

68019



NATIONS UNIES

CONSEIL ÉCONOMIQUE ET SOCIAL

E/ECA/CMU/42  
NOVEMBRE 1990

COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE

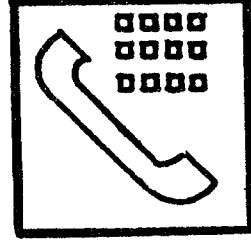
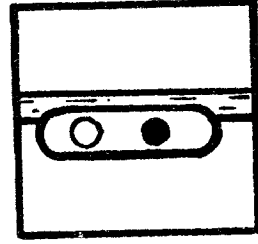
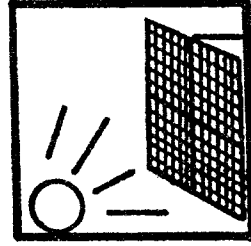
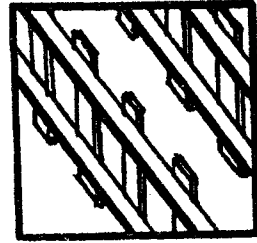
UNION AFRICAINE DES CHEMINS DE FER



TELECOMMUNICATIONS ET

SIGNALISATION DANS LES

CHEMINS DE FER AFRICAINS



**TABLE DES MATIERES**

	<b><u>Page</u></b>
<b>ABREVIATIONS</b>	
<b>AVANT-PROPOS</b>	1
1. INTRODUCTION	1
2. IMPORTANCE DES TELECOMMUNICATIONS ET DE LA SIGNALISATION	3
3. SYSTEMES DISPONIBLES POUR LES RESEAUX DE CHEMINS DE FER	3
3.1 Télécommunications	6
3.2 Signalisation	15
3.3 Alimentation en énergie	20
4. STATUS DES TELECOMMUNICATIONS ET DE LA SIGNALISATION DANS QUELQUES PAYS AFRICAINS SELECTIONNES	21
4.1 Côte d'Ivoire	30
4.2 Egypte	36
4.3 Gabon	45
4.4 Tunisie	53
4.5 Zaïre	62
5. RESUME DES PERCEPTIONS	68
6. PROGRAMMES D'ACTION	70
7. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	74
BIBLIOGRAPHIE	

**ABREVIATIONS**

AMRT	Accès multiple avec répartition dans le temps
BAL	Bloc automatique lumineux
BLU	Bande latérale unique
BVU	Bloc de voie unique
CEA	Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique
CFMK	Chemin de fer Matadi - Kinshasa
CTC	Commande de trafic centralisée
ENR	Egyptian National Railways
MIC	Multiplexage à impulsions codées
OCTRA	Office du chemin de fer Transgabonais
ONATRA	Office National des Transports
PC	Poste de commande (ou de commandement)
PRG	Poste relais géographique
PRS	Poste relais souple
RAB	Répétition à bord
SAL	Signalisation automatique lumineuse
SCFB	Société des chemins de fer du Burkina
SICF	Société ivoirienne des chemins de fer
SNCFT	Société Nationale de Chemins de Fer Tunisiens
SNCZ	Société Nationale de Chemins de Fer du Zaïre
UAC	Union africaine des chemins de fer
UIC	Union internationale des chemins de fer
UIT	Union internationale des télécommunications

**AVANT-PROPOS**

Une évaluation effectuée par la Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique (CEA) sur le travail de la Commission technique voie, interconnexions, signalisation et télécommunications de l'Union africaine des chemins de fer (UAC) a révélé que le sujet des télécommunications des chemins de fer n'a pas rencontré l'attention et la priorité qu'il aurait mérité à la lumière des innovations dans le secteur. Bien que l'on ait obtenu du progrès en trouvant des solutions communes au niveau de la maintenance et de la voie ainsi que dans la recherche de standards, aucune initiative importante n'a été prise dans le domaine des télécommunications et de la signalisation.

Il est généralement reconnu que la signalisation des chemins de fer est restée essentiellement simple et qu'elle est graduellement devenue obsolète. La philosophie appliquée était celle que tant que les trains opéraient sans accident, il n'y avait pas besoin de faire des investissements en ce qui était considéré comme des équipements qui ne rapportent pas. Cependant il est opportun d'appuyer sur la nécessité que la réhabilitation de la voie, du matériel roulant et de l'équipement devrait être accompagnée d'une technique moderne de télécommunications.

Afin d'élaborer des Programmes d'action pour l'avenir, L'UAC et la CEA se proposent - moyennant cette publication - de disseminer les expériences faites par quelques sociétés africaines de chemins de fer dans le domaine respectif. Elle fournit également des informations sur les systèmes modernes qui sont disponibles sur le marché.

L'UAC et la CEA souhaitent saisir l'occasion pour exprimer leurs profondes gratitudeux aux Sociétés de chemins de fer de la Côte d'Ivoire, de l'Egypte, du Gabon, de la Tunisie et du Zaïre qui ont bien voulu accepter de contribuer à cette étude en donnant leurs accords pour les missions prospectives à entreprendre et en mettant disponible des données et informations importantes.

## I. INTRODUCTION

Impressionnante croissance du transport routier, par contre chute considérable du trafic, dans le transport ferroviaire aussi bien de voyageurs que de marchandises: tel est le constat actuel de l'environnement dans lequel se trouvent les chemins de fer de l'Afrique au Sud du Sahara.

Pourquoi donc rechercher, sur les réseaux africains, une amélioration des télécommunications et de la signalisation, amélioration que seule un accroissement de trafic et donc des recettes financières pouvait techniquement d'abord, économiquement ensuite, justifier? A cela deux raisons fondamentales: handicaps techniques d'une part, évolution technologique d'autre part.

Dans la plupart des chemins de fer africains, les réseaux de télécommunications souffrent de déficiences techniques, principalement de saturation et de manque de fiabilité. Le matériel est très souvent arrivé à sa limite d'usure et on constate également un manque chronique de pièces de rechange, soit à cause d'une pénurie de devises étrangères, soit par le fait que le matériel trop ancien n'est plus fabriqué.

Lors qu'on est obligé de remplacer du matériel périmé, on tirera profit du progrès technologique. Dans les domaines des télécommunications et de la signalisation, c'est la technologie numérique qui est déjà largement introduite dans les pays industrialisés.

Mais il faut souligner que ce n'est pas la numérisation en soi qui pourra résoudre tous les problèmes. La plupart des équipements analogiques a fonctionné pendant des décennies et continuera à fonctionner encore pendant longtemps, si la maintenance est adéquate et si les pièces de rechange sont disponibles.

En matière d'alimentation en énergie, l'utilisation de l'énergie solaire pourra aider à résoudre beaucoup de problèmes. Cette technologie est aujourd'hui bien maîtrisée et la majorité des pays africains profitent d'une insolation très forte.

La présente étude se propose, sur la base de renseignements recueillis auprès de quelques réseaux ferroviaires, de définir des stratégies en vue de l'amélioration des télécommunications et de la signalisation dans les réseaux ferroviaires africains.

## II. IMPORTANCE DE TELECOMMUNICATIONS ET DE LA SIGNALISATION

Les deux domaines de télécommunication et de signalisation respectivement constituent des parties intégrantes des chemins de fer. Elles doivent se développer au même rythme que le réseau ferroviaire et leur efficacité est indispensable pour accroissement de la sécurité et du volume de trafic ainsi que pour une réduction des effectifs du personnel.

Au niveau de la télécommunication, les liaisons de gare à gare ainsi que de régulation (dispatching) constituent les services de base pour les besoins d'exploitation. Plus le réseau ferroviaire évolue aux termes de sa longueur et de sa capacité, plus de services complémentaires sont à prévoir.

A travers la radio sol-train, on établit des communications de routine ainsi que d'urgence respectivement entre le mécanicien des gares et le poste de régulation. Elle peut également servir de secours en cas de pannes des liaisons de régulation.

La radio de triage doit interconnecter la cabine d'aiguillage avec le personnel de triage pour des informations concernant la circulation à l'intérieure des gares de triage importantes. L'exploitation d'un tel système peut réduire le nombre d'accidents et, par conséquent, augmenter la sécurité pour le personnel et l'équipement.

Mises à part les communications vocales, les grands réseaux ferroviaires ont aussi besoin de la transmission de textes et de données (téléinformatique). Les télécopieurs pourraient successivement remplacer les téléimprimeurs, étant donné qu'ils peuvent être connectés aux réseaux téléphoniques existants.

Signalons aussi l'importance des télécommunications pour les besoins des administrations en général, comme par exemple, les liaisons entre directions régionales.

Finalement, en cas de coupure totale des communications, l'existence d'un réseau de secours permettrait d'écouler une bonne quantité du trafic. Les liaisons BLU sont de technologie éprouvée et peuvent atteindre des gares distantes sans la nécessité de passer par des stations répétries.

Il va sans dire que la signalisation est une précondition pour la protection de la circulation. Les systèmes simples et rudimentaires tels que la signalisation mécanique dans les gares et le cantonement téléphonique ainsi que les bâtons pilotes permettent l'exploitation des lignes à faible trafic. Pour augmenter la capacité d'un réseau (voies doublées, troisième voie, ...) et le volume du trafic on doit introduire des standards de sécurité plus rigoureux et avoir recours à des systèmes de signalisation plus efficaces et plus sophistiqués (signalisation électrique, bloc de voie unique, radio signalisation,....). Toutefois, le choix d'un système trop sophistiqué impliquerait des coûts d'investissement et d'exploitation plus élevés que nécessaires.

Des défauts dans les équipements de signalisation, surtout dans les cantons, ont des impacts graves sur l'exploitation qui, dans l'absence d'un système de secours, devrait être assurée sur la base d'autorisations écrites.

### III. SYSTEMES DISPONIBLES POUR LES RESEAUX DE CHEMINS DE FER

#### 3.1 Télécommunications

##### 3.1.1 Généralités

En raison de leurs besoins spécifiques, les sociétés de chemin de fer ont tendance à utiliser des réseaux de télécommunications qui sont entièrement indépendants des réseaux publics. Toutefois, pour des raisons économiques il est avantageux que les télécommunications de la voie ferrée profitent, dans la mesure du possible, des équipements et systèmes développés pour les réseaux publics de télécommunications et d'autres applications. Tout en adaptant convenablement certaines caractéristiques, on tiendra compte des besoins spécifiques de l'exploitation ferroviaire. Ceci convient tant pour les grands réseaux que pour les plus petits.

L'emploi d'équipements modernes développés pour le service de télécommunications en zone rurale sera particulièrement approprié, si le nombre d'abonnés est faible. Dans ce domaine, la technologie numérique permet, en combinaison avec l'énergie solaire, l'introduction de liaisons sans fils avec les gares et d'autres abonnés en zones isolées.

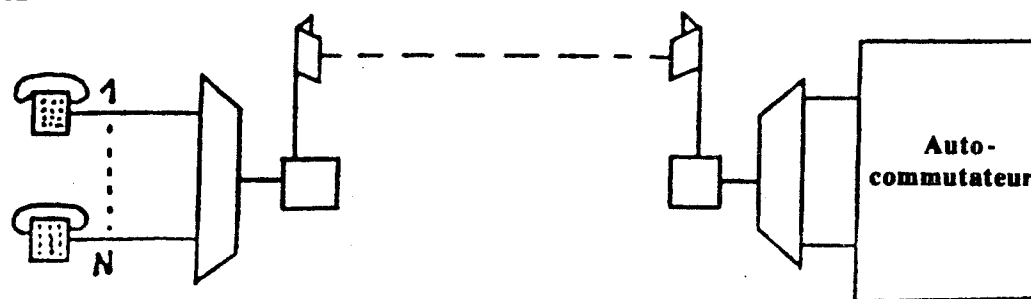
##### 3.1.2 Commutation

En ce qui concerne la technologie moderne, les techniques suivantes peuvent être utilisées au niveau des télécommunications pour les chemins de fer:

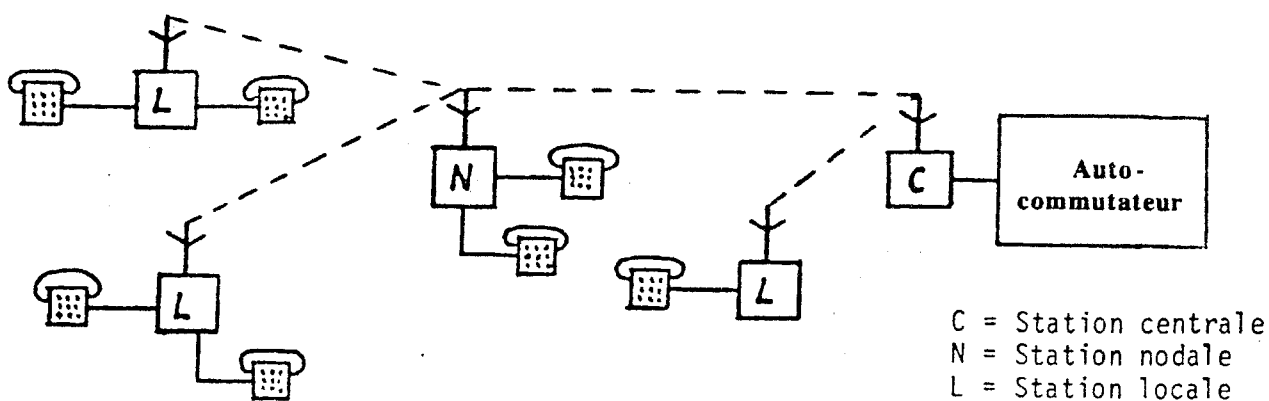
- centres de transit numériques;
- petits et moyens centres d'abonnés;
- concentrateurs numériques (Figure 3.1);
- systèmes radioélectriques à accès multiple avec répartition dans le temps (AMRT) pour la connection d'abonnés distants (Figure 3.2).

Concernant les centres de transit, ils seront combinés avec les centres d'abonnés.

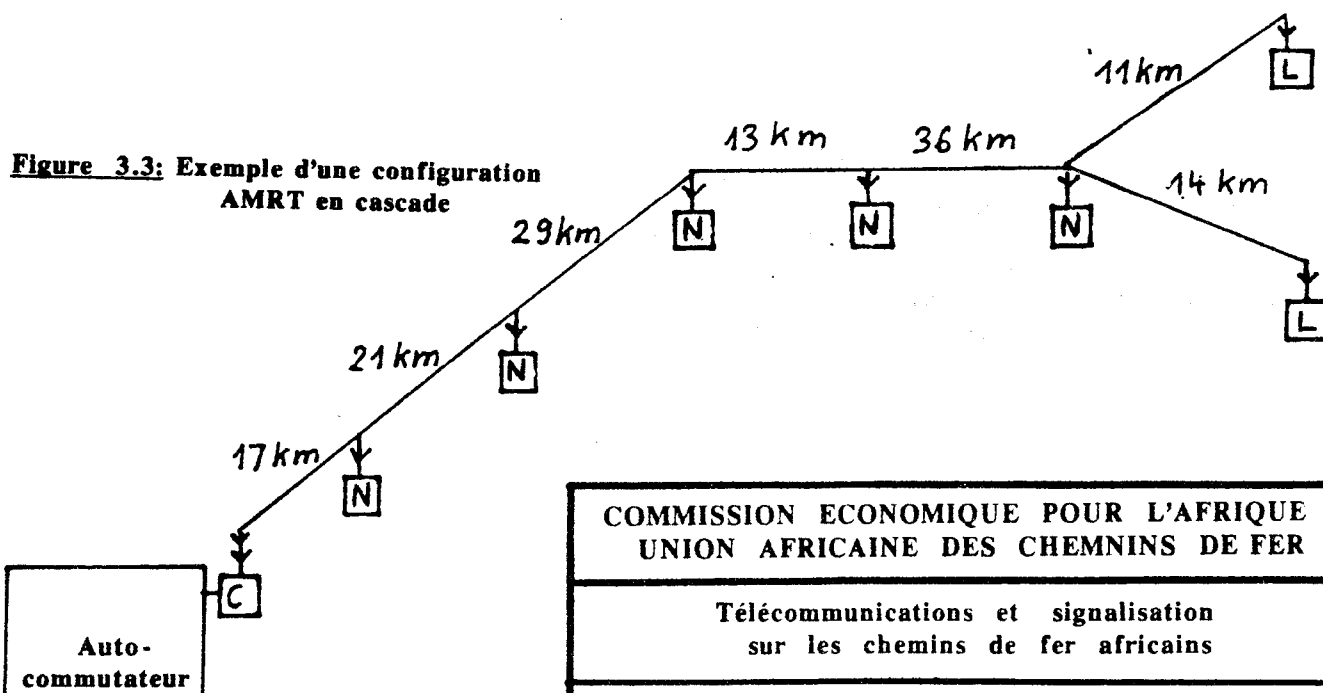
Les concentrateurs numériques à savoir les unités de commutation distante, constituent l'équipement de commutation le plus économique, surtout si le nombre d'abonnés se situe entre 30 et 500 environ. Toutefois, ils peuvent être utilisés seulement en connexion avec un central à coeur de chaîne qui les contrôlera. L'interruption des liaisons de câble ou de faisceaux hertziens avec le central coupera d'habitude le fonctionnement normal des concentrateurs, à moins que le trafic local soit assuré.



**Figure 3.1:** Liaison numérique par faisceaux hertziens à faible capacité avec concentrateur



**Figure 3.2:** Système radioélectrique à accès multiple avec répartition dans le temps (AMRT)





Dans les réseaux publics de télécommunications on utilise les systèmes radioélectriques numériques AMRT principalement pour l'accès d'abonnés aux centraux locaux ainsi que pour le raccordement d'abonnés télex. Produits par de différents fabricants, ils sont déjà installés dans de divers pays africains. En principe, ils sont composés d'une station centrale, de stations de relais et de stations d'abonnés (stations terminales). Les stations d'abonnés peuvent être combinées avec les stations de relais. Pour l'approvisionnement en énergie, les stations centrales sont normalement connectées au secteur public, tout comme leur central numérique respectif, tandis que les stations de relais et terminales peuvent être alimentées par des équipements photovoltaïques. L'expérience a montré que des systèmes AMRT avec cinq stations de relais et une station d'abonnés, toutes configurées en cascade, travaillent de façon satisfaisante. Selon une information reçue par des fabricants, un maximum de sept stations de relais peuvent être arrangées en cascade, pourvu que le profil topographique le permette. C'est moyennant cette configuration que de tels systèmes sont bien appropriés pour l'utilisation le long des voies ferrées.

### 3.1.3 Transmission

La nature des voies de transmission dépend, en principe, de leur capacité, du terrain et de la distance. Les systèmes suivants conviennent pour l'application dans les réseaux africains de chemins de fer:

- fils aériens;
- transmission de fréquence vocale ou courants porteurs sur des câbles aériens ou enterrés;
- systèmes MIC sur câbles symétriques, coaxiaux et à fibre optique;
- faisceaux hertziens numériques à bande étroite (2 et 8 Mbit/sec, 1+1 ou 1+0) pour des liaisons à large distance;
- liaisons radioélectriques BLU;
- systèmes radioélectriques numériques AMRT pour des liaisons à courte distance (Figure 3.3).

Les coûts d'investissement et les charges annuelles varient considérablement entre les différents systèmes, ceci en fonction de distances et du nombre de paires (voies) dans la liaison concernée.

Les systèmes traditionnels basés sur cuivre avec des lignes aériennes sont très vulnérables aux influences environnementales. La qualité de circuit est variable, en particulier pendant les pluies fortes et les orages électriques entraînant l'atténuation de la puissance du signal. Les lignes aériennes sont très souvent assujetties aux vols. Aussi leur qualité de service est assez médiocre.

Les systèmes de transmission à fibres optiques remplacent graduellement les fils de cuivre. Un axe de câble à fibre optique pourra faciliter des liaisons téléphoniques et de données avec les gares et supporter des liaisons tant vocales que radioélectriques transmises de stations de bases aux stations mobiles. Les câbles peuvent être enterrés ou fixés aux poteaux existants. Des équipements photovoltaïques secourus par des batteries fourniront l'énergie nécessaire en cours de route.

Comme on l'a déjà indiqué au paragraphe 3.1.2, les systèmes radioélectriques AMRT sont en principe conçus pour l'accès d'abonnés ruraux. Néanmoins, en configuration de cascade, ils pourraient idéalement satisfaire certains besoins de télécommunications des chemins de fer (Figure 3.39, étant donné qu'ils permettent le raccordement sans fils d'abonnés éloignés.

#### 3.1.4 Liaisons radio sol-train

Les systèmes de transmission radioélectriques sol-train sont capables d'établir des communications entre conducteurs de trains, centres de régulations, gares et équipes de chantier. Ils sont composés de stations de base et d'unités mobiles. En facilitant des communications radio continues entre les conducteurs de train et les régulateurs d'exploitation, ils offrent plus de sécurité, la rationalisation améliorée d'exploitation et des meilleurs services pour les passagers.

Le système de transmission radioélectrique met en oeuvre une infrastructure sol composée d'émetteurs récepteurs à fréquence fixe disposés le long de la voie. A bord des trains, des émetteurs-récepteurs dits mobiles travaillent sur des fréquences de trafic automatiquement sélectionnées en fonction de la fréquence localement utilisée au sol. Le système radio peut servir comme liaison de secours en cas de panne du réseau de télécommunications.

Selon les recommandations faites par l'Union internationale des chemins de fer (UIC) et l'Union internationale des télécommunications, la bande de fréquence 450-470 MHz a été réservée aux systèmes radio sol train.

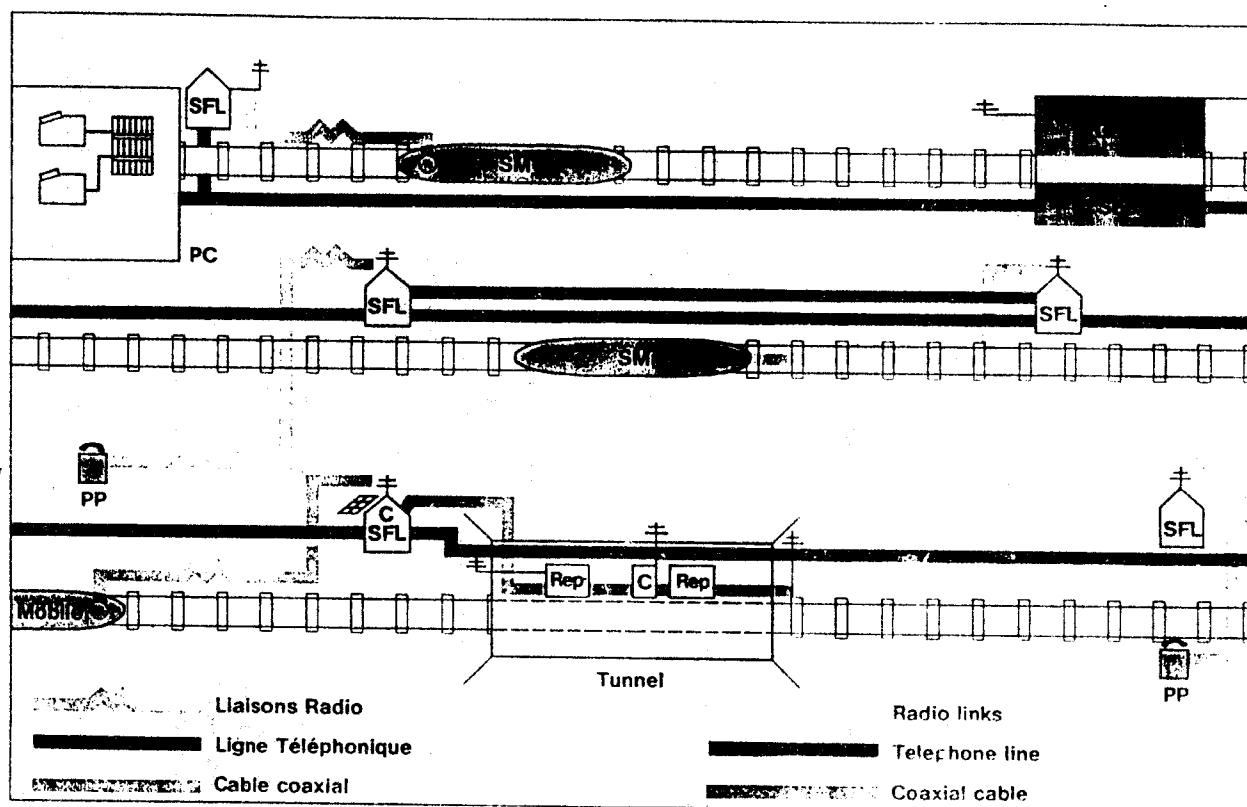
La Figure 3.4 montre une configuration schématique du réseau typique radio sol train.

### 3.2 Signalisation

Les systèmes de signalisation sont les centres nerveux du chemin de fer. Ils contribuent à la sécurité, à la régularité et à la fluidité de l'exploitation ferroviaire.

Les premiers systèmes en exploitation remontent aux années de la naissance des chemins de fer, lors que l'on introduisait les systèmes à bâton pilote. Seul le conducteur de train tenant en mains le bâton respectif était autorisé à emprunter un canton donné. Cette méthode est toujours valable et peut être appliquée sur des sections à faible trafic.

Au courant des années, des systèmes de signalisation plus sophistiqués ont été développés. La gamme va à partir des systèmes mécaniques vers les systèmes électriques, en passant par les systèmes électromécaniques. Tous les systèmes ont pour but de faire fonctionner les signaux et aiguilles ainsi que d'éviter des opérations fausses, moyennant l'application de signaux enclenchés.



### Composition du système

#### Equipements fixes

- poste de commandement (PC) relié aux stations fixes par un circuit 4 fils et une paire signalisation
- stations fixes de gares (SFG)
- stations fixes de lignes (SFL)
- répéteurs UHF (REP)
- coupleur (C)

#### Equipements mobiles

- stations mobiles (SM) embarquées à bord des trains
- postes portables (PP)

COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE  
UNION AFRICAINE DES CHEMINS DE FER

Télécommunications et signalisation  
sur les chemins de fer africains

Figure 3.4:

Schema d'implantation  
Radio Sol Train

Les systèmes traditionnels de signalisation étant bien connus, ce document se limite à fournir des informations sur la technologie plus récente.

Les postes d'aiguillage modernes sont des postes à relais géographiques (PRG) équipés de pupitres géographiques de commande qui fonctionnent à travers de systèmes de contrôle à diagrammes de voie. Les positions des aiguilles, des signaux lumineux ainsi que des barrières sont commandées et enclenchées par des boutons-poussoirs origine-destination qui actionnent sur des relais électriques. Moyennant une "annonce de train", les positions actuelles des trains peuvent être identifiées sur le pupitre à chaque moment. La figure 3.5 donne l'exemple d'une gare typique, et l'annonce de train est montrée dans la figure 3.6.

Tandis que les PRG sont introduits surtout dans les petites gares, la régulation des grandes gares se fait à travers des postes à relais souple (PRS). Ce genre de poste de commande dispose de tableaux de contrôle optique (TCO) et de tables de commande avec des boutons-poussoirs pour la sélection. Grâce à la souplesse de cette technique, la commande des itinéraires peut se réaliser par fractions.

Le fonctionnement des pupitres dans les PRG et PRS est basée sur des dispositifs de circuits de voie, installés sur chaque portion de voie, ainsi permettant de déterminer si celle-ci est occupée ou non par une circulation.

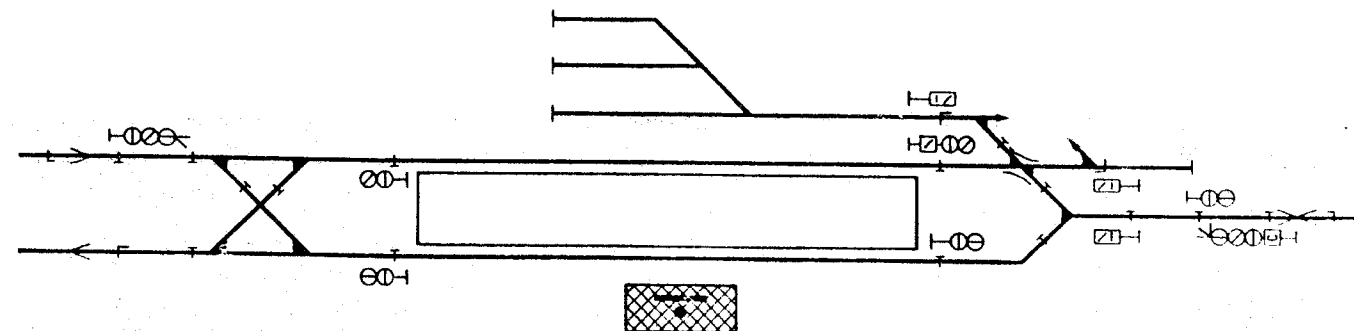
La commande de trafic centralisée CTC permet la régulation centralisée sur de grandes distances (jusqu'à plusieurs centaines de km) à partir d'un centre. La commande s'effectue soit par de dépêches envoyées aux postes d'aiguillages distants où le personnel local exécute les manoeuvres, soit entièrement en automatique par télécommande.

Notons que le progrès technologique offre des innovations plus sophistiquées qui s'utiliseront surtout pour les lignes principales très importantes et à très fort trafic ainsi que dans les grandes gares de triage. Les appareils dans de telles CTC seront basés sur des ordinateurs digitaux et de pupitres où les diagrammes à voie sont représentés soit moyennant de fibres optiques illuminées, soit sur des écrans à couleur.

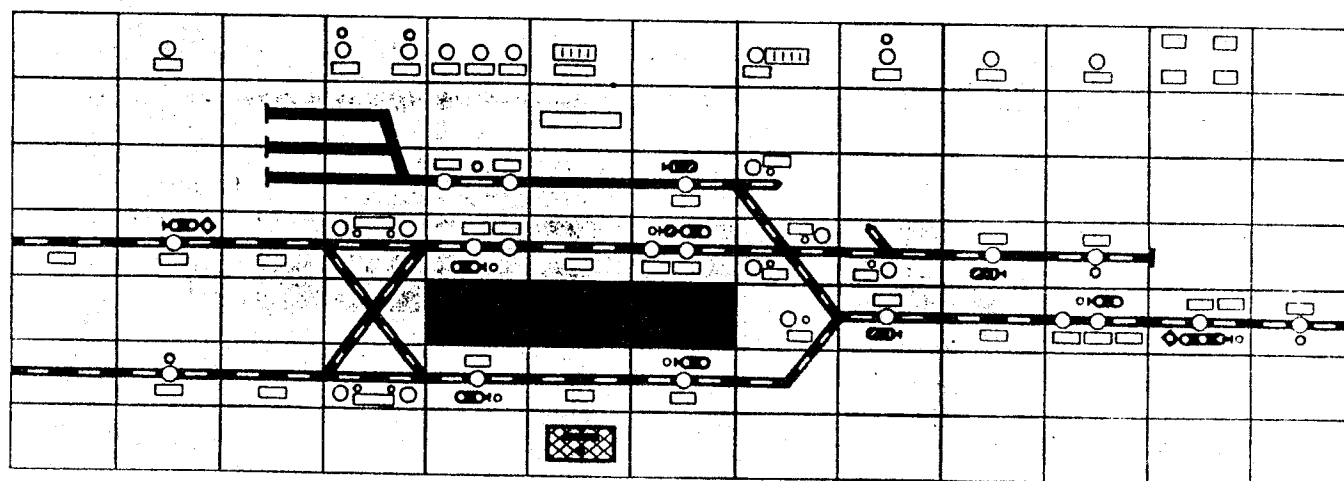
La protection de la circulation sur une ligne à mono-voie se réalise couramment par le bloc de voie unique (BVU). Dès le moment où un train a été expédié, aucune autre circulation ne sera autorisée dans le canton occupé. Dû à l'enclenchement des signaux, les postes de départ et d'arrivée respectifs ne pourront plus exécuter des manoeuvres dans le canton donné avant que le train en sera sorti.

Sur les lignes à voies doublées, le bloc automatique lumineux (BAL) constitue le système clef de la signalisation. La commande des signaux entre les gares, y inclus les passages à niveau, se fait automatiquement par les trains qui passent les cantons.

Voici le principe du BAL démontré dans un exemple de configuration suivant la figure 3.7:



Configuration de voies

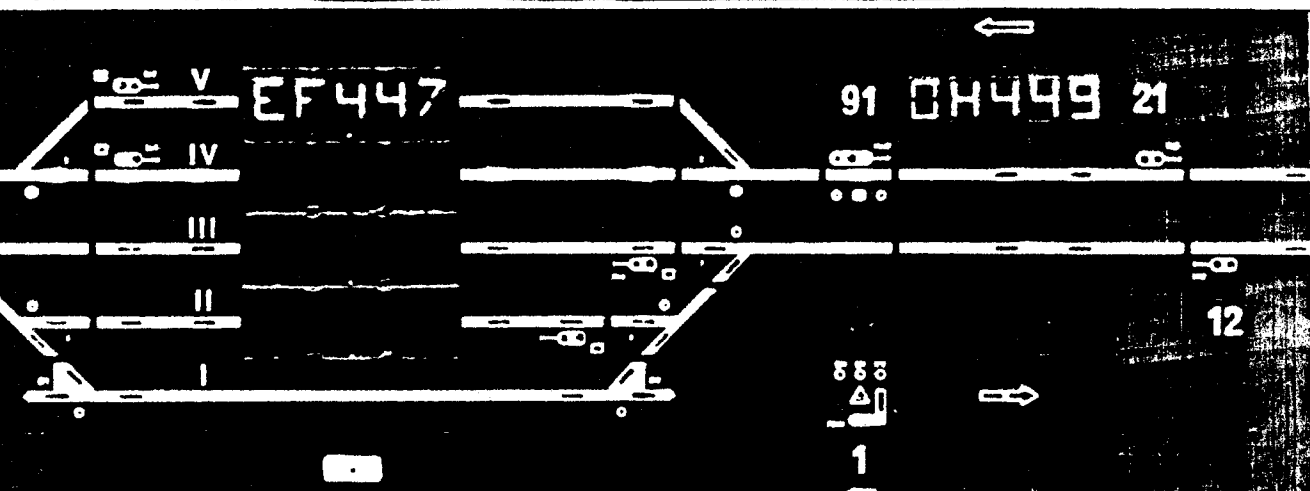


Pupitre d'exploitation

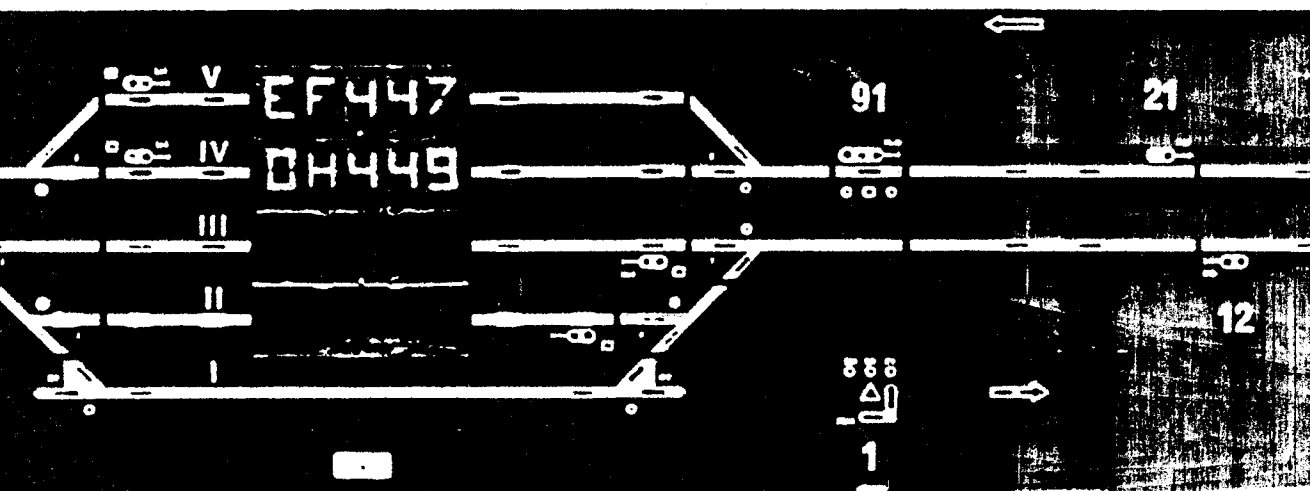
COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE  
UNION AFRICAINE DES CHEMINS DE FER

Télécommunications et signalisation  
sur les chemins de fer africains

Figure 3.5: Exemple d'une gare typique



1. Le train EF447 se trouve sur la voie V. Le poste de régulation prévoit l'itinéraire d'entrée pour le transit du train OH449 sur la voie IV.



2. Le train EF447 se trouve sur la voie V. Le train OH449 transite par la station.

COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE  
UNION AFRICAINE DES CHEMINS DE FER

Télécommunications et signalisation  
sur les chemins de fer africains

Figure 3.6: Annonce de train

### Phase 1

Une circulation se présente au canton no.1, S1 se met au rouge (un seul feu), appelé sémaphore;

### Phase 2

La circulation occupe les cantons no. 1 et 2, S1 et S3 sont au rouge;

### Phase 3

La circulation pénètre totalement au canton no. 2, S3 reste au rouge, S1 passe du rouge au jaune: avertissement;

### Phase 4

La circulation occupe les cantons no. 2 et 3, S5 et S3 sont au rouge, S1 reste au jaune;

### Phase 5

La circulation pénètre totalement au canton no. 3, S5 reste au rouge, S3 passe du rouge au jaune.

Les aspects des signaux peuvent varier d'un pays à l'autre selon les réglementations nationales.

Bien que les systèmes BVU et BAL soient infaillibles en eux-mêmes, ils ne peuvent pas exclure des erreurs humaines, raison pour laquelle des mesures additionnelles de sécurisation s'imposent pour la signalisation.

Le système de répétition à bord (RAB) se sert de la technique de contrôle inductif de la marche des trains qui est censée éviter des accidents ou risques pour le mouvement des trains par le déclenchement automatique de services ou d'opérations de freinage d'urgence au cas où des signaux principaux, des signaux d'avertissement ou de ralentissement obligatoire ne soient pas respectés par le mécanicien. Ces systèmes servent à améliorer la sécurité tant des passagers que du personnel du train et aident à éviter des dégâts causés aux marchandises ou au matériel roulant.

Un système RAB est essentiellement composé de l'équipement à bord et celui sur la voie. Des informations sont transmises du sol à bord par un couplage inductif entre les balises situées le long de la ligne et l'équipement de détection situé à bord. Ainsi les indications des signaux lumineux installés le long de la voie sont répétées au tableau de contrôle à bord. Ces systèmes transmettent au mécanicien des indications sur l'état de la ligne sur laquelle il circule et la vitesse maximale acceptée. Ils assurent également une protection contre les excès de vitesse en obligeant le mécanicien à respecter les limites imposées par la répétition à bord de la cabine.

A travers une soupape pour l'activation du système de freinage, l'unité centrale actionne directement sur les freins pneumatiques du train, si le conducteur ne pousse pas le bouton de vigilance dans un délai déterminé, variable selon les réglementations nationales, après avoir passé un signal autre que vert.

Les systèmes de répétition des signaux à bord incorporent d'autres caractéristiques telles que l'indication de la vitesse cible, des compteurs d'erreurs, des unités d'enregistrement et autres.

La figure 3.8 montre une configuration typique de l'emplacement des équipements RAB. Une séquence opérationnelle typique concernant le contrôle de la vitesse de train est montrée dans la figure 3.9, à savoir:

#### Phase 1

Le train B s'approche du train A qui lui précède.

#### Phase 2

Le train B est entré dans le dernier canton où il rencontre un feu vert qui lui permet d'avancer à vitesse maximale.

#### Phase 3

Le train pénètre dans le canton ayant un aspect restrictif (feu jaune). Le mécanicien à 3 secondes (à titre d'exemple) pour reconnaître l'information restrictive, le cas échéant le freinage automatique interviendra.

#### Phase 4

Le train B est entré dans le canton à restriction maximale (rouge impératif). Il s'appliquera la même procédure pour la reconnaissance de l'information. La limite de vitesse admise est la minimale précédant l'arrêt.

Le système de détection de queue de train (ou de train complet) permet le contrôle automatique de la présence effective du dernier wagon d'un train en marche. Pour cet objectif, le dernier véhicule des circulations est équipé d'un aimant de queue dit répondeur qui est susceptible de fournir un signal à fréquence bien définie à travers un cadre placé entre les rails à l'entrée de chaque gare. Le signal émis par le répondeur est recueilli par induction et transmis au pupitre du poste de régulation. Le schéma du détecteur de train complet est montré dans la figure 3.10.

Le système de compteurs d'essieux est également appliqué pour vérifier que toutes les unités d'un train ont quitté un canton. Il est basé sur les aimants de contact qui sont fixés sur les rails à l'entrée et à la sortie d'une section donnée (voir la Figure 3.11). La vérification est réalisée dans une cabine d'aiguillage par la simple comparaison du nombre d'essieux ayant passé les aimants. Le même aimant de contact peut être utilisé dans les deux sens d'une voie.



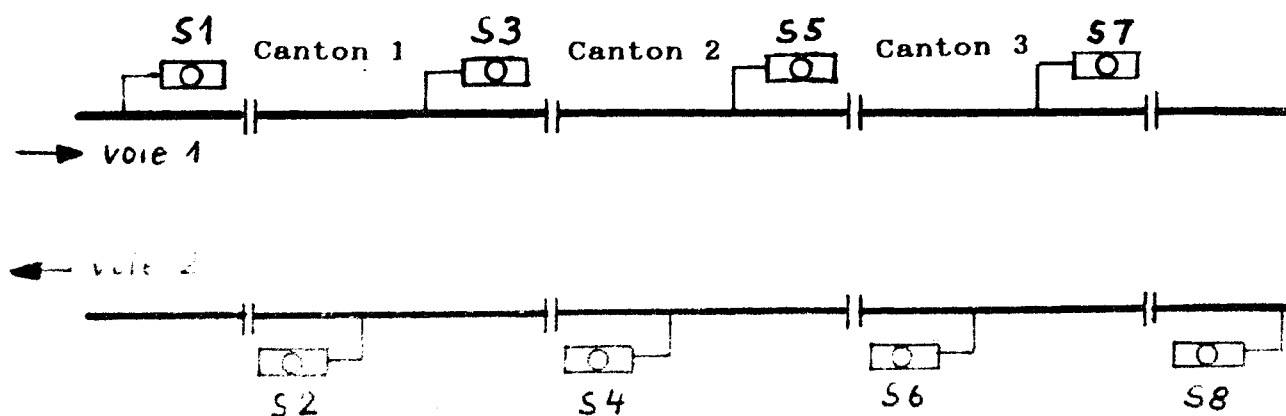
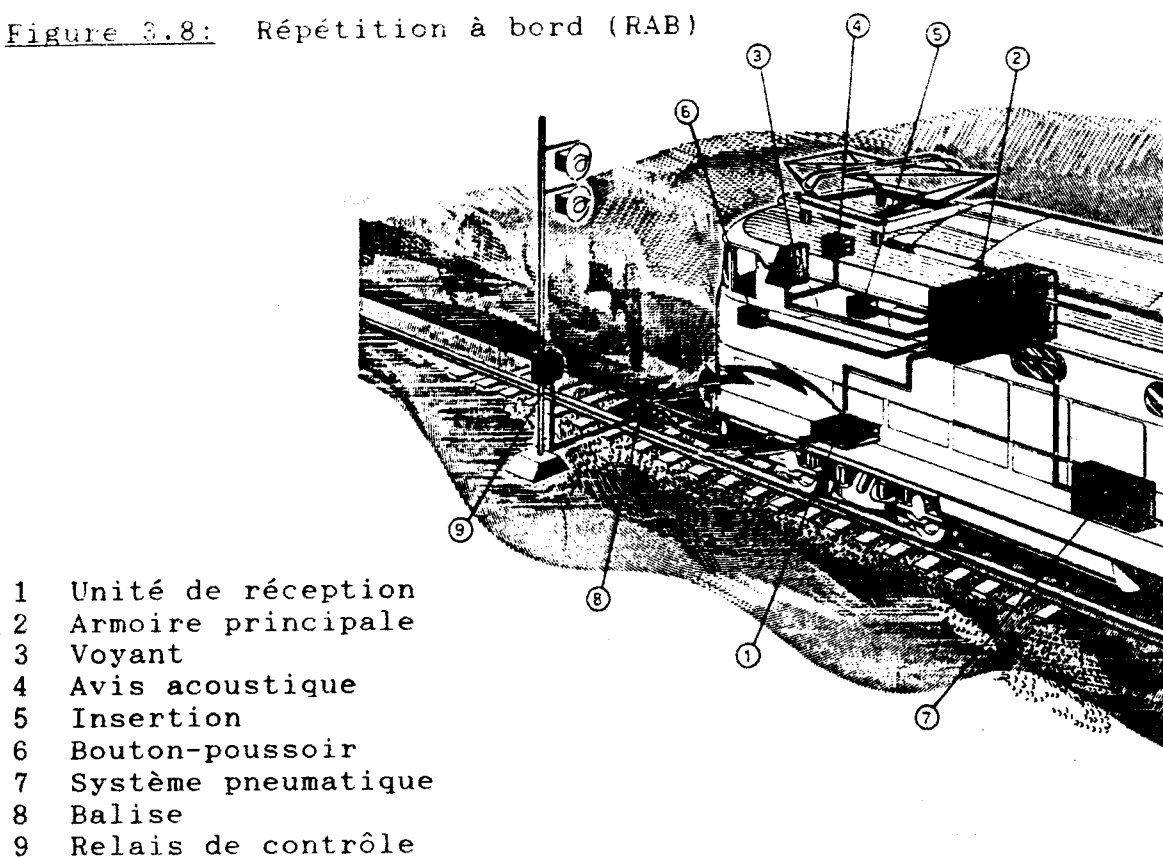


Figure 3.7: Bloc automatique lumineux (BAL)

Figure 3.8: Répétition à bord (RAB)

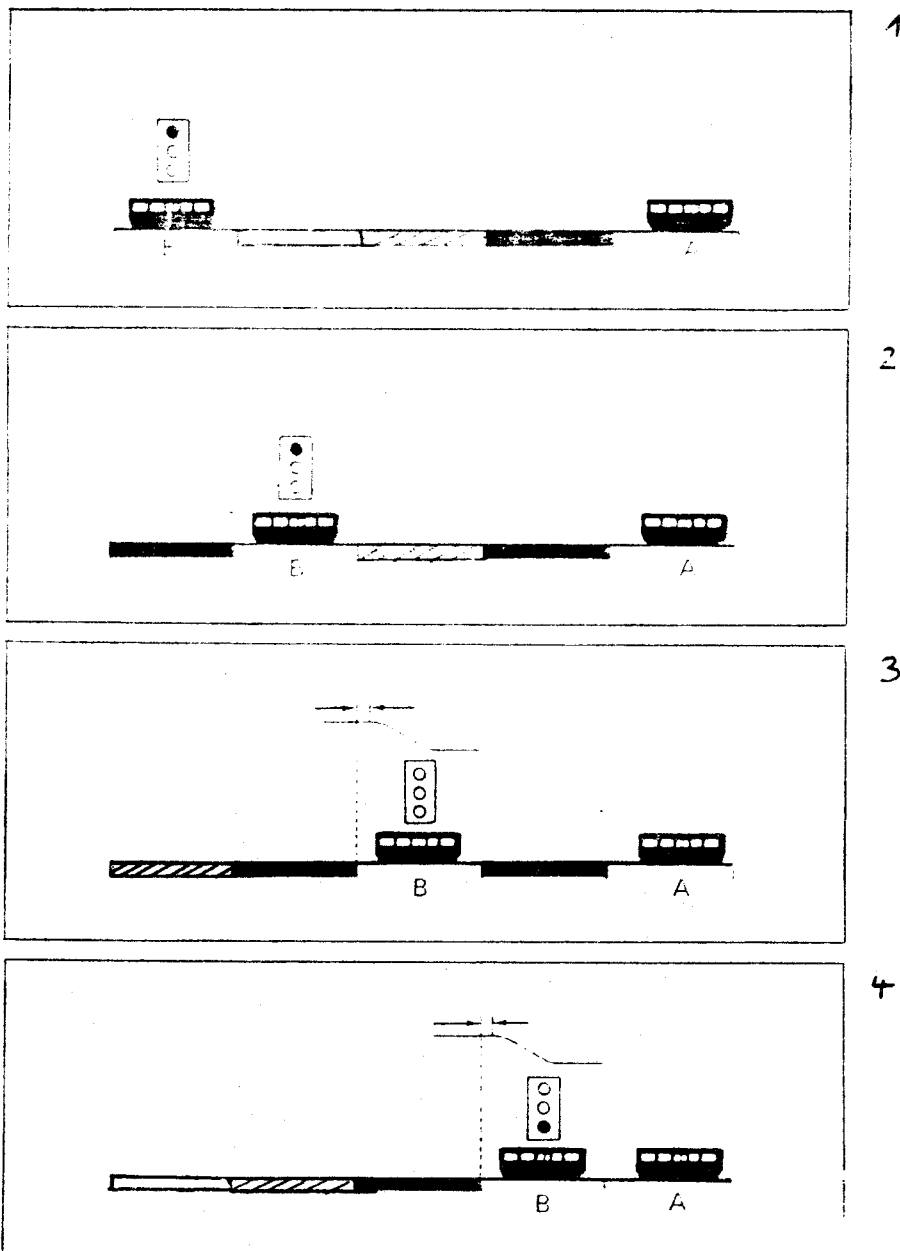


- 1 Unité de réception
- 2 Armoire principale
- 3 Voyant
- 4 Avis acoustique
- 5 Insertion
- 6 Bouton-poussoir
- 7 Système pneumatique
- 8 Balise
- 9 Relais de contrôle

COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE  
UNION AFRICAINE DES CHEMINS DE FER

Télécommunications et signalisation  
sur les chemins de fer africains

Figure 3.7: Bloc automatique lumineux



COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE  
UNION AFRICAINE DES CHEMINS DE FER

Télécommunications et signalisation  
sur les chemins de fer africains

L'avantage du système réside dans le fait qu'il ne demande pas d'équipements à bord des trains. Il est aussi indépendant de circuits de voie, respectivement de voies isolées. Signalons que les aimants de contact peuvent également être utilisés pour la commande de signaux des passages à niveau.

La radio-signalisation ou signalisation à bâton pilote électronique est une solution moderne pour résoudre le problème de la signalisation de trains sur des lignes à faible trafic, où des coûts d'installation, d'exploitation et de maintenance ne justifieraient pas un système conventionnel de grande envergure..

Toutes les communications entre le PC et les trains sont réalisées par radio. Il n'existe pas de signaux, ni appareils, ni boîtes ou câbles le long de la voie.

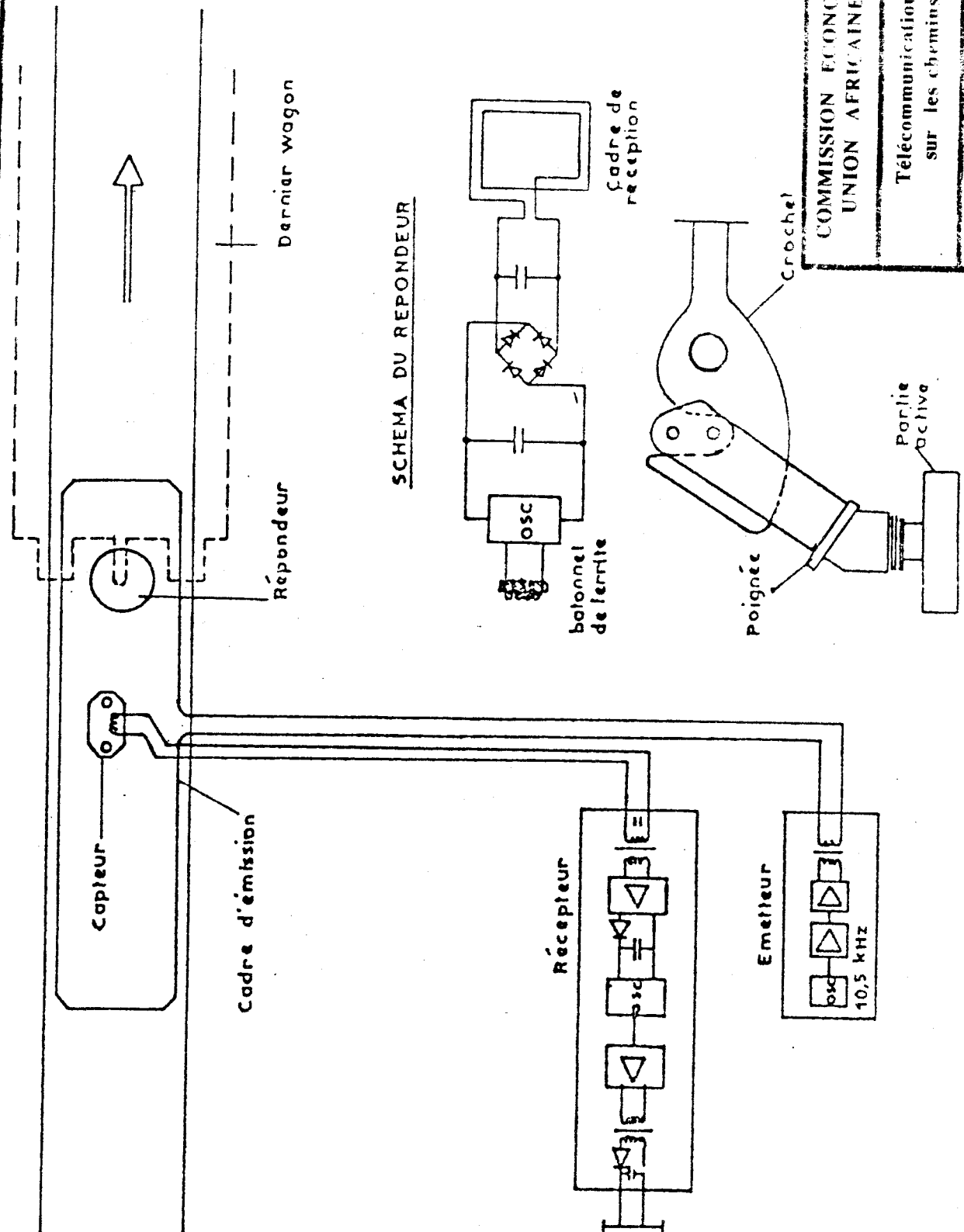
Afin de permettre au train en circulation de pénétrer dans un canton, le système émet au train un bâton pilote électronique pour le sens de voyage approprié dans le canton donné. Le bâton pilote électronique venant du PC est reçu dans la cabine du mécanicien sous forme d'un radio-message codé qui sera affiché sur l'écran comme l'autorisation de pénétrer. Le canton sera libéré aussitôt que le mécanicien aura rendu son bâton (pilote électronique) à la sortie de la section.

Quant aux systèmes de passage à niveau, il existe de différentes solutions pour la signalisation automatique lumineuse (SAL) qui dépendent notamment de l'intensité du trafic sur la route et de la disponibilité ou non de l'énergie électrique par le secteur. On trouve des mécanismes avec et sans demi-barrières, ces derniers comprenant uniquement les signaux clignotants, la croix Saint André et la sonnerie. Ils peuvent être alimentés par l'énergie solaire. La figure 3.12 montre les séquences typiques d'un système automatique de protection pour un passage à niveau.

### 3.3 Alimentation en énergie

On ne mettra jamais trop d'accent sur les problèmes d'alimentation en énergie dans les pays africains. Dans beaucoup de localités, l'énergie du secteur n'est pas fournie du tout ou bien il existe de périodes plus ou moins longues de coupures en électricité. Il faut installer des générateurs diesel ou des batteries pour des raisons de sécurité.

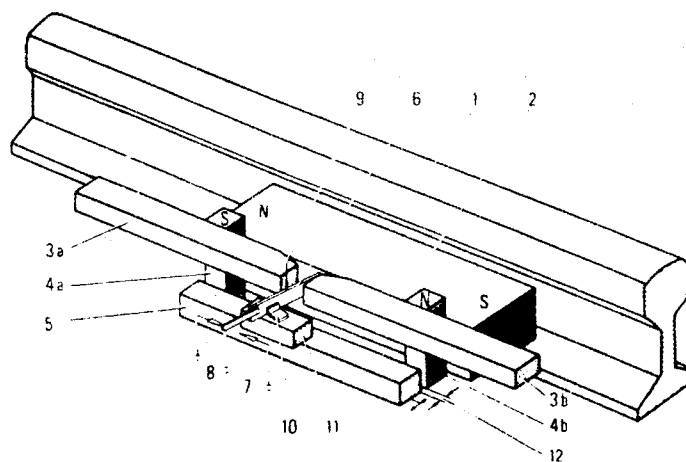
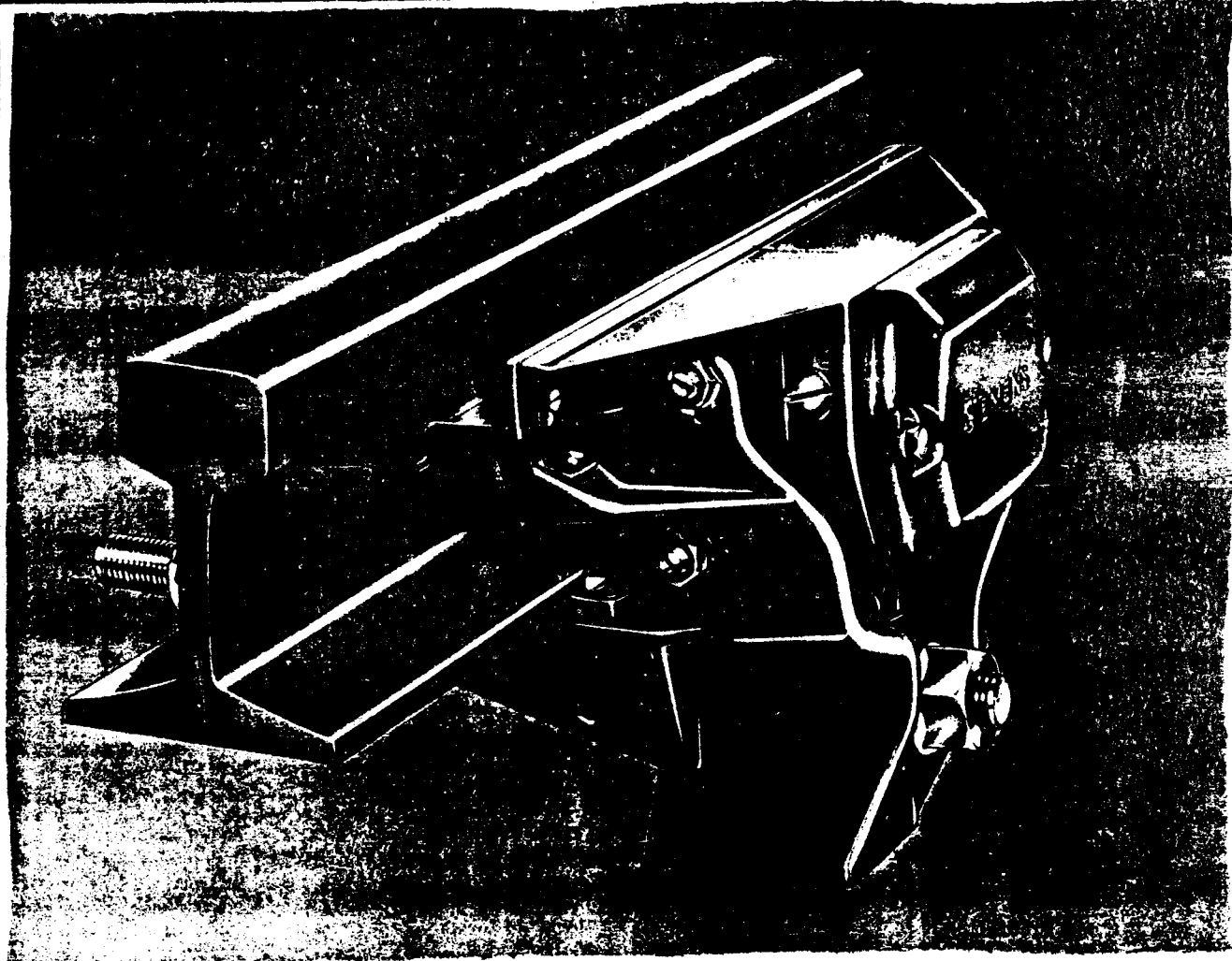
Les équipements de téléphonie des petites gares ne disposant pas d'énergie par le secteur ont été longtemps alimentés par des piles chimiques qu'il fallait remplacer périodiquement. Les équipements de signalisation ont été et sont toujours alimentés par des groupes électrogènes. La comparaison des deux techniques donne comme résultat, que l'énergie solaire est économiquement plus viable tandis qu'en même temps elle implique moins de travaux de maintenance.



COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE  
UNION AFRICAINE DES CHEMINS DE FER

Télécommunications et signalisation  
sur les chemins de fer africains

Figure 3.10: Schéma du détecteur  
de queue de train



- |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|
| 1 Schiene                  | 7 Ruhekontakt              |
| 2 Hauptmagnet              | 8 Arbeitskontakt           |
| 3a. b Empfängerpole        | 9 Ankerachse (Spannband)   |
| 4a. b Kompensationsmagnete | 10 Auffangblech            |
| 5 Kompensationsjoch        | 11 Polarisationsmagnet     |
| 6 Weicheisenanker          | 12 einstellbarer Luftspalt |

**COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE  
UNION AFRICAINE DES CHEMINS DE FER**

**Télécommunications et signalisation  
sur les chemins de fer africains**



COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE  
UNION AFRICAINE DES CHEMINS DE FER

Télécommunications et signalisation  
sur les chemins de fer africains

Concernant la signalisation, la consommation en énergie est assez élevée. Cependant, il est parfois possible d'utiliser l'énergie solaire pour les signaux s'ils n'ont que quelques manoeuvres à faire par jour. Dans ce cas, il faudrait installer des économiseurs d'énergie, c'est-à-dire des installations de mise sous tension à l'approche.

Les systèmes modernes de télécommunications pour les chemins de fer, à l'exception des autocommutateurs, ont une consommation d'énergie inférieure à 400 Watts, ainsi que des équipements photovoltaïques peuvent être utilisés avec un ratio coûts bénéfices très favorable dans presque toutes les localités de l'Afrique.

Présentement, les coûts d'investissement pour les équipements photovoltaïques sont encore plus élevés que ceux pour les autres formes d'énergie, mais les charges annuelles, y inclus la dépréciation, sont considérablement inférieures étant donné que les coûts de carburant ne sont plus à prendre en compte.

Il est nécessaire de prévoir que les équipements électroniques destinés à être implantés dans les zones rurales soient capables de travailler seulement avec des systèmes passives de climatisation, puis que les climatiseurs actives ne seront pas disponibles dans les sites sans alimentation en courant électrique du secteur.

4. STATUS DES TELECOMMUNICATIONS ET DE LA SIGNALISATION DANS QUELQUES PAYS  
AFRICAINS SELECTIONNES

4.1 Côte d'Ivoire

4.2 Egypte

4.3 Gabon

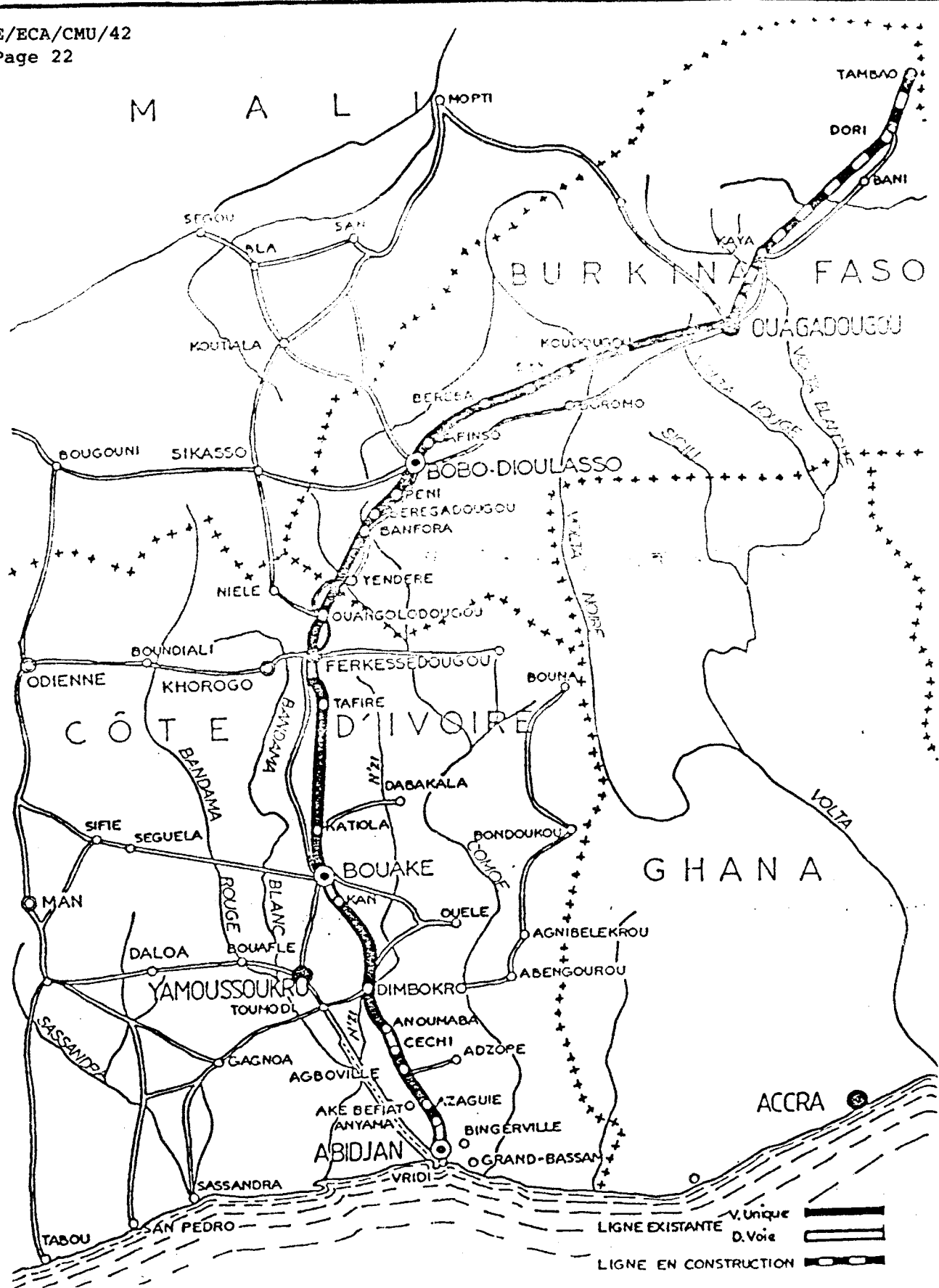
4.4 Tunisie

4.5 Zaïre



4.1 Côte d'Ivoire

- 4.1.1 Le réseau national de chemins de fer
- 4.1.2 Télécommunications
- 4.1.3 Signalisation
- 4.1.4 Alimentation en énergie
- 4.1.5 Exploitation et maintenance
- 4.1.6 Qualité de service
- 4.1.7 Résumé



COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE  
UNION AFRICAINE DES CHEMINS DE FER

Télécommunications et signalisation  
sur les chemins de fer africains

#### 4.1.1 Le réseau national de chemins de fer

Jusqu'en 1989, la ligne de chemin de fer qui relie Abidjan (Côte-d'Ivoire) à Ouagadougou (Burkina Faso), était exploitée par la Régie Abidjan-Niger (RAN). Depuis le premier juin 1989, à la suite de la gestion séparée de la RAN, la Société ivoirienne des chemins de fer (SICF) exploite le tronçon de la ligne située en Côte d'Ivoire, tandis que la Société de chemins de fer du Burkina (SCFB) exploite celui situé au Burkina Faso. La quasi totalité des structures et infrastructures des deux sociétés est un héritage de la RAN.

La longueur du tronçon ivoirien qui a été construit pendant la période allant de 1904 à 1930, s'élève à 639 km. L'écartement de la ligne est d'un mètre. Elle est essentiellement conçue à voie unique, desservant 35 gares et 15 haltes.

Selon les statistiques concernant la période de juin 1989 à mai 1990, le trafic national de voyageurs s'élevait à 560000 passagers. Le trafic international Côte d'Ivoire - Burkina Faso comptait alors 180000 passagers au départ (chiffres pour le trafic d'arrivée non disponibles pour la période).

Concernant le trafic de marchandises, il s'élevait pendant la même période à 150000 tonnes soit 50 millions de tonnes-km sur le niveau national et, sur le niveau international, à 310000 tonnes (290 millions de tonnes-km) au départ, respectivement 85000 tonnes (78 millions de tonnes-km) à l'arrivée.

Quant au matériel roulant, la SICF dispose de 860 wagons et de 87 voitures. En septembre 1990, leur disponibilité était de 66% et 37% respectivement. Le nombre de locotracteurs, tous diesel, est de 23, dont 13 étaient disponibles.

Le nombre de total de l'effectif en personnel se chiffre à 1787 personnes pour l'exploitation ferroviaire.

La figure 4.1.1 montre la configuration du réseau de la SICF ainsi que de la SCFB.

#### 4.1.2 Télécommunications

L'artère principale des télécommunications est constituée de poteaux en acier supportant le câble monocoaxial et les circuits bifilaires. Un système de transmission analogique SMC48 (CIT Alcatel) est installé sur le câble monocoaxial, qui dessert les établissements le long de la ligne.

Du côté ivoirien, le réseau privé de téléphonie est composé de cinq autocommutateurs temporels du type TLC10 MC2 (Jeumont Schneider) avec un total de 650 abonnés rattachés.

La SICF dispose également d'un réseau télégraphique qui est constitué d'un autocommutateur du type 32D (SAGEM), de 5 téléimprimeurs électroniques et d'équipements de télégraphie harmonique pour le raccordement des abonnés distants.

La régulation des circulations en pleine voie étant assurée par le cantonnement téléphonique, une liaison téléphonique omnibus assure les communications de gare à gare. Un poste de commandement (PC) pour la régulation est installé à Abidjan.

En 1978, la RAN s'est équipée d'un réseau de radio-communication sol-train (Autophon), qui a contribué à accroître considérablement la sécurité dans l'exploitation de la ligne. Il se compose de trois types d'équipements distincts, notamment des tables de régulation, des stations fixes dans les gares et des stations mobiles dans les trains. Les tables de régulation à Abidjan et Ouagadougou respectivement ainsi que les stations fixes sont connectées sur la voie radio existant au sein du système de transmission SMC48. Les liaisons régulateurs - stations mobiles se réalisent par l'intermédiaire des stations fixes qui assurent donc les conversions fil-radio et radio-fil. Les communications entre les locomotives et les gares s'effectuent par radio, chaque fois dans la zone de propagation respective, conformément aux schémas indiqués dans la figure 4.1.2.

L'exploitation du réseau radiotéléphonique sol-train est basée sur la distribution de trois fréquences de réception répétitives et d'une fréquence d'émission selon le principe décrit au paragraphe 3.1.

Pour les besoins d'exploitation, une liaison radio BLU existe entre les PC d'Abidjan et celui de Ouagadougou.

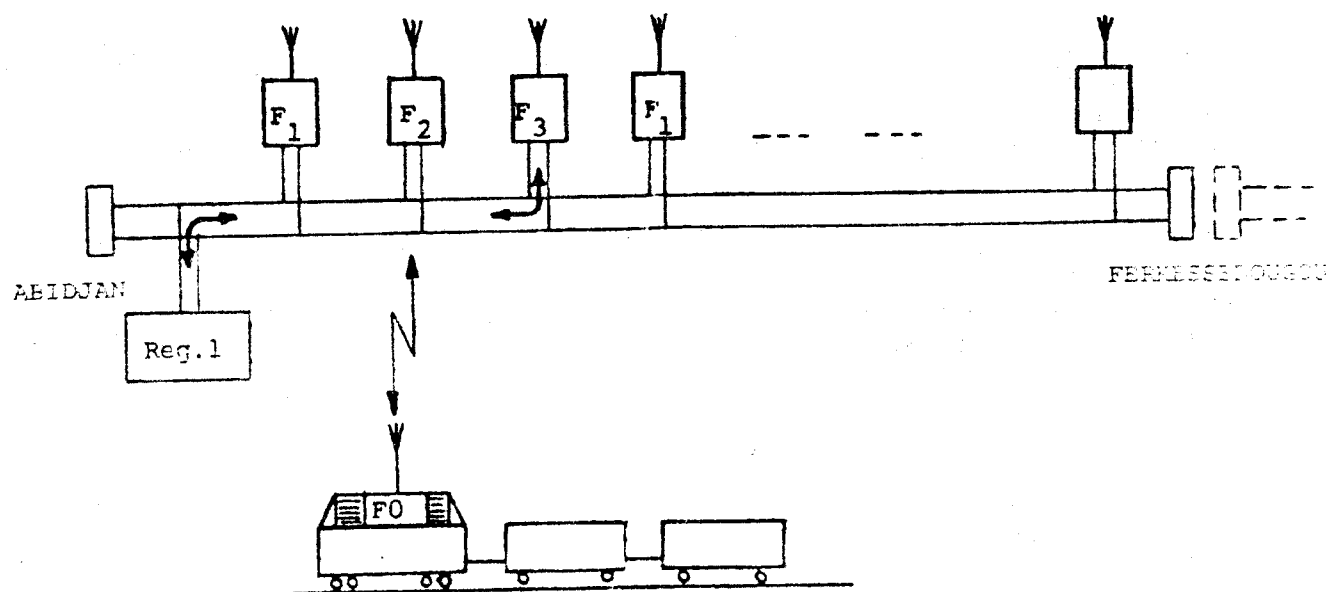
#### 4.1.3 Signalisation

La régulation du trafic ferroviaire entre les gares continue d'être assurée moyennant la méthode classique du cantonnement téléphonique avec protection des gares par des signaux "carrés". Cette signalisation n'est munie d'aucun dispositif d'enclenchement. Le remplacement progressif de la signalisation mécanique par une signalisation électrique lumineuse d'entrée, incluant la commande à distance des aiguilles par moteurs électriques, qui a été entrepris en 1980 n'a pas donné les résultats attendus, notamment:

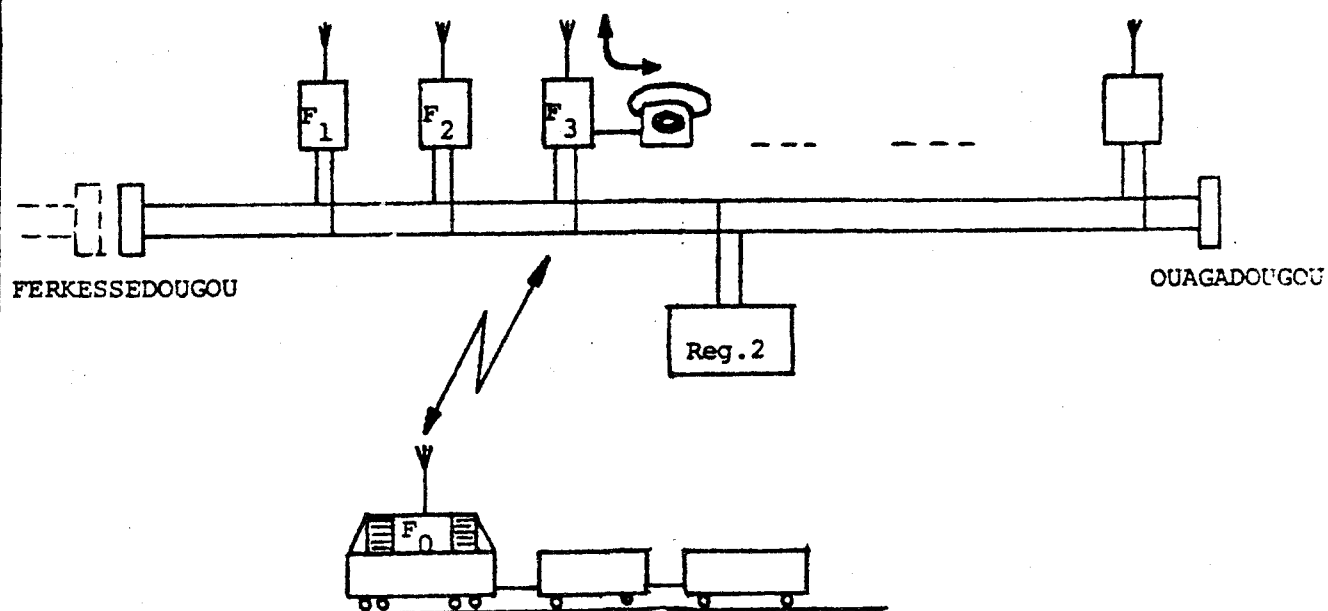
- gain du temps
- réduction du nombre des aiguilleurs
- accroissement de la sécurité dans les gares.

Le cantonnement téléphonique est le système le plus simple pour assurer la sécurité des trains en pleine voie. A travers un circuit téléphonique, le chef de la gare en amont, qui veut expédier un train, demande à la gare en aval l'autorisation de le faire. Après cette procédure de demande de voie, il rédige un bulletin de voie libre qu'il remet au mécanicien. Ce système n'est pas enclenché et il est tributaire de la conscience professionnelle des agents, qui ne doivent en aucun cas rédiger deux bulletins de voie libre simultanément pour un même canton.

Dans le cas de la signalisation mécanique non enclenchée, les gares sont protégées à distance par une pancarte fixe réflectorisée qui a la signification du disque, c'est-à-dire qu'elle impose la marche à vue. A l'entrée, un signal d'arrêt mécanique, manœuvrable à pied-d'oeuvre, permet de donner l'autorisation d'entrée en gare qui doit se faire à la vitesse maximale de 30 km/h, étant donné que les aiguilles ne sont pas verrouillées.



Exemple: liaison Régulateur - Conducteur



Exemple: liaison Conducteur - Gare

Sur le territoire ivoirien, 18 gares avaient été équipées en signalisation lumineuse d'entrée. Pour des raisons décrites au paragraphes 4.1.5, la signalisation électrique ne fonctionne à l'heure actuelle que dans cinq gares. Cependant, dans les autres gares on est revenu aux manoeuvres à pied-d'oeuvre et des aiguilles des signaux.

Les équipements de détection de train complet sont fabriqués par la société TRT. Leur fonctionnement est décrit au paragraphe 3.2. En principe, tous les trains devraient être équipés d'aimants de queue de train. Toutefois, à raison de problèmes au niveau de l'exploitation, les installations n'ont pas été mises en service sur tous les sites (voir le paragraphe 4.1.5).

#### 4.1.4 Alimentation en énergie

En matière de télécommunications, les autocommutateurs et les postes de régulation radio sont alimentés à partir de la tension du secteur. Un ensemble de batteries de 48 Volts est installée dans chaque station. Les stations radio fixes disposent, selon le cas, d'alimentation par le secteur ou solaires.

Les installations de signalisation sont alimentées soit par le secteur, soit par de groupes électrogènes secourus par des piles solaires. Toutefois, en cas de panne du groupe électrogène, l'alimentation solaire ne permettrait pas l'allumage permanent des installations, raison pour laquelle on ne les met sous tension qu'à l'approche d'un train, moyennant des commutateurs spéciaux.

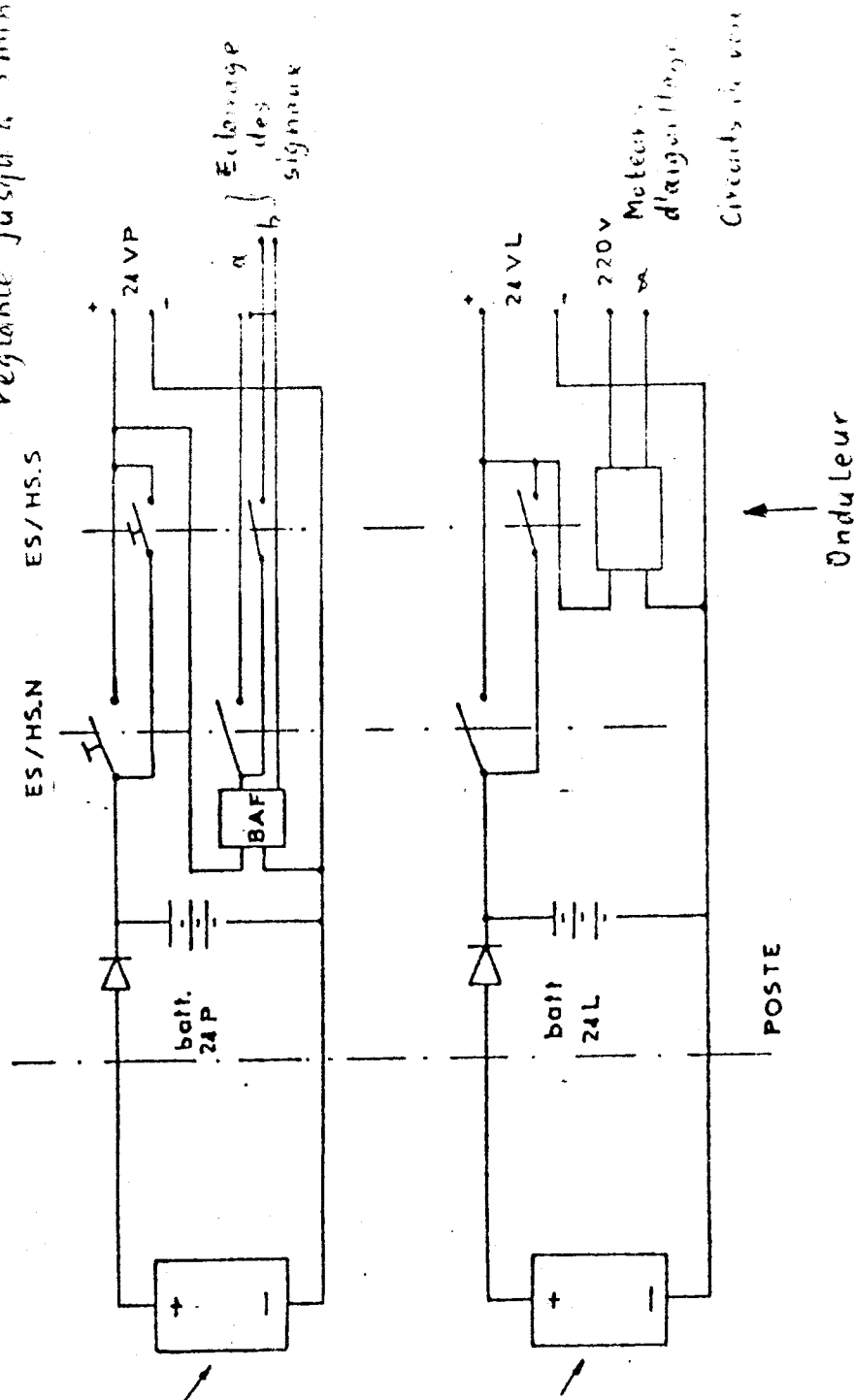
Dans tous les cas, les batteries de signalisation peuvent alimenter l'ensemble des appareils, soit directement en 24 Volts, soit des tensions plus élevées par l'intermédiaire d'onduleurs, notamment l'éclairage des feux, l'alimentation des moteurs d'aiguilles, les circuits de voie et les détecteurs de train complet. La figure 4.1.3 montre le schéma de principe qui s'utilise pour l'alimentation solaire.

#### 4.1.5 Exploitation et maintenance

Tandis qu'il existe un Département des télécommunications et de signalisation rattaché à la Direction des infrastructures, le personnel d'interventions sur les chantiers, organisé en quatre circonscriptions, est subordonné à trois différentes sections qui sont situées au même niveau que le chef du Département.

Depuis une décennie, le service des télécommunications et de signalisation souffre d'un manque chronique de personnel qualifié, de pièces de rechange et d'outillages nécessaires pour assurer une bonne maintenance des installations et équipements de façon que l'on est souvent obligé de se limiter à la maintenance corrective plutôt que préventive. Notamment au niveau de la signalisation, le matériel disponible ne permettra plus la maintenance de tous les équipements.

commutateurs à température réglable jusqu'à 5 minutes



COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE  
UNION AFRICAINE DES CHEMINS DE FER

## Télécommunications et signalisation sur les chemins de fer africains

Figure 1.1. Le schéma de principe d'alimentation solaire

Ainsi, en matière des télécommunications, bien que le réseau téléphonique fonctionne correctement, le stock en pièces détachées pour les autocommutateurs temporels pratiquement épuisé. Le réseau télégraphique, de son côté, n'est plus exploité à cause de l'avarie de certaines cartes sur les équipements de transmission.

A propos des équipements radio sol-train, on signale le non fonctionnement des liaisons régulateurs-mécaniciens et vice versa dont l'origine réside dans une panne de certains modules de transmission utilisés dans les gares sur la voie radio. Par contre, le trafic train-gare et vice versa fonctionne d'une manière satisfaisante.

Il y a dix ans, la RAN avait équipé 18 gares ivoiriennes en signalisation électrique. Sur les 18 gares équipées, seules 16 ont été effectivement mises en service. Actuellement, la signalisation électrique fonctionne plus ou moins bien dans seulement cinq gares. Les autres ne peuvent pas être remises en service à cause du manque de pièces détachées.

La réticence constatée à propos de la remise en état de fonctionnement des installations défectueuses s'explique apparemment par le fait, que la signalisation électrique n'avait pas répondu aux espérances, surtout en ce qui concerne le gain de temps attendu et la réduction du nombre des aiguilleurs dans les gares. Evidemment, la modernisation de la signalisation aurait du être précédée par la réhabilitation de la voie. Faute de telles mesures, le gain de temps obtenu par l'introduction de la signalisation électrique n'a pas été appréciable.

Le problèmes technique actuel en matière de signalisation électrique se situent principalement au niveau des circuits de voie, qui sont souvent en dérangement à cause de manques d'isolation entre les fils de rails, notamment par des cassures des éclisses en bois, leur remplacement éventuel par des éclisses métalliques et des faux contacts par la dilatation des rails à la suite de la chaleur. Il existe aussi des interventions sur la voie qui manquent de coordination avec le personnel du service de la signalisation. Il s'y ajoutent des problèmes du côté alimentation en énergie, due au vieillissement des batteries, qui n'ont pas encore été remplacées depuis leur installation.

En principe, les équipements d'alimentation solaire pour la signalisation fonctionnent de façon satisfaisante. Néanmoins, on constate quelques points faibles au niveau des régulateurs, qui n'arrivent pas toujours à déconnecter les batteries en cas d'une surtension en provenance des groupes électrogènes ce qui implique la destruction des batteries. On a aussi enregistré des pannes de convertisseurs 24V/127V causées par des coups de foudre.

Il existe au sein du Département des télécommunications et de la signalisation un laboratoire pour les besoins de réparations de tous les équipements existants. Sa capacité est cependant limitée par le manque de pièces détachées, de composants professionnels et d'appareils de mesure appropriés. Il faut également noter l'insuffisance en équipements et en personnel dans ce laboratoire.



Le manque en personnel qualifié s'explique principalement par le fait que l'on trouve mieux dans les sociétés privées, d'où un problème crucial de recrutement. Ainsi, beaucoup de techniciens n'entrent pas dans le service de la SICF après avoir été formés dans son Centre de formation.

#### 4.1.6 Qualité de service

Les défaillances au niveau de la maintenance (voir le paragraphe 4.1.5) entraînent une qualité de service réduite des télécommunications et de la signalisation. Par conséquent, une partie des installations n'est pas exploitée du tout et une autre ne fonctionne pas de façon optimale, voire se trouve dans un état de détérioration. Il est évident, que la sécurité y est en jeu.

L'origine de la médiocrité de la qualité de service se situe tant aux niveaux des ressources humaines et matérielles que de l'organisation.

Quant au personnel, celui affecté aux services en question est insuffisant en nombre et ne répond pas toujours aux besoins en qualification. De l'autre côté, le manque de pièces de rechange et de matériel logistique pour la maintenance est évident.

#### 4.1.7 Résumé

La quasi totalité des structures et infrastructures de la SICF est un héritage de la RAN. La régulation du trafic ferroviaire continue d'être assurée par la méthode classique du cantonnement téléphonique. Environ 80% des gares sont protégées par des signaux mécaniques.

L'introduction pontuelle de la signalisation électrique d'entrée dans les gares n'a pas répondu à l'attente et de l'ancienne RAN et de la SICF, surtout à propos d'un gain de temps et de la réduction du nombre d'aiguilleurs. Ceci a conduit à une maintenance non prioritaire de ces équipements. Par conséquent, une partie des installations a dû être mise hors services.

Dans les gares où il n'existe pas le secteur, l'alimentation des systèmes de signalisation électrique est assurée par l'énergie photovoltaïque relayée par de groupes électrogènes. La maintenance de ces équipements est entravée par une pénurie de pièces de rechange.

La SICF dispose d'un bon nombre d'équipements dont la technologie est bien avancée et qui sont capables de jouer un rôle important dans l'exploitation ferroviaire. Pourtant, faute d'une maintenance adéquate, ils ne peuvent pas fournir les performances attendues. Pour remédier à cette lacune, une révalorisation du service des télécommunications et de la signalisation au niveau de l'organisation et un approvisionnement plus régulier en pièces de rechange et matériel logistique s'avère nécessaire.

Quant au personnel, il est important de mettre également un accent particulier sur la formation.

4.2 Egypte

4.2.1 Le réseau national de chemins de fer

4.2.2 Télécommunications

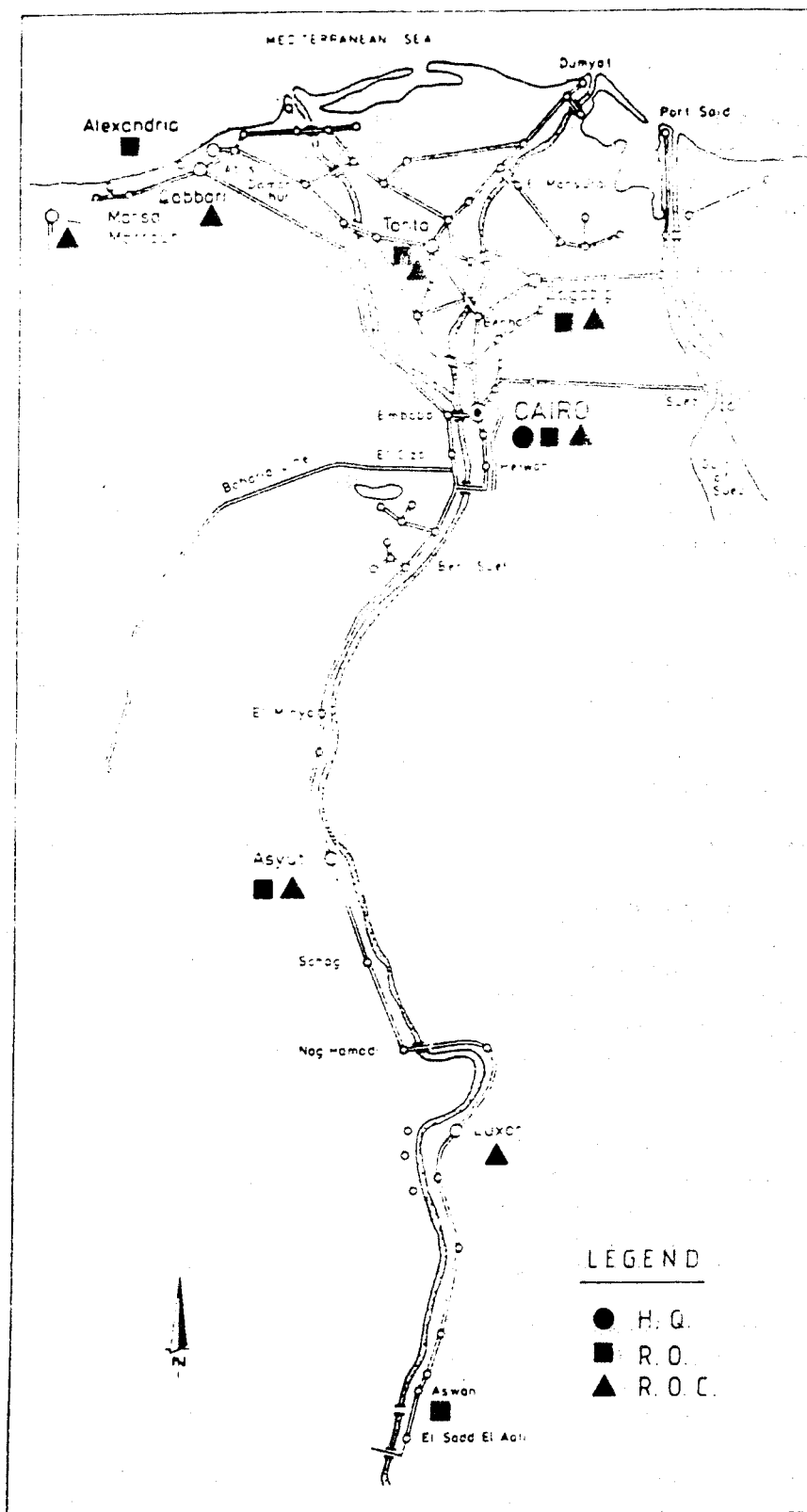
4.2.3 Signalisation

4.2.4 Alimentation en énergie

4.2.5 Exploitation et maintenance

4.2.6 Qualité de service

4.2.7 Résumé



COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE  
UNION AFRICAINE DES CHEMINS DE FER

Télécommunications et signalisation  
sur les chemins de fer africains

#### 4.2.1 Le réseau national de chemins de fer

La Société nationale de chemins de fer égyptiens (ENR) est en permanence en train d'étendre son réseau, d'un côté par la création de nouvelles lignes, de l'autre par la transformation de lignes à voie unique en lignes à voie doublée.

Actuellement, il est composé de 3000 km de lignes à mono-voie et 1000 km de double voies, totalisant 800 gares. 549 locomotives desservent les lignes et 236 sont disponibles pour le triage. Toutes les machines de traction ont des moteurs diesel. Le matériel roulant comprend également 3250 voitures environ et 10000 wagons. Le nombre total de l'effectif est de 84000 employés.

Pendant l'année budgétaire 1988/1989, on comptait un nombre total de 535526 trains voyageurs et 14640 trains de marchandises respectivement. En somme, 650 millions de passagers ont été transportés durant cette période, un chiffre qui se réfère à 38 milliards de passagers-km.

Le secteur des marchandises est caractérisé par un volume de 9 millions de tonnes, tandis que la performance totale s'élevait à 3 milliards de tonnes-km. L'occupation moyenne par utilisation s'étendait à 11,5 jours.

Le budget annuel a été subventionné de 300 millions de livres égyptiennes (LE) environ.

La configuration du réseau de l'ENR est montrée dans la figure 4.2.1.

#### 4.2.2 Télécommunications

Le réseau téléphonique autonome de l'ENR est composé de 15 autocommutateurs analogiques privés (Ericsson), installés jusqu'à l'an 1982, avec une capacité totale de 1000 lignes environ. Ce réseau n'a pas d'interconnexion avec le réseau public de télécommunications (ARENTO) et il est conçu dans le but exclusif de rattacher:

- les cadres de l'ENR,
- les postes de régulation et de contrôle,
- les représentations régionales,
- les gares importantes,
- les ateliers et dépôts.

Les liaisons locales sont à deux fils (câbles ou lignes aériennes), tandis qu'au niveau des liaisons à large distance, entre les centres importants, on exploite des systèmes à fréquence porteuse sur des câbles coaxiaux ou des liaisons à faisceaux hertziens (FH) qui sont loués de l'ARENTO.

Les sept bureaux de contrôle de l'exploitation (ROC), y inclus celui du Caire, sont basés sur de petites configurations PABX (Harris) qui sont interconnectées par des liaisons radioélectriques UHF.

Un réseau de liaisons radioélectriques VHF, en combinaison avec des liaisons FH, assure les communications régulateur - train sur toute la longueur de la voie ainsi que des communications de secours avec quelques gares et postes d'aiguillage sélectionnés.

On vient d'effectuer un dépouillement d'offres pour l'approvisionnement et l'installation d'équipements additionnels de communications pour le système de régulation.

#### 4.2.3 Signalisation

L'ENR exploite des systèmes de signalisation mécaniques, électromécaniques et électriques, pourtant ils sont mécaniques en majorité sur les voies doublées et uniques en Haute Egypte, avec l'exception de 90km. Des systèmes électromécaniques et électriques travaillent au Caire et dans sa grande banlieue.

Les blocs entre les gares sur les lignes à voies doublées et uniques sont généralement réalisés par des systèmes sans bâtons pilotes, dits Tyries, à savoir sans utilisation d'autres dispositifs de signalisation dans le canton respectif. Des instruments à bâtons pilotes sont utilisés sur quelques voies uniques.

Les systèmes électromécaniques représentent le mi-parcours pour la signalisation électrique. Dans cette technique, les leviers pour la commande des signaux et aiguilles existent toujours et ils sont actionnés comme avant, incluant le système de verrouillage mécanique. Toutefois, ces leviers ne tirent plus de fils en fer ou des barres, mais il contrôlent des contacts électriques qui, à leur tour, commandent les moteurs électriques des aiguilles et les signaux lumineux. Les barrières mécaniques des passages à niveau ont été remplacées par des signaux clignotants.

Les systèmes de signalisation qui sont entièrement électriques s'utilisent dans les centres de commande de trafic centralisée (CTC) pour le contrôle automatique des circulations. Dans ces systèmes, les aiguilles et signaux lumineux sont commandés par des relais électriques, tandis que leur status actuel est indiqué sur un pupitre géographique de commande. Par l'utilisation du système d'annonce de trains, les trains peuvent être identifiés sur le tableau à travers de leurs numéros respectifs.

Le bloc automatique lumineux (BAL) est utilisé sur les lignes à fort trafic. Dans ces systèmes, tous les feux sont en principe mis au vert. Lors qu'un train est entré dans un canton, il est protégé automatiquement par le feu rouge à l'entrée de canton. Simultanément, les signaux dans les cantons avant ce dernier sont mis dans des différentes positions, ainsi imposant des limitations de vitesse aux trains suivant (Voir aussi le paragraphe 3.2).

Le premier centre CTC à boutons-poussoirs (ALSTHOM) fut introduit en 1956. Il a été abandonné au moment de la construction du métro du Caire sur cette ligne.

En l'an 1963, on installait une génération plus récente d'un système d'enclenchement (Siemens DrS) qui est toujours exploité. Les équipements installés dernièrement sont surtout du type MIS 801 (Siemens).

Actuellement, environ 260 km des chemins de fer nationaux sont exploités avec des systèmes à CTC. Des équipements pour un autre trajet de 23 km viennent d'être installés, pourtant ils attendent leur mise en service. Un contrat a été passé pour un autre système qui devra couvrir une distance de 110 km.

Les systèmes électromécaniques sont exploités sur environ 130 km de réseau. Cependant, plusieurs postes d'aiguillage sont déjà pourvus d'équipements entièrement électriques, ainsi constituant des "flots électriques" dans un environnement électromécanique.

D'une manière générale, la répétition des signaux à bord (RAB) a été introduite sur les lignes à fort trafic, c'est-à-dire que les trains sont automatiquement soumis à une réduction forcée de leur vitesse, voire à un freinage d'urgence si les signaux n'ont pas été respectés.

#### 4.2.4 Alimentation en énergie

Si l'énergie du secteur est coupée ou n'est pas disponible du tout, l'énergie électrique est fournie par des groupes électrogènes diesel. Les postes téléphoniques en zones isolées sont alimentés par des batteries locales. L'énergie photovoltaïque est utilisée dans beaucoup de sites pour les besoins des télécommunications.

#### 4.2.5 Exploitation et maintenance

L'exploitation des systèmes de télécommunications et de la signalisation est considérablement gênée par des pannes d'équipement. Par exemple, les statistiques des pannes pendant le mois de juillet 1990 montrent un total de 187 défauts dans les équipements de signalisation, occasionnées principalement par des dégâts et des vols dont 67 n'ont pu être réparées qu'après une période assez longue.

A propos du réseau de télécommunications, la disponibilité mensuelle pendant la période allant d'avril jusqu'au mois de juillet 1990 variait entre 46% et 100%, selon le centre de régulation régional respectif. Les statistiques montrent également que les systèmes téléphoniques basés sur des lignes à cuivre souffrent d'un degré de pannes assez élevé.

Lors des visites sur le terrain on a pu constater que la maintenance des salles de relais et d'alimentation en énergie pourrait être améliorée. Ceci est particulièrement nécessaire en ce qui concerne la climatisation et la protection contre la poussière, si non la durée de vie des équipements risque d'être réduite. Pour des raisons de sécurité, il faudrait accorder une priorité plus élevée à la réparation des câbles faisant partie des systèmes CTC et qui appartiennent à l'ENR.

L'ENR exploite un atelier avec des branches de télécommunication et de signalisation respectivement. L'atelier des télécommunications est capable d'exécuter toutes les réparations courantes sur les équipements. Pour les pièces électroniques sophistiquées, on dispose d'un appareillage de test pour les circuits intégrés. Signallons que tous les systèmes de verrouillage mécanique sont fabriqués dans l'atelier de signalisation.

#### 4.2.6 Qualité de service

Il serait tout à fait possible d'augmenter la qualité de service relevant du domaine des télécommunications et de la signalisation. Les vols fréquents des fils en cuivre pourraient être évités en introduisant plus de systèmes de transmission radio où de câbles à fibres optiques. L'exploitation du réseau téléphonique pourrait être améliorée par l'augmentation du nombre de liaisons de transmission afin de faciliter l'interconnexion intégrale des autocommutateurs. Actuellement, une partie des autocommutateurs téléphoniques n'est pas rattachée au réseau national de télécommunications de l'ENR.

Il existe des défaillances dans le domaine de la maintenance dues au fait que la majeure partie des systèmes de transmission appartient à l'organisation publique des télécommunications. Cependant, ses réglementations ne sont pas toujours adaptées aux besoins de l'ENR.

#### 4.2.7 Résumé

Sur les lignes ferroviaires importantes, l'ENR dispose de systèmes modernes de signalisation électrique. Sans doute, les systèmes de la technologie conventionnelle peuvent encore satisfaire les besoins des routes secondaires.

L'efficacité et la sécurité pourraient toujours être améliorées en accordant plus d'importance aux télécommunications. Initialement, ceci impliquerait des investissements importants pour la mise en valeur des télécommunications, notamment par

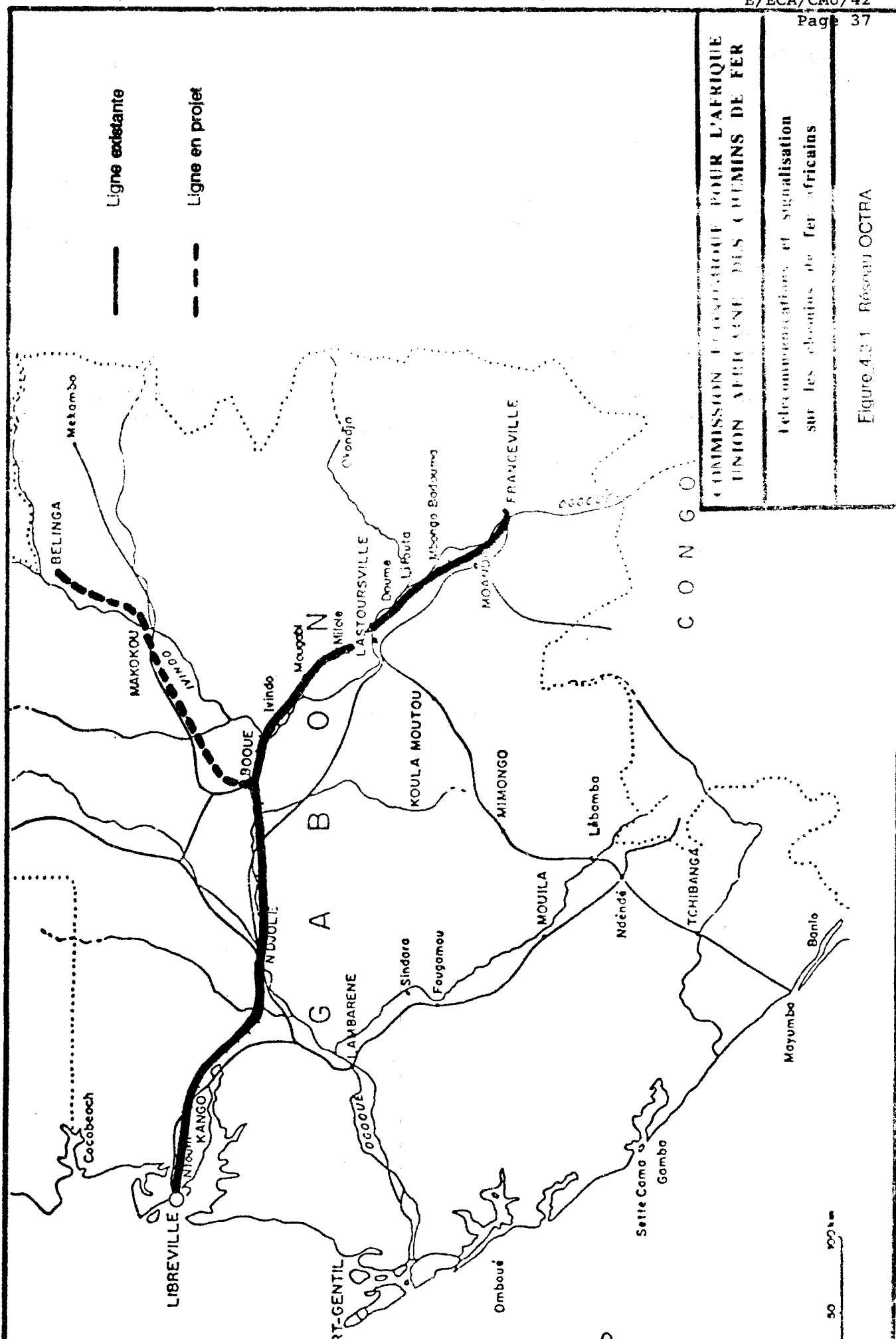
- la création de systèmes intégrés de télécommunication et de signalisation,
- le remplacement des fils en cuivre par des liaisons radioélectriques ou des câbles à fibres optiques,
- la création d'un réseau de transmission propre à l'ENR,
- l'introduction de technologies modernes pour l'exploitation (p.e. la télécopie).

La maintenance devrait être réorganisée en vue d'accroître son efficacité. L'introduction de contrôleurs tant pour la signalisation que pour les télécommunications constituerait un support utile à de tels efforts.

#### 4.3 Gabon

- 4.3.1 Le réseau national de chemins de fer
- 4.3.2 Télécommunications
- 4.3.3 Signalisation
- 4.3.4 Alimentation en énergie
- 4.3.5 Exploitation et maintenance
- 4.3.6 Qualité de service
- 4.3.7 Résumé





COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE  
UNION AFRICAINE DES CHEMINS DE FER

Télécommunications et signalisation  
sur les chemins de fer africains

Figure 4.31 Réseau OCTRA

#### 4.3.1 Le réseau national de chemins de fer

Le réseau ferroviaire de l'Office du chemin de fer Transgabonais (OCTRA) est composé de deux tronçons, notamment Owendo (Port de Libreville) - Booué et Booué - Franceville dont la longueur totale est de 648 km. La voie ferrée a été construite par sections pendant la période allant de 1978 à 1986. Il s'agit d'une ligne à voie unique d'un écartement de 1,435 mètres (voir la figure 4.3.1).

A partir de l'an 1991, le réseau disposera de 21 gares exploitées en signalisation et télécommunications ainsi que de deux points d'arrêt.

Selon les statistiques se référant à l'année 1989, le matériel moteur comptait 31 locomotives diesel, " locotracteurs et 2 automotrices voyageurs qui avaient un taux de disponibilité de 67% environ. Le parc de wagons s'élevait alors à 1165 unités dont 282 étaient de particuliers, tandis que le nombre de voitures se chiffrait à 37 unités, y inclus 5 caisses d'automotrices. Quant au volume de la circulation, on comptait 540 trains passagers et 2800 trains de marchandises respectivement. Il y avait en plus 520 trains de minerais particuliers.

Toujours pendant l'année 1989, le trafic marchandises avait atteint un volume de 2,4 millions de tonnes, respectivement 1,2 milliards de tonnes-km. Ce trafic comprend une partie d'un opérateur extérieur (COMILOG).

Les statistiques montrent que le nombre total de voyageurs se chiffrait à 130000 personnes, ce qui correspondait à 54 millions de voyageurs-km. Toujours pendant la période susmentionnée les dépenses d'exploitation s'élevaient à 15,6 milliards de F.CFA, dont 3,4 milliards devaient être subventionnés par l'Etat.

L'effectif du personnel se chiffrait alors à 1854 agents.

#### 4.3.2 Télécommunications

Le réseau de télécommunications est doté de cinq autocommutateurs numériques JISTEL (Jeumon Schneider) d'une capacité totale de 1600 lignes.

Au niveau de la transmission, le tronçon Owendo - Booué est équipé d'un système multiplex SMC 120 de technologie analogique (CIT ALCATEL), utilisant comme support un câble monocoaxial enterré d'une capacité de 120 circuits. Il existe un système informatisé de centralisation automatique pour le contrôle de la dite liaison qui sera mis en service fin novembre 1990. Le tronçon Booué - Franceville est également pourvu d'un système de transmission analogique (SMC 48) sur un câble monocoaxial enterré.

En dehors de la téléphonie générale, les équipements susmentionnés servent tant pour la régulation de la circulation que pour les liaisons de gare à gare (liaisons omnibus) pour l'échange de dépêches de sécurité.

En cas de panne du circuit auto-sélectif de régulation, un réseau radioélectrique BLU permet les communications avec toutes les gares sur le premier tronçon. Sur le deuxième tronçon, ce circuit est doublé par une liaison régulation sur un câble à basse fréquence (BF).

La liaison omnibus sur le premier tronçon est doublée par des liaisons radio de secours VHG (Motorola), par contre sur le deuxième tronçon par des liaisons omnibus de secours sur le câble BF.

Un appareillage radiotéléphonique sol-train (Autophon) est installé tout au long de la ligne. Ses caractéristiques sont identiques à celles décrites au chapitre 4.1.2 concernant la Côte d'Ivoire. Dû à des problèmes d'exploitation et de maintenance, ce système n'est plus en service.

#### 4.3.3 Signalisation

A partir de l'an 1991, vingt et une gares du Transgabonais seront munies de la signalisation lumineuse avec manoeuvre électrique des aiguilles principales. Les commandes d'itinéraires d'entrée ou de sortie sont effectuées à partir d'un pupitre placé dans le local du chef de sécurité, qui dispose également d'un tableau de contrôle optique (TCO). Toutes les fonctions de sécurité d'une gare sont réalisées au travers d'un poste électrique "tout relais à transit rigide" (ALSTHOM). Les voies principales de gare sont équipées de circuits de voie rattachés au TCO respectif.

Originellement, chaque signal était précédé d'un couple de balises dont une fixe à l'extérieur du rail et une commutable à l'intérieur, qui servaient pour la répétition des signaux à bord (RAB). En plus, les trains étaient équipés d'aimants pour la détection des queues de train.

Chaque portion de voie située entre deux gares constitue un canton, dans lequel le bloc serait assuré par l'enclenchement automatique des signaux, c'est-à-dire par le bloc à voie unique (BVU).

Théoriquement, l'ensemble de la ligne Owendo - Booué pourrait être exploité en régime de télécommande à partir du Poste de Commandement (PC) d'Owendo (voir Figure 4.3.2). Toutefois, dû à des problèmes d'exploitation au niveau de la RAB ainsi que dans la détection de trains complets, le BVU et, par conséquent, la télécommande depuis Owendo ne pouvaient pas être mis en exploitation. Actuellement, les blocs sont réalisés par le cantonement téléphonique, tandis que les gares sont mises en régime "commande locale" (voir aussi le chapitre 4.3.5).

#### 4.3.4 Alimentation en énergie

Etant donné le contexte d'isolement géographique dans lequel se situe la majorité des installations ferroviaires du Transgabonais, l'énergie électrique n'est fournie qu'exceptionnellement par le secteur public, à savoir dans les gares d'Owendo, Ntoum et Franceville qui sont toutefois équipées de groupes électrogènes de secours.



Figure 4.3.2: Vue totale de la gare d'Owendo (Libreville)

Cinq gares sont alimentées en permanence par le secteur local OCTRA à partir de centrales à groupes électrogènes de 2x125 KVA. Pour les autres gares, l'énergie électrique est fournie par des centrales indépendantes de soit 2x20, soit 2x40 KVA.

L'énergie photovoltaïque était utilisée pour l'alimentation de certains équipements d'une liaison radio régulation de secours sur le tronçon Owendo - Booué. Dès la mise hors service dudit système radioélectrique, l'énergie solaire n'est plus exploitée dans le réseau OCTRA.

#### 4.3.5 Exploitation et maintenance

En comparaison avec d'autres réseaux ferroviaires africains, le réseau OCTRA est encore très jeune.

Pourtant en matière de télécommunications, les équipements de transmission sont encore de la technologie conventionnelle, à savoir analogique. Ceci est dû au fait que leur planification commençait déjà dans les années '70, peu avant la pénétration de la technologie numérique dans le domaine des télécommunications.

La maintenance des équipements de transmission pose des problèmes particuliers en ce qui concerne les répéteurs installés en ligne. En général, la voie ferrée qui traverse la forêt équatoriale, n'est pas accessible par des routes, de façon que les équipes de maintenance sont obligées de se déplacer moyennant des draisines. Ainsi les périodes d'intervention sont assez limitées afin de ne pas trop gêner la circulation, notamment comme il s'agit d'une voie unique.

Les statistiques montrent, que les coups de foudre causent de nombreux dégâts dans les équipements. Ce problème sera résolu en 1991, par la Société "Les Câbles de Lyon" qui installeront une protection particulière contre les effets de la foudre. Le câble à quarts sur le deuxième tronçon de la ligne ferroviaire est, de son côté, très fragile aux décharges atmosphériques.

Quant à la signalisation, elle est en grande partie basée sur la méthode classique du cantonnement téléphonique. De l'autre côté, une quantité considérable d'équipements modernes destinés à la signalisation n'ont pas pu être mis en exploitation dû à des problèmes inattendus:

L'introduction du bloc à voie unique était empêchée par le fait que les équipements de détection de train complet ainsi que de la répétition des signaux à bord ne fonctionnaient que d'une façon jugée aléatoire par l'exploitant. On estime que des battements des aimants de queue de train au moment de passage sur les détecteurs placés à l'intérieur du rail empêchaient le fonctionnement correct du système. En plus, la répétition à bord a parfois déclenché des freinages d'urgence bien que les signaux étaient au vert. De tels obstacles ont empêché la mise en service de la télécommande depuis Owendo.

Cinq gares sont alimentées en permanence par le secteur local OCTRA à partir de centrales à groupes électrogènes de 2x125 KVA. Pour les autres gares, l'énergie électrique est fournie par des centrales indépendantes de soit 2x20, soit 2x40 KVA.

L'énergie photovoltaïque était utilisée pour l'alimentation de certains équipements d'une liaison radio régulation de secours sur le tronçon Owendo - Booué. Dès la mise hors service dudit système radioélectrique, l'énergie solaire n'est plus exploitée dans le réseau OCTRA.

#### 4.3.5 Exploitation et maintenance

En comparaison avec d'autres réseaux ferroviaires africains, le réseau OCTRA est encore très jeune.

Pourtant en matière de télécommunications, les équipements de transmission sont encore de la technologie conventionnelle, à savoir analogique. Ceci est dû au fait que leur planification commençait déjà dans les années '70, peu avant la pénétration de la technologie numérique dans le domaine des télécommunications.

La maintenance des équipements de transmission pose des problèmes particuliers en ce qui concerne les répéteurs installés en ligne. En général, la voie ferrée qui traverse la forêt équatoriale, n'est pas accessible par des routes, de façon que les équipes de maintenance sont obligées de se déplacer moyennant des draisines. Ainsi les périodes d'intervention sont assez limitées afin de ne pas trop gêner la circulation, notamment comme il s'agit d'une voie unique.

Les statistiques montrent, que les coups de foudre causent de nombreux dégâts dans les équipements. Ce problème sera résolu en 1991, par la Société "Les Câbles de Lyon" qui installeront une protection particulière contre les effets de la foudre. Le câble à quarts sur le deuxième tronçon de la ligne ferroviaire est, de son côté, très fragile aux décharges atmosphériques.

Quant à la signalisation, elle est en grande partie basée sur la méthode classique du cantonnement téléphonique. De l'autre côté, une quantité considérable d'équipements modernes destinés à la signalisation n'ont pas pu être mis en exploitation dû à des problèmes inattendus:

L'introduction du bloc à voie unique était empêchée par le fait que les équipements de détection de train complet ainsi que de la répétition des signaux à bord ne fonctionnaient que d'une façon jugée aléatoire par l'exploitant. On estime que des battements des aimants de queue de train au moment de passage sur les détecteurs placés à l'intérieur du rail empêchaient le fonctionnement correct du système. En plus, la répétition à bord a parfois déclenché des freinages d'urgence bien que les signaux étaient au vert. De tels obstacles ont empêché la mise en service de la télécommande depuis Owendo.

Toutefois, on estime que l'utilisation des technologies sophistiquées qui sont destinées à faciliter la fluidité de la circulation, mais dont la maintenance est assez coûteuse, est seulement viable s'il existe un trafic élevé et s'il y a une pénurie d'agents. A l'heure actuelle, ces deux facteurs ne sont pas pertinents au sein de l'OCTRA d'où une certaine réticence à exploiter les équipements en question.

Ce raisonnement est pareil pour ce qui est du système radio sol-train qui, en plus, avait souffert d'un manque chronique de pièces détachées. L'expérience a montré que le ratio coûts-bénéfices ne sera que favorable dans un réseau de trafic dense.

L'approvisionnement régulier en gasoil constitue une tâche importante pour les services concernés. De nombreux obstacles logistiques peuvent avoir des impacts sur la fourniture régulière de carburant pour les groupes électrogènes qui assurent l'alimentation en énergie électrique. Ainsi au cas du non-fonctionnement de la signalisation, la circulation est toujours possible, sous condition de la marche à vue. Par contre, le trafic est perturbé sans la téléphonie locale (nécessité d'utiliser la BLU).

Eu égard aux vrais besoins et au niveau de formation du personnel de maintenance, les installations d'alimentation en énergie exploitées par le Transgabonais sont généralement assez sophistiquées. La simplification des équipements de contrôle des groupes pourrait faciliter les travaux de maintenance et, par conséquent, raccourcir les délais de dépannage (p.ex. groupes sans démarrage automatique, moins de circuits électroniques,...).

La division SET (signalisation, énergie, télécommunications) a dans son sein un laboratoire pour la maintenance des équipements qui lui sont confiés.

#### 4.3.6 Qualité de service

Il existe plusieurs facteurs qui affectent la qualité de service dans les domaines des télécommunications, de la signalisation et de l'alimentation en énergie.

Ainsi, selon les statistiques, on constatait 78 incidents sur les systèmes de transmission pendant le premier semestre 1990. Les défaillances avaient leur origine en partie dans le matériel même, mais elles étaient également dû à des ruptures ou dérangements du câble coaxial. Sur le premier tronçon, le câble posé en dessous de la tête des traverses, à 60 cm sous le ballast, a connu six ruptures durant la période susmentionnée, causées par des affaissements de la plate-forme. Sur le deuxième tronçon, ce problème a pu être évité grâce au fait que la plate-forme est plus stable.

Les délais de réparation des câbles en dérangement, mais aussi des répéteurs en ligne, sont assez élevés, parce que les endroits sont difficilement accessibles.

Les techniques de signalisation étant réduites à des systèmes de technologie éprouvée (signalisation lumineuse dans les gares, cantonnement téléphonique entre deux gares), elles ne posent pas de problèmes particuliers quant à la qualité de service.

#### 4.3.7 Résumé

Bien que le réseau ferroviaire du Gabon soit encore très jeune, ses problèmes d'exploitation et de maintenance au niveau des télécommunications et de la signalisation ne sont pas négligeables.

Au niveau des télécommunications, on exploite des systèmes de transmission de technologie analogique, parce qu'il existe un long délai entre le début de la planification et la réalisation du projet. Cette technologie, il faut le souligner, n'est pas du tout mauvaise ou inadéquate. Mais le fait que des répéteurs sont installés en ligne tandis que ces endroits ne sont pas accessibles par routes, est un inconvénient considérable de ce système.

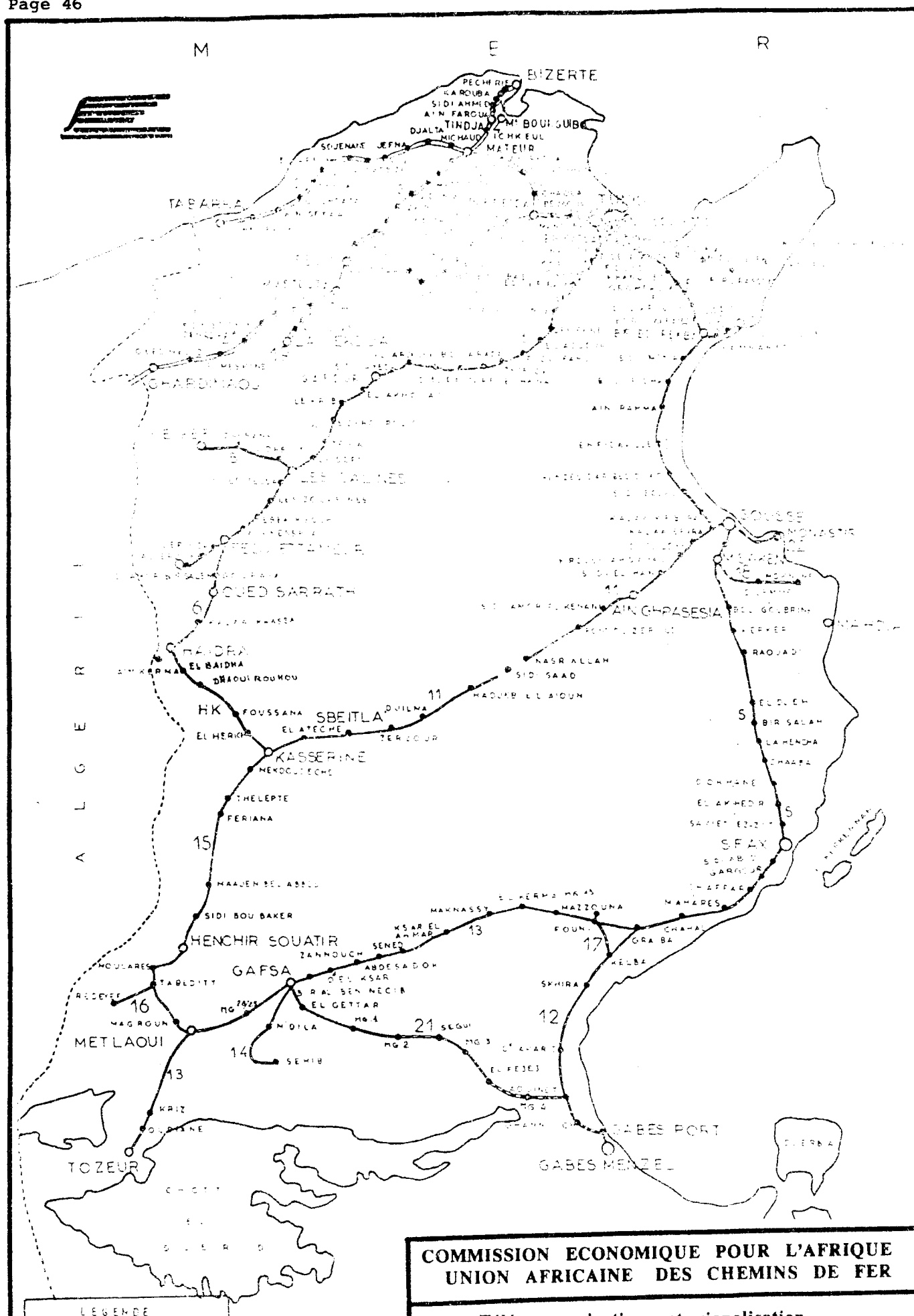
L'introduction de techniques sophistiquées doit être précédée d'une formation systématique des agents. Cela sera le cas pour les agents de télécommunications qui bénéficieront d'une formation au système multiplex par un ingénieur CIT ALCATEL d'octobre 1990 à juillet 1991.

Notons qu'il existe à Franceville un centre de formation pour les agents de la signalisation et de l'énergie.



#### 4.4 Tunisie

- 4.4.1 Le réseau national de chemins de fer
- 4.4.2 Télécommunications
- 4.4.3 Signalisation
- 4.4.4 Alimentation en énergie
- 4.4.5 Exploitation et maintenance
- 4.4.6 Qualité de service
- 4.4.7 Résumé



#### 4.4.1 Le réseau national de chemins de fer

Avec plus de 2200 kilomètres de voies principales, plus d'une centaine de gares et quelques 160 stations, la Société Nationale des Chemins de Fer Tunisiens (SNCFT) dessert les plus importantes villes et localités du pays. Le réseau à voies étroites (1 m) est répandu principalement dans la partie Sud tandis que le réseau à voie normale (1,43 m), d'une longueur de 400 kms environ, couvre la partie Nord du pays.

Au total, quelques 29 milliards de voyageurs ont été transportés au cours de l'année 1989 dans les deux catégories de trafic importantes, à savoir le transport sur les grandes lignes et le transport de banlieue. Ainsi le volume de trafic voyageurs a atteint 718 milliards de voyageurs-kms.

Le parc compte actuellement 190 locomotives, 5300 wagons et 200 voitures. Les machines de traction sont entièrement à diesel. Des projets d'électrification sont en cours d'exécution sur deux lignes d'une longueur totale de 65 kms. Il existe aussi un projet d'électrifier certaines lignes de banlieue.

Au niveau des services marchandises, la SNCFT a assuré, pendant la période susmentionnée, le transport de 11 millions de tonnes environ respectivement 2 milliards de tonnes-kms.

L'effectif de la société se chiffre à 9200 personnes.

Présentement, la construction d'une troisième voie sur une liaison de banlieue est en cours d'exécution. Elle sera exploitée à titre de voie banalisée. Un projet à long terme dit de "normalisation" visera le remplacement successif des voies étroites par des voies normales. Actuellement, les deux premières phases notamment Tunis - Sousse et Sousse - Sfax sont en projet. La construction de la liaison Sfax - Tripoli (Libye) constituera un important futur projet d'expansion.

La figure 4.4.1 montre la configuration du réseau national de la SNCFT.

#### 4.4.2 Télécommunications

A l'heure actuelle, le réseau de télécommunications faisant partie de la SNCFT est dans le processus de sa numérisation qui devra s'achever à la fin de l'année 1990.

Dans le cadre de ce projet, les six gares situées aux sièges des directions régionales seront équipées de centraux numériques privées (JISTEL, Jeumont Schneider) de capacités initiales allant de 112 à 800 lignes. Tous les abonnés se trouvant dans des gares encadrantes seront rattachés à leur central respectif en qualité d'"abonné éloigné".

Les centraux téléphoniques seront interconnectés par des liaisons MIC (2 Mbit/sec) faisant partie intégrante du réseau de transmission qui est exploité en majeure partie en copropriété avec le réseau public de télécommunications. La transmission est assurée soit par des liaisons à faisceaux hertziens, soit par des liaisons sur câbles. A côté des liaisons HF, la SNCFT dispose de liaisons BF servant principalement aux besoins de régulation, d'appels sélectifs, d'omnibus, bloc automatique, etc.

La transmission de données qui jusqu'à présent est assurée sur des liaisons spéciales, sera intégrée dans un réseau numérique de transmission qui constituera un sous-réseau au réseau public. La téléinformatique s'applique pour l'administration du personnel, la gestion des wagons, la billetterie et, dans une proche avenir, pour la réservation.

L'utilisation du radio sol-train est inexistante. Signalons que le plan à moyen terme (8ème plan) prévoit son introduction sur le réseau entier.

#### 4.4.3 Signalisation

La ligne Tunis - Sfax, tout le réseau Sud ainsi que certaines gares au Nord sont équipés d'installations de signalisation.

Mises à part certaines lignes dans le Centre du pays seulement, où la signalisation se fait encore manuellement à travers des disques, les systèmes de signalisation utilisés en Tunisie sont presque entièrement électriques (en majorité fournis par la société italienne Waboo Westinghouse).

La gare de Tunis et quelques autres grandes gares sont pourvues de postes de relais souple (PRS). Ce genre de postes de commande dispose de tableaux de contrôle optique (TCO) et de tables de commande avec des boutons à sélection. La souplesse de cette technique permet la commande des itinéraires par fractions.

Dans d'autres gares, la commande des signaux et des aiguilles se fait par des postes relais géographiques (PRG). Dans ce cas, on utilise des pupitres de commande avec des boutons-poussoirs origine-destination.

Dans le cas d'une ligne à voie unique, la banalisation s'impose et la circulation est protégée par le bloc à voie unique (BVU). A l'expédition d'un train, aucune autre circulation ne sera autorisée dans ce canton occupé. Dès la libération du canton qui est assurée par un détecteur de la queue de train, la demande d'expédier une autre circulation par une gare est alors possible dans un sens ou dans l'autre. Plusieurs lignes à voie unique sont équipées de la signalisation BVU, pourtant sur une des lignes les équipements ne sont pas exploités dès leur installation pour des raisons indiquées au paragraphe 4.4.5.

Comme la signalisation BVU ne peut pas entièrement exclure des erreurs humaines, le système de répétition à bord (RAB) des signaux s'applique à titre de mesure de sécurité additionnelle.

Au droit des panneaux d'entrée et de sortie, il y a des balises commutables, installées entre les rails pour la répétition à bord du train des informations correspondant aux indications de panneaux "ouvert" et "fermé". Au cas du non-respect d'un signal impératif comportant l'indication "carre-fermé" de la part du mécanicien, ce système provoque le freinage d'urgence du train (voir la figure 4.4.2). Présentement, on n'exploite pas tous les équipements RAB installés dans les trains circulant sur les lignes à voie unique. Le fonctionnement de la répétition à bord est décrit au paragraphe 3.2.

Sur les lignes à voies doublées, le bloc automatique lumineux (BAL) (voir le paragraphe 3.2 pour une description détaillée) y constitue le système clef de signalisation. La commande des signaux entre les gares, y inclus des passages à niveau, se fait automatiquement par les trains qui passent d'un canton à un autre. A l'heure actuelle, les trains circulant sur les lignes avec BAL ne sont pas dotés de systèmes de répétition à bord, cependant leur installation est prévue lors de futurs projets.

En vue d'augmenter l'efficacité de la régulation, un projet de création de systèmes de commande de trafic centralisée (CTC) est en cours. La commande centralisée permettra la télécommande du trafic sur des longues distances. L'implantation d'un système CTC pour une ligne de banlieue est en cours d'exécution.

Quelques voies à faibles trafic seront dotées, toujours selon le plan à moyen terme déjà mentionné, de systèmes de radiosignalisation. La radiosignalisation est une méthode qui permet d'assurer la circulation des trains par des messages codés transmis d'un poste central vers les mécaniciens des trains. Ces messages sont transmis après vérification automatique de toutes les conditions de sécurité. Ils reflètent la situation actuelle au niveau de l'exploitation de la voie pour la protection de la circulation selon les principes de signalisation (voir aussi le paragraphe 3.2).

#### 4.4.4 Alimentation en énergie

La SNCFT a attaché beaucoup d'importance au volet de l'alimentation en énergie de façon que des dispositions ont été prises pour assurer l'alimentation permanente des équipements. Des batteries à tampon aussi bien que des groupes électrogènes de continuité ont pour objectif d'éviter des coupures d'énergie, même de très courte durée (temps de coupure égal zéro).

Jusqu'à présent, des équipements photovoltaïques ne sont pas encore exploités.

#### 4.4.5 Exploitation et maintenance

Sur une des lignes pourvues de systèmes modernes de signalisation, notamment la ligne 21, la SNCFT doit prendre recours aux anciennes méthodes étant donné que les équipements installés depuis cinq ans environ ne peuvent

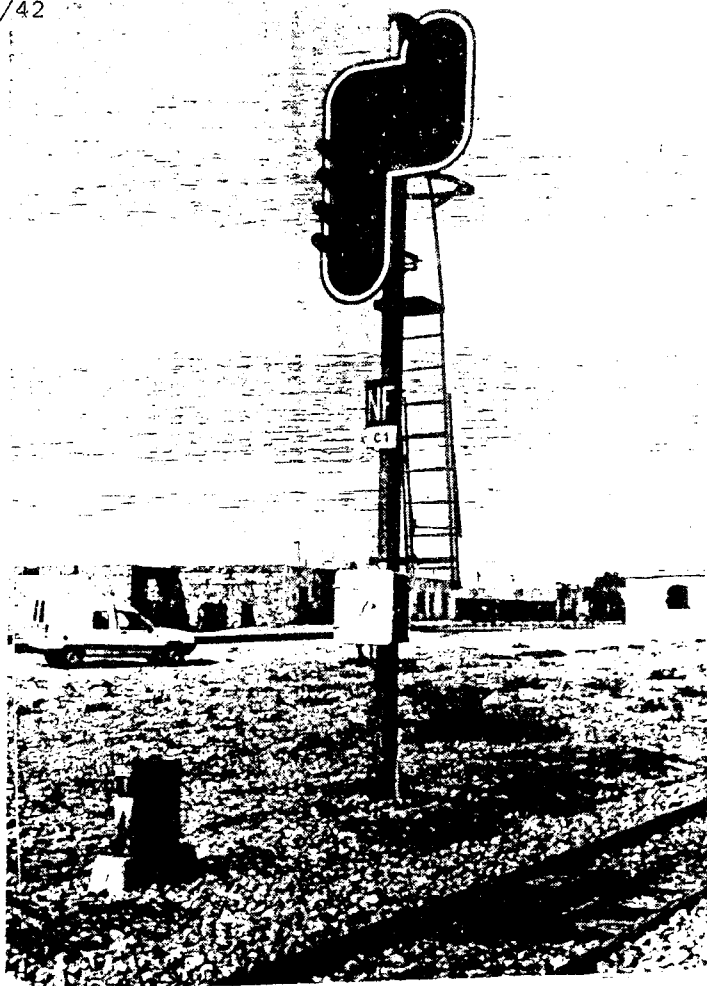


Figure 4.4.2: Signal d'entrée de ga:  
avec une balise RAB

Figure 4.4.3: Ensablement de la voie  
en zone désertique



pas être exploités. Cette ligne ferroviaire servant pour le transport de phosphate passe par des zones désertiques raison pour laquelle les investissements pour l'approvisionnement en énergie dans les gares constituent un fardeau énorme. Mais bien que l'énergie pose de problèmes considérables, celles-ci peuvent toujours être résolues en fonction de considérations techniques et économiques. Pourtant la signalisation sur le ligne est sérieusement gênée par les ensablements permanents qui occasionnent, en cas de pluies, des courts-circuits entre les rails et, par conséquent, impliquent des indications erronées sur les pupitres de commande (figure 4.4.3). En plus, l'ensablement sur les appareils empêche le fonctionnement normal des moteurs d'aiguilles et le placage des lames d'aiguille.

Même sur certaines autres lignes où des systèmes de signalisation sont en service, le problème d'ensablement en saison pluvieuse provoque des dérangements des circuits de voie. La dilatation des rails peut causer de contacts électriques entre des secteurs de la voie qui normalement devraient être isolés l'un de l'autre. Ce dernier problème pourra être résolu par une maintenance accrue des composants isolants.

La division fonctionnelle de l'entretien des installations de télécommunication et de la signalisation, créée il y a deux ans environ, est chargée de développer des méthodes pour l'amélioration de l'exploitation et de la maintenance moyennant de suivis ponctuel et qualitatif.

La division a produit des notices qui sont censées guider au maximum les exploitants ainsi que les pertes des temps pour toutes sortes d'interventions soient minimales.

Elle est aussi soucieuse de diminuer la dépendance de la société en matière de composants et pièces détachées vis-à-vis des sous-traitants. Cet objectif a été atteint en partie par la création d'un laboratoire électrique dans lequel environ 90% des cartes électroniques peuvent être réparées localement. Les efforts d'autonomie seront intensifiés par la mise en service d'un atelier électromécanique qui aura pour tâche, entre autres, le rebobinage de moteurs. L'importation d'autres pièces qui pourront être fabriquées localement sera réduite au fur et à mesure. Des activités seront aussi déclenchées pour assurer un approvisionnement périodique en pièces détachées afin d'avoir toujours disponible un stock minimum.

A partir de l'an 1991, une école nationale de chemins de fer devrait satisfaire les besoins en formation, entre autres, dans les secteurs des télécommunications et de la signalisation.

#### 4.4.6 Qualité de service

Ailleurs comme en Tunisie, l'introduction de nouvelles techniques doit se réaliser de concert avec une sensibilisation du personnel concerné car elles demandent souvent des changements d'habitudes. Ainsi, on ne profitera de l'ensemble des performances de systèmes modernes que s'ils sont

intégralement acceptés par le personnel d'exploitation et de maintenance afin que les soins nécessaires y soient accordés. Le défaut éventuel de telles précautions pourra entraîner une réduction au niveau de la sécurité ainsi que des dégâts considérables.

Ainsi la SNCFT a constaté que les démolitions de balises des équipements RAB aussi bien que des détecteurs de queue de train par des objets trainants sont assez fréquentes de façon que le bon fonctionnement des systèmes de sécurité respectifs est remis en cause.

Pour remédier à de telles lacunes, le déblocage du stock des principales pièces est sujet à la soumission de rapports d'avarie qui précisent toutes les circonstances de l'incident et les mesures adoptées.

#### 4.4.7 Résumé

Le réseau ferroviaire de la Tunisie est en pleine expansion moyennant la construction de nouvelles lignes, la normalisation des voies étroites et la construction de troisièmes voies sur les lignes à fort trafic.

Les télécommunications sont en train d'être modernisées selon les besoins des tâches actuelles, notamment à travers la numérisation des autocommutateurs ainsi que des faisceaux de transmission y inclus un réseau numérique pour la transmission de données.

En principe, la signalisation suit l'évolution du réseau et de la technologie, la partie plus importante du réseau ferroviaire étant équipée de systèmes électriques. Pourtant, les équipements de signalisation ne sont pas tous exploités jusqu'à la hauteur de leurs potentiels, dû à des problèmes techniques et d'exploitation à savoir des casses fréquentes de balises RAB et de détecteurs de queue de train par des objets trainants, des isolations insuffisantes entre les divers sections de rails et des ensablements des voies.

Bien que les systèmes de signalisation électrique soient quasi infaillibles en eux-mêmes, ils ne peuvent pas exclure des erreurs humaines si la circulation n'est pas sécurisée par des mesures additionnelles, notamment la répétition à bord des signaux et les liaisons radioélectriques sol train, éventuellement la radiosignalisation pour les lignes à faible trafic. Les plans existants prévoient l'introduction de méthodes de sécurisation pour la signalisation.

La SNCFT attache beaucoup d'importance à l'alimentation en énergie ce qui implique des investissements lourds, surtout en zones isolées et des frais d'opération accrus par l'utilisation de groupes électrogènes à marche continue. A l'heure actuelle, l'énergie solaire n'est pas encore exploitée.

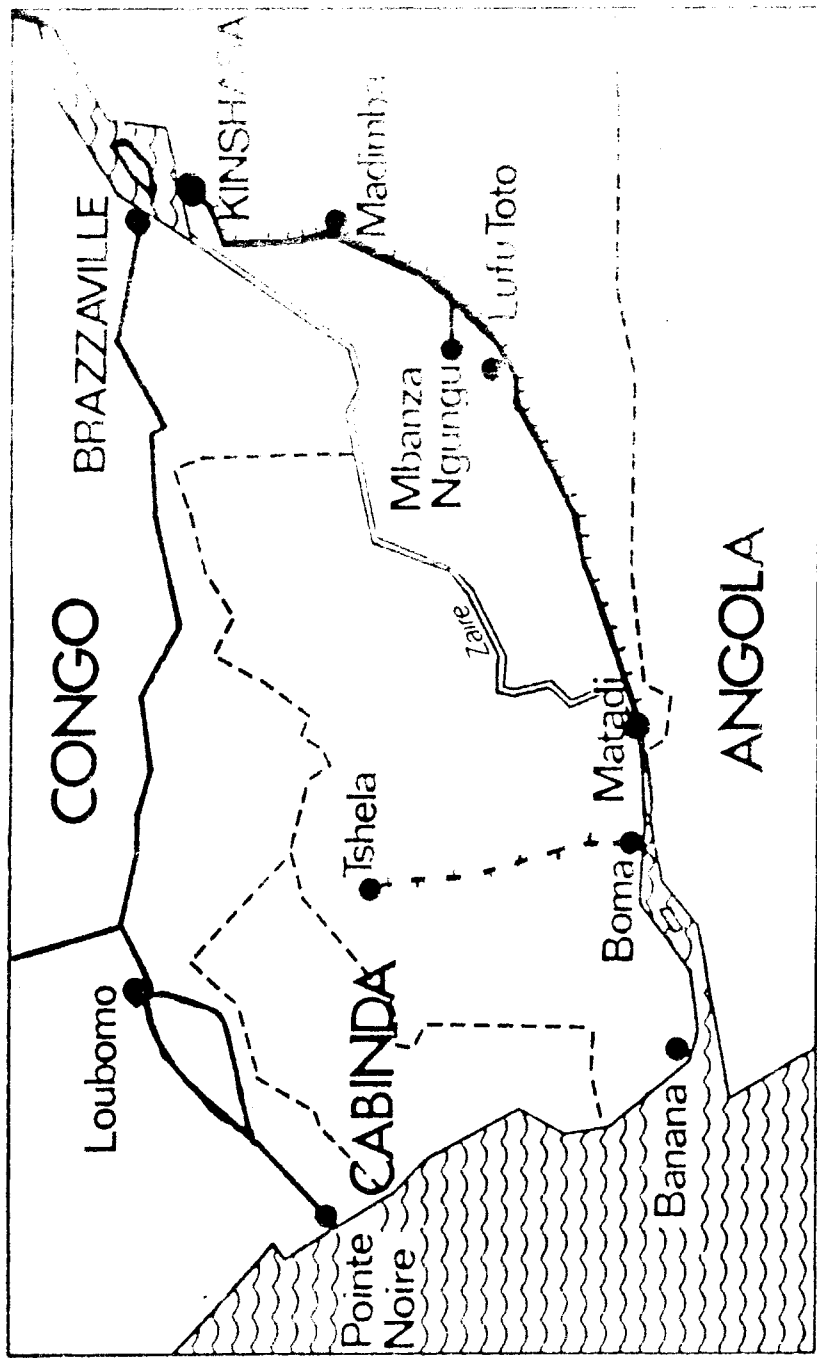
Les efforts en vue d'une autonomie accrue en matière de la production de composants et de pièces détachées ainsi que de la réalisation de suivis au niveau de la maintenance sont exemplaires.

La société est consciente des défaillances susmentionnées de la qualité de service dans le domaine de la signalisation qui pourraient avoir un impact sur la sécurité de la circulation.



#### 4.5 Zaire

- 4.5.1 Le réseau national de chemins de fer
- 4.5.2 Télécommunications
- 4.5.3 Signalisation
- 4.5.4 Alimentation en énergie
- 4.5.5 Exploitation et maintenance
- 4.5.6 Qualité de service
- 4.5.7 Résumé



COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE UNION AFRICAINE DES CHEMINS DE FER
Télécommunications et signalisation sur les chemins de fer africains
Figure 1

#### 4.5.1 Le réseau national

En l'an 1974, le monopole d'exploiter tous les chemins de fer du Zaïre avait été concédé à la Société Nationale des Chemins de Fer du Zaïre (SNCZ). Par contrat de bail, la SNCZ a cédé la gestion de la ligne de Chemin de Fer Matadi Kinshasa (CFMK) à l'Office National des Transports (ONATRA).

Pour des raisons pratiques, cette présente étude se limite aux équipements exploités par l'ONATRA, en ce qui concerne le diagnostic des télécommunications et de la signalisation.

##### (i) SNCZ

La SNCZ est subdivisée en quatre régions d'exploitation, notamment le sud, l'est, le centre et le nord, dont 3 sont interconnectées.

La longueur totale des voies principales est de 4500 km environ. Il existe trois écartements, à savoir 1,067 m (80% du total), 1,00 m et 0,60 m.

Concernant le matériel roulant, la société dispose de 148 locomotives de ligne, dont 103 à diesel, le reste est électrique. Actuellement, leur taux de disponibilité est de 45%. Le nombre de voitures commerciales est de 300 environ, il existe également 103 voitures de service. Le nombre total de wagons commerciaux s'élève à 5282, dont 4774 commerciaux. En plus, environ 1000 wagons appartiennent aux tiers.

Pendant l'année 1989, le volume total de trafic commercial a atteint 1,854 milliards d'unités de transport (UT), respectivement celui de voyageurs et bagages 197 millions d'UT.

Le nombre de l'effectif en personnel se chiffre à quelques 20000 agents.

##### (ii) ONATRA

Le trafic ferroviaire de l'ONATRA se compose de deux volets, à savoir la ligne Matadi - Kinshasa (CFMK) et le trafic urbain dans la ville de Kinshasa, le complexe de Kinshasa.

La longueur totale du réseau s'élève à 766 km dont 366 km de la voie principale. Tandis qu'il existe la voie doublée dans le complexe de Kinshasa, la ligne à longue distance est principalement à voie unique avec un écartement de 1,067 m (voir la Figure 4.5.1).

Le matériel roulant est composé de 24 locomotives de ligne à diesel, 99 voitures et 2298 wagons dont 2243 wagons commerciaux d'usage courant.

Le nombre de trains complets s'élevait à 10910 (tous trains confondus) en l'an 1989 dont 630 trains voyageurs. Le nombre de voyageurs était alors de 819566 durant l'an et le trafic marchandises de 1930342 tonnes, soit 344474677 tonnes-km.

En vue d'une augmentation des tonnages et du nombre de voyageurs à transporter, une étude a été menée en 1988 concernant la modernisation de la signalisation et des télécommunications de la ligne CFMK, tandis que des travaux de modernisation de la signalisation sont déjà en cours d'exécution dans le complexe de Kinshasa qui seront terminés en mars 1991.

#### 4.5.2 Télécommunications

Le réseau téléphonique de la ligne CFMK comprend des autocommutateurs à Kinshasa, Matadi, Lufu Toto et Mbanza-Ngungu avec un total de 1200 lignes connectées environ. Le central électromécanique de Kinshasa (Pentomat 1000 CT, Bell) est insuffisant en possibilités de trafic. Du au nombre insuffisant de circuits, les communications inter-centraux sont exploitées manuellement.

Un petit autocommutateur numérique pour les besoins de la téléphonie locale vient d'être installé dans le complexe de Kinshasa, faisant partie du projet de la modernisation de la signalisation.

C'est un câble symétrique composé de deux tronçons, posés en 1956 et 1976 respectivement qui constitue le support de transmission le long de la ligne. Le premier tronçon de ce câble est exploité en commun avec l'Office National des Postes et Télécommunications du Zaïre (ONPTZ). Les insuffisances notamment au niveau de l'isolation ne permettent pas l'exploitation des équipements multiplex qui avaient été installés en 1977, de manière que le câble ne peut pas satisfaire tous les besoins en circuits pour la régulation, l'omnibus, la radio sol-train, la signalisation et l'administration.

Le système radio sol-train, installé en 1977 (Motorola), permet l'établissement de liaisons entre les régulateurs de Kinshasa et de Matadi d'un côté, et les machinistes à bord des locomotives de l'autre côté. Il travaille dans la gamme des 160 MHz. Comme support de transmission, il utilise deux quartes pupinisées dans la liaison de câble susmentionnée, desservant 11 stations fixes de ligne. Une trentaine de locomotives sont équipées d'unités radio, mais de nombreux engins circulent sans radio.

#### 4.5.3 Signalisation

En ce qui concerne la ligne CFMK, la signalisation lumineuse avec commande centralisée est exploitée depuis l'an 1956 sur une distance de 90 km. Le système dessert 10 gares dont 9 sont télécommandées à partir du PC de Kinshasa. Chaque gare est équipée de 2 signaux d'entrée avec des signaux à distance et de 4 à 6 signaux de sortie, selon leur importance. Cette signalisation permet de franchir les gares en voie directe.

Le régulateur du PC de Kinshasa dispose d'un tableau de commande et de contrôle lui permettant de commander les aiguilles et signaux et de connaître, en permanence, l'état des équipements et les positions des trains sur le terrain. Les équipements de télécommande sont électromécaniques et fonctionnent au moyen de codes à 16 impulsions émis sur une paire non pupinisée du câble téléphonique. La commande est réalisée soit selon le système "itinéraire" (les aiguilles et signaux sont commandés du PC), soit selon le régime "manoeuvre" où elles sont commandées localement.

La sécurité sur les cantons de pleine voie est assurée par le block de voie unique. Originellement, la libération des cantons se faisait moyennant des détecteurs de queue de train. A l'heure actuelle, la ligne n'est plus équipée de ce système et la libération se fait manuellement par utilisation de bâtons de réarmement prévus dans les gares à cet effet. La répétition des signaux à bord n'est également plus exploitée.

La plupart des gares signalisées sont équipées de passages à niveau (PN) à signalisation automatique lumineuse (SAL), deux autres PN à SAL existent encore sur la ligne.

Les gares non signalisées sont exploitées en signalisation mécanique non enclenchée tandis que la sécurité du cantonnement est assurée par le bâton pilote électrique (Webb-Thomson).

Présentement, un projet de modernisation du système de signalisation dans le complexe de Kinshasa est en cours d'exécution. Un poste relais souple (PRS) (MIS 801, Siemens) fait partie de ce projet. Il sera mis en service en mars 1991, toutefois une partie en est déjà exploitée. Dans le cadre du dit projet, les gares seront équipées de pupitres de commande et pourront être commandées localement. Les travaux comprennent le remplacement des traverses métalliques par des traverses en béton sur les voies principales, ceci pour rendre possible l'utilisation des circuits de voie.

La libération des voies se fera moyennant quatre équipements de compteurs d'essieux (voir le paragraphe 3.2 pour une description détaillée). On profite ainsi du fait que ces derniers équipements peuvent être utilisés sur les vieilles sections de voie à traverses métalliques. Pour des raisons économiques, les traverses des voies de triage sont également toujours métalliques. Afin de démontrer sur le pupitre de commande lorsqu'une circulation se présente devant un signal, les voies y sont pourvues de pédales d'annonce.

#### 4.5.4 Alimentation en énergie

Sur la ligne Matadi - Kinshasa, 11 gares sont alimentées par le secteur, tandis que 10 sont équipées de groupes électrogènes de 25 ou 34 kVA, dont 7 sont surtout destinés à alimenter la signalisation lumineuse. Chacune de ces gares est équipée de 2 groupes et l'un d'entre eux tourne en permanence car un certain nombre d'équipements ne sont pas secourus par batterie, à savoir les moteurs d'aiguilles, les feux de signalisation, etc.

Les stations fixes de la radio sol-train ont une puissance de 60 W. Elles sont alimentées soit par le secteur, soit par les groupes électrogènes de signalisation, soit par des cellules solaires.

Les générateurs solaires ont été installés en l'an 1987 dans 5 gares sans secteur pour alimenter les équipements de radio sol-train (12 V) et les amplificateurs du câble de télécommunications (24 V). Dans ces gares, l'un des deux groupes électrogènes, installés antérieurement, a pu être démonté, l'autre ne tourne que pendant la nuit pour les besoins d'éclairage (voir les figures 4.5.2 et 4.5.3).

Les autres gares ont leurs équipements téléphoniques alimentés par piles.

#### 4.5.5 Exploitation et maintenance

D'une manière générale, les travaux d'exploitation et de maintenance sont gênés par un manque de pièces de rechange et des difficultés de transport.

Au niveau des télécommunications, il existe bien de problèmes concernant l'exploitation et la maintenance, causés principalement par la saturation des autocommutateurs, le nombre trop réduit de circuits et la mauvaise qualité du support de transmission sur câble. Les dérangements étant assez fréquents, l'ONATRA cherche actuellement un financement pour remplacer les équipements périmés.

Quant à la radio sol-train, le système n'est pas équipé d'appel sélectif de manière qu'à chaque appel du régulateur la moitié des stations émettent, ce qui est pénalisant pour la durée de vie du matériel et pour la consommation d'énergie.

Les équipements de signalisation lumineuse avec commande centralisée sur la ligne CFMK sont à la limite d'usure. Leur fonctionnement est en plus gêné par le mauvais état du câble. Par conséquent, les trains traversant la zone signalisée rencontrent fréquemment des signaux fermés pour cause de dérangements. La cause principale des dérangements est le mauvais état des circuits de voie . ballast pollué, éclisses cassées, profiles isolants écrasés.

La détection de queue de train n'est plus en service, dû principalement à un manque de pièces de rechange pour la réparation d'équipements défectueux. Pour les mêmes raisons, semble-t-il, la RAB n'est plus exploitée. Concernant ce dernier système, des freinages d'urgence ont été reportés bien que les feux aient été au vert.

Pour ce qui est l'équipement dans les gares non signalisées, les systèmes de bâton pilote électrique sont déjà vétustes, malgré tout, ils rendent encore un service assez convenable, ceci grâce à leur robustesse. En cas de panne de cet équipement, le chef de la gare concernée cherche à saisir le régulateur pour lui communiquer le numéro de l'ordre de pénétration issu au mécanicien. De toute façon, la sécurité actuelle est bonne, puisque le nombre d'accidents dans les gares non signalisées est minime, mais l'absence d'équipement impose un passage à très faible vitesse.

Un projet bilatral germano-zaïrois visant la modernisation de la signalisation dans le complexe de Kinshasa est actuellement en cours. Une partie des installations est déjà en service, toutefois des résultats définitifs d'exploitation ne sont pas encore disponibles. Bien qu'il s'agisse d'un projet concernant le trafic urbain, les autres catégories de trafic (longue distance, triage) en profiteront. Déjà à l'heure actuelle on a constaté que les délais nécessaires pour le triage ont diminués.



Figure 4.5.2: Vue totale de la gare de Malanga avec panneaux solaires (côté gauche du bâtiment des passagers)

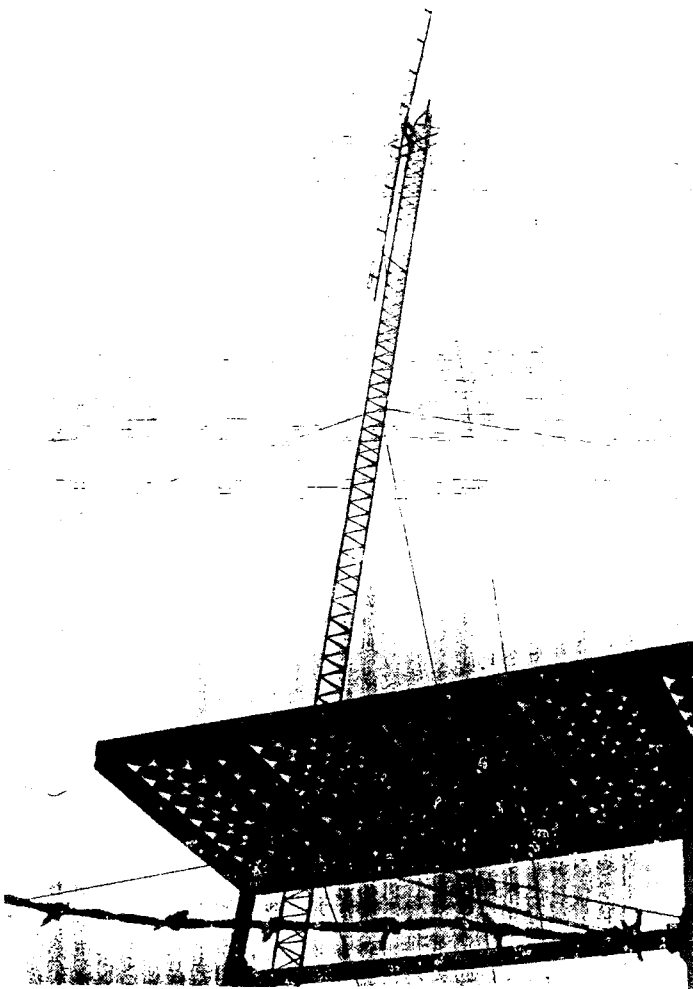


Figure 4.5.3: Vue détaillée des panneaux solaires et de l'antenne de radio sol-train

La nouvelle installation prévoit la télécommande des gares du complexe. Signalons à titre indicatif, que l'on nécessitera toujours un certain nombre d'agents dans ces gares puis qu'il existe encore des aiguilles manuelles et les voies de triage ne sont pas toujours équipées des moyens pour permettre des communications avec le centre de régulation.

Le projet prévoit des équipements pour l'exploitation automatique des passages à niveau (feux clignotants et semi-barrières). Cependant, les premiers essais ont montré que les délais de fermeture sont très longs ce qui incitait les chauffeurs de voitures impatientes à franchir les passages à niveau en situation de feux rouges. Il a donc été retenu que pour des raisons de sécurité de tels passages seront encore secourus par des gardiens pendant une période indéterminée.

En ce qui concerne l'alimentation en énergie, tant le secteur que les groupes électrogènes sont susceptibles de fournir des tensions instables. Par contre, les gares alimentées par des générateurs solaires ne posent pas de problèmes. Pendant les 3 années dès leur installation on n'a enregistré qu'une seule panne, notamment au niveau d'un panneau solaire à la suite d'un coup de foudre.

L'alimentation des groupes électrogènes en carburant constitue une charge lourde pour l'Office. Cependant, les expériences très positives obtenues avec les installations d'énergie solaire sont très encourageantes.

#### 4.5.6 Qualité de service

Dû à l'obsolescence de certains équipements, la qualité de service des télécommunications et de la signalisation est médiocre malgré les compétences et les efforts consentis par les services de maintenance. Des améliorations sont attendues après l'achèvement du projet ferroviaire dans le complexe de Kinshasa et la réalisation d'un projet de modernisation de la signalisation et des télécommunications sur la ligne CFMK.

Toutefois, il faut signaler que les systèmes de signalisation éprouvés (bâton pilote électrique) rendent encore une qualité de service acceptable. D'autre part, l'absence d'aimants de queue de train préjore la sécurité et le fluidité des circulations sur la section de signalisation électrique à télécommande qui devient moins bonne que dans la zone à bâton pilote. Néanmoins, la lenteur ne se fait guère sentir, puisque le trafic écoulé sur la ligne est relativement faible.

#### 4.5.7 Résumé

Les équipements de télécommunications et de signalisation appartenant à l'ONATRA sont arrivés à la limite d'usure. Pourtant, un projet de modernisation des systèmes dans le complexe de Kinshasa est en cours d'exécution. Il sera achevé en mars 1991. Concernant la ligne CFMK, une étude sur les besoins a été menée. Elle prévoit l'introduction d'une signalisation simplifiée, des systèmes de transmission et de commutation numériques ainsi que l'alimentation des gares isolées géographiquement en énergie solaire.



Grâce à sa robustesse, le plus ancien système de signalisation (bâton pilote électrique) peut encore satisfaire les besoins de base, étant donné que le volume de trafic est relativement faible.

Certaines méthodes de signalisation plus récentes (détection de queue de train, répétition des signaux à bord) ont été déclassées, dû principalement à un manque de pièces de rechange.

La radio sol-train, conçue d'une configuration simplifiée (utilisation d'une seule fréquence) est considérée comme un outil indispensable pour la sécurité de la circulation. Ce système installé en l'an 1977 travaille toujours d'une façon satisfaisante.

Des fluctuations énormes de tension peuvent causer des dégâts dans les installations électriques, surtout électroniques.

L'utilisation de l'énergie solaire pour l'alimentation de la radio sol-train et des amplificateurs dans des gares isolées a rendu de bons résultats.

## 5. RESUME DES PERCEPTIONS

### 5.1 Général

- (i) Hiérarchiquement, les services responsables de l'exploitation et de la maintenance des télécommunications ainsi que de la signalisation ne sont pas toujours représentés de façon adéquate dans les sociétés ferroviaires. Parfois ils constituent seulement des annexes à d'autres services (département, division, ...) comme p.ex. de la voie, parfois ils sont organisés en circonscriptions qui à leur tour sont subordonnés à différentes sections dans une même société. Occasionnellement, ces services constituent les "parents pauvres" des chemins de fer.
- (ii) Très souvent, les services souffrent d'un manque chronique de personnel qualifié, de pièces de rechange et d'outillages nécessaires pour assurer une bonne maintenance corrective plutôt que préventive.
- (iii) On constate une certaine réticence à propos de la remise en état de fonctionnement de certains équipements défectueux. Apparemment, c'est dû au fait que les résultats d'exploitation de ces installations n'ont pas répondu aux espérances, surtout en ce qui concerne le gain de temps attendu, l'augmentation du volume de la circulation et la réduction du nombre de l'effectif en personnel.
- (iv) Les dégâts causés par les coups de foudre sont nombreux. Ceci est dû parfois à des prises de terre inexistantes ou insuffisantes. Dans certaines sous-régions de l'Afrique, des protections particulières contre les effets de la foudre s'avèrent nécessaires. Autrement dit, les standards utilisés dans les pays industrialisés ne peuvent pas toujours satisfaire les besoins des pays africains.
- (v) Normalement, les sociétés ferroviaires disposent de laboratoires pour la réparation de tous les équipements. Cependant, leurs capacités sont parfois limitées par le manque de pièces détachées, de composants professionnels et d'appareils de mesure ce qui a en partie son origine dans une très grande dispersion de fournisseurs d'équipements.
- (vi) Bien que le nombre de l'effectif soit parfois plétorique, on constate un manque de personnel qualifié, ce qui s'explique principalement par le fait que les techniciens sont mieux payés dans les sociétés privées.

### 5.2 Télécommunications

- (i) En matière de commutation, on trouve des systèmes tant électromécaniques que temporels et numériques qui, en principe, travaillent de façon satisfaisante.

- (ii) Le domaine de la transmission connaît toute une série de problèmes qui ont plusieurs origines, notamment
- ruptures ou vols des fils en cuivre,
  - ruptures de câbles coaxiaux (affaissement de la plateforme),
  - avaries dans certaines cartes des systèmes multiplexe (manque de pièces détachées, ...).
- (iii) La radio BLU sert pour des liaisons de secours tant pour la régulation que pour des liaisons de gare à gare en cas de pannes dans les réseaux de base.
- (iv) La radio sol-train n'est pas toujours exploitée à cent pourcent, dû un manque de pièces détachées.
- (v) Les réseaux de transmission peuvent comprendre des circuits loués à des administrations de télécommunications publiques.

### 5.3 Signalisation

- (i) Il existe des systèmes de signalisation entre gares de technologie élémentaire, à savoir non-électrique, surtout sur les lignes à faible trafic qui peuvent toujours satisfaire les besoins (bâton pilote, cantonnement téléphonique, ....). Ceci est également vrai, en ce qui concerne la signalisation mécanique dans les gares.
- (ii) La modernisation de la signalisation n'était pas toujours précédée de la réhabilitation de la voie, ainsi l'augmentation attendue du volume de trafic ne pouvait pas être réalisée.
- (iii) Le bon fonctionnement des tableaux de contrôle optique (TCO) et des systèmes de signalisation y impliqués (BVU, BAL, CTC, télécommande) est très susceptible aux dérangements au niveau des circuits de voie. L'origine de ces défauts se situe soit dans la maintenance (manque d'isolation entre les fils de rails, notamment par des cassures des éclisses en bois, leur remplacement éventuel par des éclisses métalliques et des faux contacts par la dilatation des rails à la suite de la chaleur), soit dans des effets dévastateurs de l'environnement (ensablements permanents occasionnant, en cas de pluies, des courts-circuits entre les rails). La Figure 5.1 montre une protection contre les ensablements en Tunisie.
- (iv) Le fonctionnement correct de la détection de train complet est parfois empêché soit par des battements des aimants de queue de train, soit par des démolitions de détecteurs causées par des objets traïnants (voir la Figure 5.2).

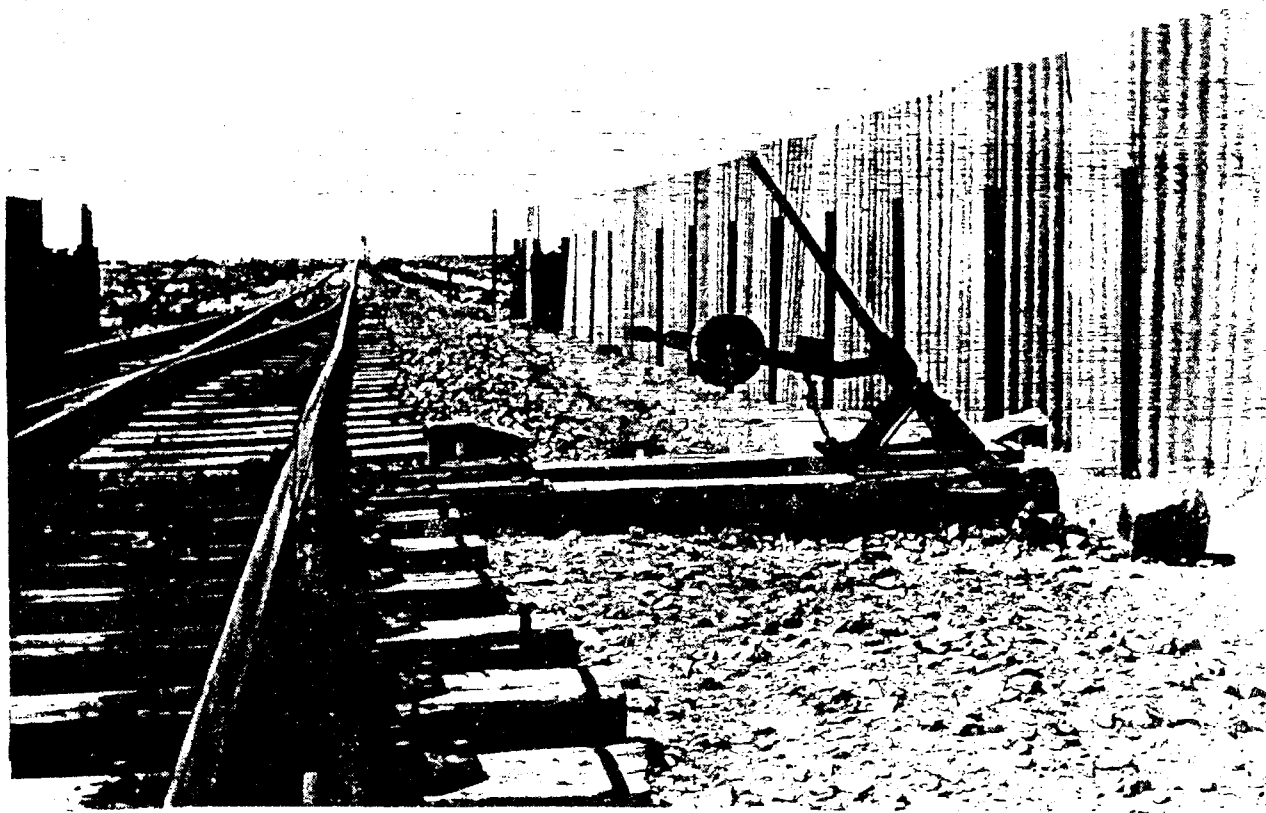


Figure 5.1: Protection contre les  
ensablements (Tunisie)

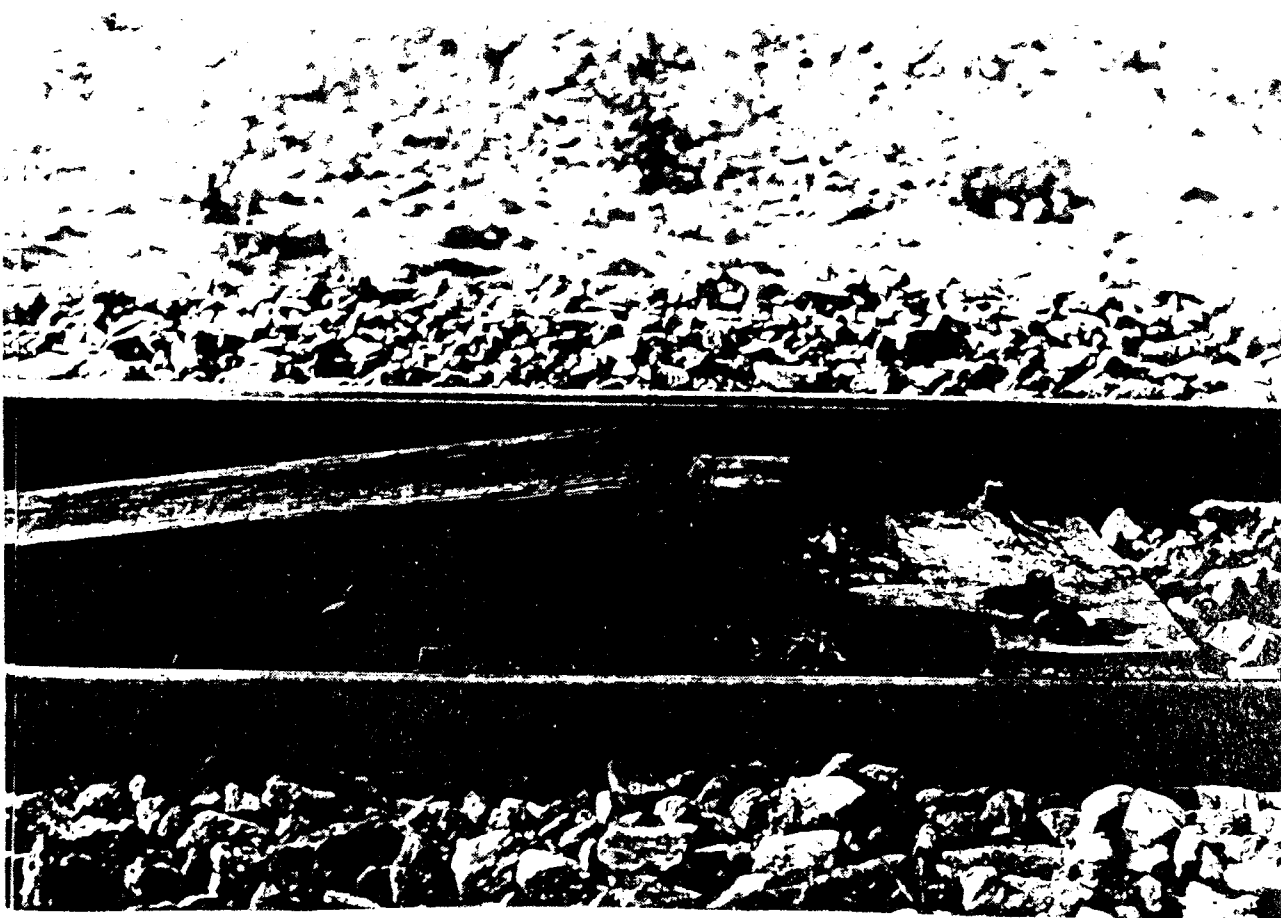


Figure 5.2: Détecteur de queue de  
train endommagé

- (v) Le comptage d'essieux a comme avantage qu'il ne demande pas d'équipements à bord des trains. Il est aussi indépendant de circuits de voie, respectivement de voies isolées. Il constitue donc une alternative valable à la détection de train complet.
- (vi) La répétition des signaux à bord (RAB) peut être dérangée par la destruction des balises (Voir la Figuree 5.3). Dans ce cas, elle n'est plus exploitée parce qu'elle déclenchait des freinages d'urgence bien que les signaux aient été au vert.
- (vii) La radio-signalisation (bâton pilote électronique) est une solution moderne pour résoudre le problème de la sécurité de la circulation sur des lignes à faible trafic. En appliquant cette méthode, on n'a pas besoin de signaux, ni d'appareils, ni de boîtes ou câbles le long de la voie. Signalons que cette technique est exploitée auprès des chemins de fer de Botswana (Botswana Railways), pourtant ce pays ne figure pas parmi ceux visités dans le cadre de cette étude.
- (viii) Quant aux lignes à voie doublée écoulant un fort trafic, on exploite le block automatique lumineux (BAL).
- (ix) Sur les lignes à voie unique qui écoulent un trafic élevé, on exploite avec succès le block de voie unique (BVU).
- (x) Tant pour les lignes à voie unique que de voie doublée, la répétition à bord (RAB), la détection de train complet et la radio sol-train sont des atouts jugés importants pour accroître la sécurité.
- (xi) Les aiguilles manuelles ou électriques, pourvues de verrouillages électriques (voir la Figure 5.4), fonctionnent de façon satisfaisante, sauf en cas d'ensablements dans les zones désertiques.

#### 5.4 Alimentation en énergie

- (i) Bien que l'énergie électrique du secteur ne soit fournie qu'exceptionnellement, l'énergie solaire est exploitée seulement de façon ponctuelle.
- (ii) En principe, les quelques installations d'énergie photovoltaïque fonctionnent de façon satisfaisante. On constate des points faibles au niveau des régulateurs de tension (besoin de déconnexion des batteries en cas de surtension ou pour éviter des décharges profondes).



Figure 5.3: Balise RA B

Figure 5.4: Aiguille manuelle avec  
verrouillage électrique



- (iii) Le fonctionnement des systèmes de télécommunication et de signalisation dépend en grande partie de l'alimentation fournie par les groupes électrogènes à gasoil. Sous réserve d'une maintenance régulière, ces équipements ont une bonne fiabilité. Cependant, l'approvisionnement régulier en carburant peut causer des problèmes logistiques.
- (iv) Dans certains cas, les équipements de contrôle des groupes électrogènes sont plus sophistiqués que nécessaire, d'où des coûts élevés d'investissements et de maintenance.

## 6. PROGRAMMES D'ACTION

Ce chapitre décrit d'une manière globale les mesures à prendre pour améliorer la qualité de service des télécommunications et de la signalisation. Etant donné qu'on ne peut pas dresser un programme valable pour toutes les sociétés ferroviaires, l'éventail des actions proposées est présenté sous forme de modules afin que les mesures appropriées puissent être définies individuellement:

- Réorganisation des administrations afin de concentrer les services télécommunications, signalisation et énergie dans une même direction qui dépendra de la direction générale.
- Création de barèmes (privatisation des sociétés, ...) qui permettraient le paiement de rémunérations adéquates aux agents qualifiés afin d'augmenter leur motivation et d'éviter leur fuite vers des sociétés privées.
- Etablissement de plans visant l'amélioration de la maintenance de manière que l'on accorde plus d'importance à la maintenance préventive. Ces actions doivent inclure le remplissage des stocks en pièces de rechange ainsi que l'approvisionnement en outillages.
- Révalorisation des laboratoires en mettant à leur disposition les instruments, composants et pièces détachées nécessaires. Il faudra également augmenter le nombre d'agents formés.
- Vérification systématique des protections contre les effets de la foudre et réhabilitation éventuelle de ces installations.
- Faire des évaluations des équipements existants (qualité de service, disponibilité de pièces détachées en stock et chez le fournisseur, besoins d'interventions).
- Préparation de plans directeurs qui fixent des stratégies et besoins fondamentaux concernant l'évolution des réseaux de télécommunications selon les besoins urgents de l'exploitation et sous l'aspect de la sécurité.
- Identification des besoins supplémentaires en équipements de télécommunications pour augmenter la sécurité (radio sol-train, liaisons BLU, ....).
- Définition d'une stratégie pour la réhabilitation et des besoins fondamentaux de la signalisation en pleine voie, dans les gares et des passages à niveau (cantonement téléphonique, block de voie unique, bâton pilote électronique, block automatique lumineux, ...).



- Identification des besoins supplémentaires en systèmes de signalisation pour augmenter la sécurité de la circulation (répétition des signaux à bord, détection de queue de train, comptage d'essieux, ...).
- Définition d'une stratégie pour l'introduction successive de l'énergie solaire dans les télécommunications et la signalisation.

# Le Monde

Judi 6 septembre 1988

A Saint-Marcellin (Isère)

## Un mort et quatre-vingt-un blessés dans une collision ferroviaire

Le service ferroviaire devait être rétabli sur la ligne à voie unique entre Valence et Grenoble dans la nuit de mercredi 5 septembre. Il avait été interrompu la veille vers 17 heures, après une collision entre le Talgo Barcelone-Genève et le train Corail Saint-Gervais-Martin. Les secours ont été envoyés à Saint-Marcellin (Isère). Dans cet accident, le conducteur de train Corail, âgé de 41 ans, a été tué. Les autres victimes sont des voyageurs et des membres d'équipage. Les enquêteurs ont constaté que le train Corail avait franchi le signal d'arrêt.

Les enquêtes judiciaire et administrative qui seront ouvertes essaieront de déterminer pourquoi le conducteur du train Corail a engagé son convoi sur la voie unique où se trouvait le Talgo. Mais, d'après les premiers constatations, il semble que la signalisation ait fonctionné normalement. Une première hypothèse est avancée pour expliquer le

comportement aberrant du mécanicien. Le chef de gare de Saint-Marcellin lui aurait fait le signal d'arrêt. Le train Corail, qui était en retard, aurait interprété cet ordre comme une autorisation de passer. Le mécanicien a déclaré qu'il avait vu le signal d'arrêt.

Le train Corail, qui était en retard, avait franchi le signal d'arrêt. Le mécanicien a déclaré qu'il avait vu le signal d'arrêt. Le train Corail, qui était en retard, avait franchi le signal d'arrêt. Le mécanicien a déclaré qu'il avait vu le signal d'arrêt. Le train Corail, qui était en retard, avait franchi le signal d'arrêt. Le mécanicien a déclaré qu'il avait vu le signal d'arrêt.

AL. F.

Figure 7.1: Coupure de presse

## 7. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

### 7.1 Conclusions

- (i) La technologie la plus récente en matière de télécommunications et de signalisation n'est pas toujours la meilleure solution pour exploiter un réseau ferroviaire. Plus le matériel est sophistiqué, plus on dépend du fournisseur pour la réparation de circuits défectueux.
- (ii) Un déficit au niveau de la maintenance est la cause principale du mauvais fonctionnement de certains équipements.
- (iii) Parmi les problèmes qui sont à l'origine d'une maintenance inadéquate, le manque de fonds est crucial. Au moment de la création d'un nouveau projet on ne tient pas toujours compte des frais annuels d'entretien qui seront engagés par son exploitation.
- (iv) Le bon choix des systèmes de signalisation dépend largement de la prévision du trafic ferroviaire. Une signalisation surdimensionnée entraînera des coûts d'exploitation élevés. Si le trafic est faible, la signalisation élémentaire peut suffire.
- (v) Le facteur humain n'est pas négligeable lors qu'il s'agit d'exploiter une nouvelle technologie. Une bonne formation est à la base d'une motivation des agents d'exploitation.
- (vi) Certains systèmes de signalisation (block de voie unique, signalisation automatique lumineuse) ne peuvent pas exclure des erreurs humaines. Pour des raisons de sécurité, des méthodes additionnelles s'avèrent nécessaires (radio sol-train, répétition des signaux à bord, détection de queue de train, compteur d'essieux, ...). Citons, à titre d'exemple, l'accident ferroviaire décrit le 6 septembre 1990 dans le journal français "Le Monde" (voir la Figure 7.1). Cet accident aurait pu être évité par l'utilisation d'une des techniques précitées.
- (vii) Des insuffisances techniques dans les protections contre les effets de la foudre sont à l'origine de bien de dégâts dans les équipements modernes, surtout électroniques.
- (viii) Le bon état des circuits de voie est une précondition pour le fonctionnement correct de bien de systèmes de signalisation.
- (ix) L'exploitation de groupes électrogènes dans des endroits isolés géographiquement cause des problèmes économiques (coûts de carburant) et logistiques (approvisionnement). Pourtant la technique en soi est généralement maîtrisée.

- (x) L'énergie solaire est déjà exploitée dans plusieurs réseaux, le plus souvent pour les télécommunications. L'expérience a montré que ces équipements sont très fiables. Leurs frais d'exploitation sont très favorables en comparaison avec les groupes électrogènes. On a moins d'expérience avec l'alimentation photovoltaïque des systèmes de signalisation.

## 7.2 Recommandations

- (i) L'amélioration des méthodes de maintenance est une précondition pour tirer un plus grand profit des systèmes modernes de télécommunication et de signalisation. On établira dans ce but des plans de maintenance.
- (ii) Le financement extérieur d'un projet quelconque devrait inclure l'approvisionnement d'un stock de pièces de rechange nécessaires pour assurer l'exploitation des équipements pendant au moins trois années ainsi que la fourniture régulière de pièces pour maintenir le niveau du stock.
- (iii) Lors de l'introduction de la technologie moderne, le facteur humain nécessite une plus grande attention. Les techniciens ont besoin d'une bonne formation et d'être équipés d'outillages et de moyens de transport fiables. Ils nécessitent également une motivation solide afin qu'ils "acceptent" les techniques modernes qui demandent des changements d'habitudes.
- (iv) La technologie la plus récente n'est pas toujours la meilleure indiquée pour l'environnement africain. Toutefois, c'est l'équipement disponible sur le marché qui détermine le choix du système.
- (v) Pour atteindre une autonomie accrue vis à vis du fournisseur, on choisira des techniques peu sophistiquées, afin que les réparations ultérieures puissent être faites sur place. Citons, à titre d'exemple, les systèmes dont le fonctionnement dépend de la maintenance très soignée des circuits de voie. Sous certaines conditions on pourrait choisir des systèmes qui nécessitent moins d'installations sur la voie.
- (vi) Les ateliers de maintenance et laboratoires devraient être équipés de manière que les délais de restitution du matériel et les besoins en devises étrangères puissent être réduites.
- (vii) On utilisera d'avantage l'énergie solaire, surtout afin de réduire les frais de carburant pour les groupes électrogènes. Concernant son utilisation pour alimenter les équipements de signalisation, on pourrait envisager un projet pilote.

- (viii) Les domaines télécommunications, signalisation et énergie ont une importance cruciale, et pour la sécurité des passagers ainsi que des biens, et pour une exploitation efficace des services ferroviaires. Cet état de choses devrait être reflété dans l'organisation des sociétés en rattachant directement ces services aux directions générales.

### BIBLIOGRAPHIE

1. "L'énergie solaire dans les chemins de fer africains", François Dupré la Tour, Le Rail No 10, Mai 1989, Paris
2. "Conditions of Tenders and Specifications for Communications Equipment and Photovoltaic Power Supply for Operations Control Systems", Volume C, ENR, German Railway Consulting (DE-Consult), 1990, Le Caire
3. "Système radio sol-train", Information du fabricant, SECRE, 1990, Paris
4. "Description of car-born equipment for Egyptian railways", Siemens AG, 1981
5. "Modular Interlocking System MIS 801", Description du fabricant, Siemens AG, Février 1982, Braunschweig
6. "Rapport d'activité commerciale 1989", Société Nationale des Chemins de Fer Tunisiens, Direction générale exploitation, Direction commerciale, Juin 1990, Tunis
7. "Le Guide du Rail", Agenda 1990, SNCFT, Tunis
8. "Systèmes des télécommunications et de signalisation", SICF, Direction des infrastructures, Février 1990, Abidjan
9. "Sistemi automatici di protezione", Information de fabricant, WABCO Westinghouse 002, Piosasco
10. "Il Westcab per le ferrovie spagnole", Information de fabricant, WABCO Westinghouse 5003, Piosasco
11. "Ripetizione dei segnali e controllo di velocità dei treni", Information de fabricant, WABCO Westinghouse 004, Piosasco
12. "Comando e controllo centralizzato del traffico ferroviario", Information de fabricant, WABCO Westinghouse 003, Piosasco
13. "Organisation et consistances des installations", SICF, Direction des infrastructures, Janvier 1990, Abidjan
14. "Evaluation technique du système de signalisation, d'énergie et de télécommunications entre Owendo et Booué", OCTRA, 1981, Libreville
15. "Note succincte sur les installations SET", Département SET, OCTRA, Libreville, 1988
16. Résultats de l'"Enquête sur la situation actuelle des chemins de fer africains", OCTRA/CEA, Libreville

17. "Etudes de faisabilité et technique de la signalisation et des télécommunications", Résumé du rapport intérimaire, ONATRA/SOFRERAIL, 1988, Kinshasa
18. "Le bilan de l'énergie solaire installée aux chemins de fer Matadi - Kinshasa", ONATRA, Département C.F., Direction S.E.C., 1990, Kinshasa
19. "Magnetschienenkontakt MK", Description de fournisseur, Siemens Braunschweig
20. "RETB, Radio Electronic Token Block Signalling", Description de fournisseur, GEC - General Signal Limited, 1988, Hertfordshire
21. "Systèmes de télécommunications rurales existants en Afrique", Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique (CEA), 1989, Addis-Abéba