts sont :**

- Rendement de climatisation faible ( la puissance frigorifique fournie par l'installation est faible par rapport à la puissance électrique absorbée).
- Arrêt de toute l'installation à cause des déclenchements causés par la haute pression (souvent pendant l'été).
- Avarie des moteurs condenseurs.
- Usure prématuré du groupe moto-compresseur.
- Perte importante d'énergie, en prenant en considération le rendement.

### **Pour y remédier a mené des actions :**

- Remplacement des CP de marque CARRIER par CP BITZER plus efficaces et plus robustes.
- Remplacement des évaporateurs dégradés à ailettes en aluminium par des évaporateurs à ailettes en cuivre.
- Remplacement du réfrigérant R22 par le R134a CO2.
- Nettoyage et remplacement des condenseurs.
- Assurer la disponibilité des organes de l'installation frigorifique à savoir:
  - flexibles d'aspiration et de refoulement
  - Moteur de ventilation et moteurs de refroidissement du condenseur

Grace a ceci, on a constaté une diminution d'incidents à partir de 2004 :

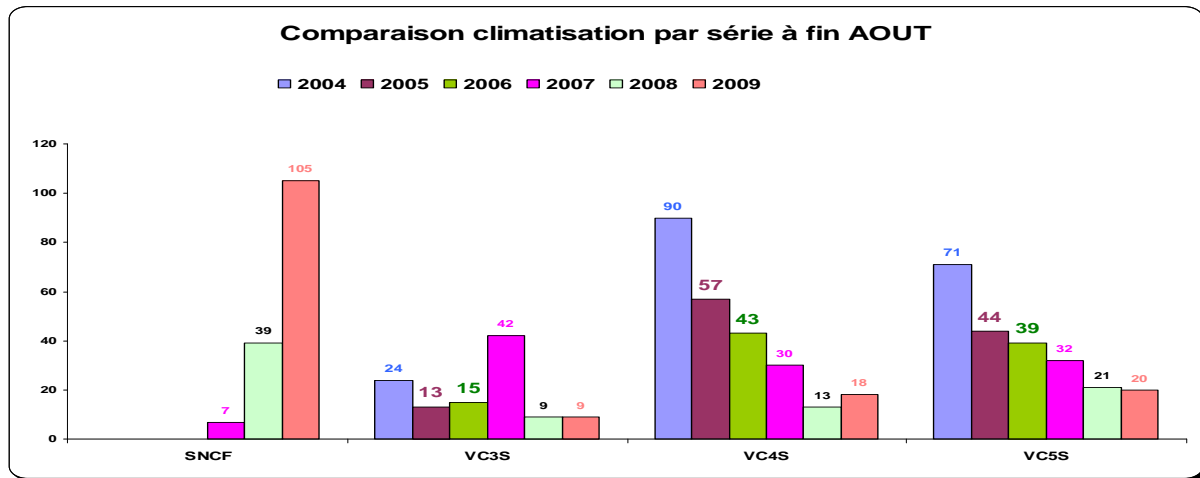


FIGURE 16: COMPARAISON CLIMATISATION PAR SERIE A FIN AOUT

PS : Les incidents générés par les voitures SNCF en 2007 et 2008 est du à la non adaptation de leurs équipements au climat du Maroc.

## II- solutions proposées

En général, dans un cycle thermodynamique ouvert, les équipements composant un cycle fermé sont liés les uns aux autres. En d'autres termes dès qu'un des éléments du circuit modifie son régime de fonctionnement, les autres doivent y répondre presque instantanément.

D'où pour améliorer la performance de l'installation plusieurs possibilités se présentent :

### ➤ Condenseur:

On peut abaisser la température de condensation par le nettoyage des condenseurs et l'assurance d'un environnement qui ne favorise pas le recyclage d'air (actions déjà effectuées par le CMMF). Comme on peut améliorer la régulation du détendeur, autrement dit, on peut utiliser un détendeur électronique qui permet un réglage plus précis de l'évaporateur, ou à défaut, utiliser un détendeur thermostatique tout en adoptant une ventilation à vitesse variable ou une cascade de ventilateurs via un pressostat à plusieurs étages (actions déjà effectuées par le CMMF).

### ➤ **Evaporateur:**

Rehausser la température d'évaporation ( lorsque la température d'évaporation augmente, on économise 2% d'énergie consommée par le compresseur, ce qui n'est pas toujours pratique).

### ➤ **Compresseur:**

- Augmenter le seuil de pression de déclenchement du compresseur (modifier la valeur du seuil du pressostat HP) : puisque le compresseur déclenche souvent par période de forte chaleur, le choix d'augmenter le seuil de pression de déclenchement est plus judicieux, plutôt que d'augmenter la puissance du compresseur en le remplaçant. (C'est une option qui permet d'éviter la surconsommation résultante, mais il faut prendre en considération son impact sur les autres organes, d'où il faut demander l'autorisation du fabricant avant toute mise en place).
  - Augmenter la surface du condenseur. ( impossible dans notre cas).
  - *Réguler la vitesse du moto-compresseur en utilisant un variateur de fréquence ( c'est la proposition traitée dans ce chapitre).*

## III- la régulation de fréquence

Les variateurs de fréquence permettent de varier la vitesse des moteurs et ainsi de réguler la puissance d'un compresseur. Pour une installation frigorifique, il constitue un moyen efficace d'adapter exactement la puissance du compresseur aux besoins. De plus cette forme de régulation présente plusieurs **avantages**, elle permet de :

- ✓ Adapter la puissance froid au strict nécessaire de la demande (**économie d'énergie jusqu'à 50%**).
- ✓ Réduire les pics d'intensité dans la consommation électrique.
- ✓ Eliminer les séquences de marche/arrêt : ainsi on réduit la consommation d'énergie et le niveau acoustique.
- ✓ Ménager les moteurs et augmenter leur longévité par un démarrage progressif.
- ✓ Réduire l'intensité de démarrage avec un couple maximal .
- ✓ Eliminer la commutation étoile/triangle.

## 1-Comparaison avec la méthode de La mise hors-service de cylindres utilisé à l'ONCF :

C'est un système simple et fiable, moyennement efficace sur le plan énergétique.

▶ *Avantage :*

pour éviter les pointes de courant de démarrage, il est possible de démarrer à vide le compresseur.

▶ *Inconvénients:*

- la variation de la puissance n'est pas continue (sauts de puissance).
- l'usure de la machine est pratiquement identique à vide ou en charge.

## 2- Mode de fonctionnement d'un régulateur de fréquence

Un variateur de fréquence fonctionne en convertissant le courant alternatif en courant continu, puis en régénérant un signal alternatif simulé à la fréquence requise. Un compresseur activé par un moteur asynchrone fonctionnera à une vitesse correspondant à la fréquence. La vitesse sera directement proportionnelle à la fréquence d'alimentation.

## 3- Structure d'un régulateur de fréquence

Un variateur de fréquence est constitué de :

- *Un redresseur:* qui permet d'obtenir un courant quasi-continu à partir d'un courant alternatif.
- *un filtre:* pour obtenir un signal pratiquement continu.
- *un onduleur:* recréer une triphasée alternative de fréquence et tension variable ; **la commande de l'onduleur est réalisée en MLI. Sinus.**
- **MLI** (modulation de largeur d'impulsion) : cette technique consiste à découper la tension d'alimentation, afin d'obtenir un courant d'alimentation quasi-sinusoïdale quelque soit la fréquence .

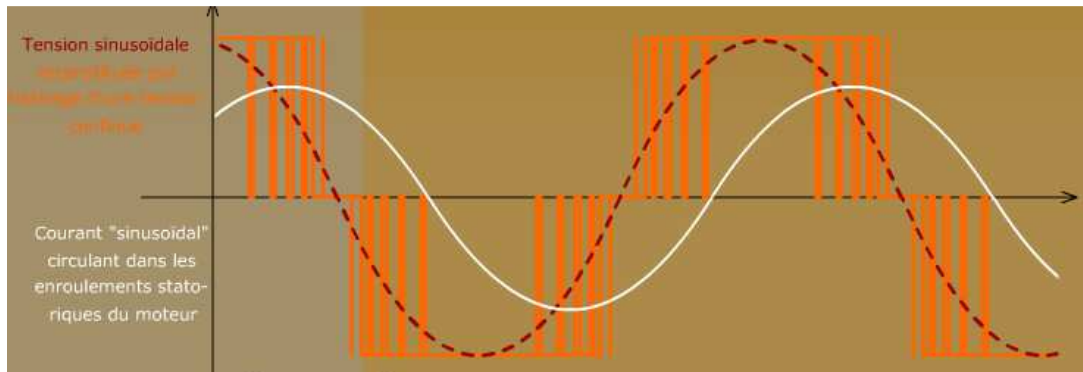


FIGURE 17 : SIGNAL RECUPERE PAR MLI

- *Un circuit de commande* : il existe deux types de commande :
  - **Principe des variateurs scalaires (simple commande)** : utilisé pour les petites et moyennes puissances. C'est le système de commande de base des variateurs de fréquence standards.

Son principe est de maintenir  $\frac{U}{f} = C^{st}$ , autrement dit de garder le flux constant :

le contrôle du couple se fait par l'action du glissement. le couple est proportionnel au rapport  $U/f$  (en effet  $C \sim UI/f$ ), donc en maintenant ce rapport constant et en jouant sur la fréquence on peut varier le couple et le glissement (donc la vitesse).

Autrement dit, la commande  $U/f$  se base sur la mesure de grandeurs scalaires (valeurs d'amplitude en tension et en fréquence).

Afin de garder un flux constant dans le moteur et donc aussi une variation de vitesse à couple constant, la tension et la fréquence varient proportionnellement jusqu'à la fréquence nominale du moteur (50 Hz). Lorsque la tension nominale est atteinte, la tension ne sachant plus augmenter, il est toujours possible d'augmenter la fréquence; dans ce cas la variation se fait à puissance constante, le couple diminue avec la vitesse.

**PS** : Il faut garder la fréquence  $> 5\text{HZ}$ . Car à basse fréquences la chute de tension devient importante et le variateur ne peut plus maintenir le rapport précédent fixe.

➤ **Principe des variateurs vectoriels (commande sophistiquée)**

Elle désigne l'ensemble des commandes tenant compte en temps réel des équations du systèmes qu'elle commande. Cette commande est beaucoup plus complexe que la commande scalaire, du fait que les relations finales sont vectorielles, mais en contrepartie, elle permet d'obtenir de meilleurs performances lors des régimes transitoires.

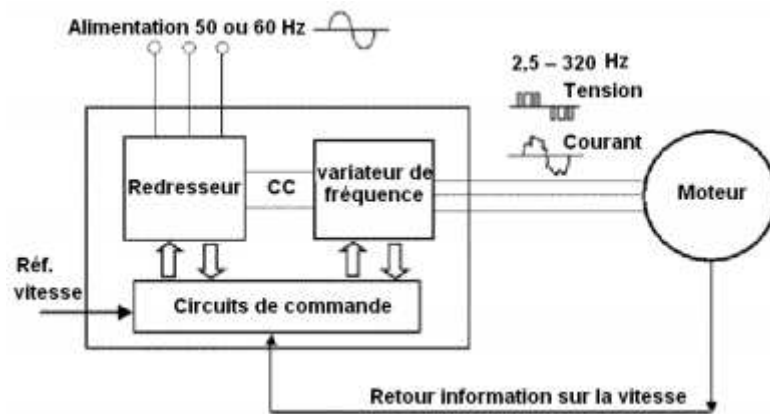


FIGURE 18: SCHEMA FONCTIONNEL D'UN REGULATEUR DE FREQUENCE.

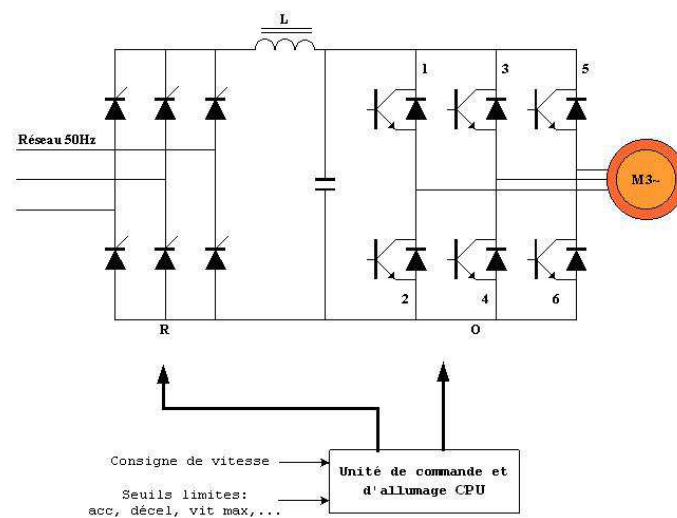


FIGURE 19: SCHEMA DETAILLE D'UN REGULATEUR DE FREQUENCE.



## Conclusion

À travers le monde, le transport ferroviaire est reconnu comme étant un moyen de transport respectueux de l'environnement. Connaissant ceci, on a voulu s'engager encore plus loin : étudier les équipements d'une voiture de chemin de fer dans le but de proposer un système qui permet d'économiser plus d'énergie électrique.

En effet, en se basant sur l'étude effectuée ainsi que sur les connaissances théoriques acquises durant ces trois années, on a proposé le régulateur de fréquence comme solution optimale qui permettra l'amélioration des performances énergétiques du moteur compresseur (puisque c'est le cœur de tout système de climatisation et qui doit battre correctement).



FIGURE 20: LE TRAIN AMI DE L'ENVIRONNEMENT

## Table de figure

<i>figure 1: organigramme de l'oncf</i> .....	6
<i>figure 2 :organigramme general du pole maintenance materiel</i> .....	9
<i>figure 3: : direction materiel remorque</i> .....	9
<i>figure 4: équipement de la sonorisation</i> .....	12
<i>figure 5: système de sonorisation dans un train</i> .....	12
<i>figure 6: éclairage collectif</i> .....	14
<i>figure 7: les moto-ventilateurs</i> .....	15
<i>figure 8: bouteille accumulatrice et filtre déshydrateur</i> .....	15
<i>figure 9: filtre a air</i> .....	17
<i>figure 10: batterie d'évaporateur</i> .....	17
<i>figure 11: separateur de gouttes</i> .....	17
<i>figure 12: groupe moto-ventillateur</i> .....	18
<i>figure 13: principe de climatisation</i> .....	18
<i>figure 14: table de controle</i> .....	19
<i>figure 15: regulateur</i> .....	20
<i>figure 16: comparaison climatisation par série a fin aout</i> .....	28
<i>figure 17 : signal récupéré par mli</i> .....	31
<i>figure 18: schéma fonctionnel d'un regulateur de frequence</i> .....	32
<i>figure 19: schéma détaillé d'un régulateur de fréquence</i> .....	32
<i>figure 20: le train ami de l'environnement</i> .....	33

## glossaire

- CMMF : centre de maintenance des matériels de Fès.
- CCP : contact compresseur.
- CPM : circuit de protection du moteur-compresseur.
- CVT1 : contact du MVT1.
- CVT2-3-4 : contact des moteurs de condenseur.
- CRECA : contact u réchauffeur électrique.
- DJVT1 : disjoncteur du MVT1.
- DJVT2-3-4 :disjoncteur des moteurs de condenseur.
- HCP : sectionneur du compresseur.
- QCH : relais de commande de chaud.
- QF : relais de commande de froid.
- QSFCH : relais de sécurité de froid et du chaud.
- QT : relais temporisé de démarrage.
- QTD : relais temporisé de démarrage.
- REC1 : résistance du compresseur.
- REGCH : régulateur de température.
- TS RECA : thermostat de sécurité du réchauffeur.
- THR : thermostat de contrôle du servomoteur.
- VE11 : vanne de réduction de puissance du compresseur.
- VT1-2-3 : moteurs ventilateurs.
- ZCL : le commutateur de commande de l'installation de conditionnement.

# Bibliographie

\*notice descriptive et d'entretien des équipements de conditionnement d'air pour une voiture de chemin de fer du Maroc / ONCF- SCIF