

Ceci dit, on procède à l'étude des procédés des travaux en rapport avec les lieux où vont être installés les ouvrages :

(1) Le Boulevard de Paris et l'Avenue Lalla Yacout

La structure souterraine y étant prévue selon le présent projet, afin de diminuer des obstacles provoqués à la circulation routière lorsque le creusement à ciel ouvert sera adopté, il serait raisonnable d'adopter le procédé à revêtement du tunnel en dessous de la route.

(2) La Route de Médiouna et la Route des Ouled Ziane

Bien que l'emprise viaire soit large, la circulation très importante commanderait la solution avec aménagement de déviations à l'intérieur de route selon la nature des travaux (fondations, gros oeuvre, pose de poutres, etc.) afin de s'assurer du chantier.

(3) L'Avenue Driss El Harti

Par rapport à son emprise large, la circulation est relativement peu dense, là où il existe le séparateur central, les travaux peuvent en profiter et là où le séparateur fait défaut, on imposera une enceinte réservée aux travaux.

On vient de tracer des suggestions sommaires. L'essentiel est qu'il faut saisir au préalable la réalité détaillée de la circulation, là où elle est dense, et de prévoir l'aménagement de déviations, tout en choisissant de petits modèles pour les engins afin de réduire le chantier.

(4) Obstacle (l'état actuel des réseaux enterrés).

Il existe, en dessous des routes faisant l'objet du projet en étude, d'assez nombreux réseaux électriques, téléphoniques, d'eau potable et d'égout (d'après le document fourni par RAD). Les diamètres de ces réseaux étant petits (de $\phi 100$ mm à $\phi 500$ mm) il y aurait la possibilité de les déplacer ailleurs lorsqu'ils constituent des obstacles aux travaux.

Il existe pourtant des ouvrages enterrés de l'envergure dont le déplacement serait impossible ; ceci est, par exemple, le cas des caniveaux d'égout

enterrés en dessous du Boulevard de la Résistance et du boulevard El Fida, pour lequel une précaution particulière est exigée au moment de l'étude de l'ouvrage.

10.4 Equipements des stations

10.4.1 Concept fondamental

On tiendra compte des 4 points suivants, dans l'étude des équipements de station :

(1) Commodité des voyageurs

- Doter les stations d'une dimension et d'équipement conformes aux critères de sécurité et de confort.
- L'accès facile des trottoirs.
- La facilité de correspondance vers et en provenance d'autres systèmes de transport.
- La netteté des flux des voyageurs.
- Le minimum d'effort pour monter et descendre.

(2) Harmonie avec l'équipement urbain

- L'aspect extérieur des stations doit plaire aux utilisateurs qui se sentiront familiers avec elles.
- L'harmonie avec l'urbanisme et des installations relatives est essentielle.
- L'allègement de la sensation imposante provoquée par l'espace d'introduction.

(3) Construction économique

- Les stations occupant une place importante dans le coût global de construction, l'effort de compression de sa part contribuable à la réduction du coût total.
- Les équipements doivent être rationnels et simple.
- Le choix des matériaux structurels et de finition doit être soigné.

(4) Face à l'augmentation d'utilisateurs.

- Vue la grande difficulté qu'entraîne l'extension ou la modification future d'une station souterraine et d'une station surélevée, il convient de leur conférer au préalable une marge de sécurité pour pouvoir faire face à une augmentation de la demande.
- Il est conseillé d'adopter un type de station susceptible de faire face à l'enflamment de la rame ou d'en tenir compte au moins.

10.4.2 Modèles-types des stations

Les types représentatifs des stations, en combinant des types de quais et des considérations portant sur le nombre de niveaux, sont indiqués à figure 10.4.1.

(1) Types de plateformes

Les quais se présentent sous deux solutions ; la première consiste à insérer un seul quai entre les rails (entre voies de circulation) et la seconde est à deux quais qui seront disposés d'une part à l'autre des rails. Les avantages sont énumérés ci-après :

Poste	Station à deux quais opposés	Station à quai central
Forme du tracé	Bonne	Mauvaise
Extension future	Possible	Difficile
Coût de construction	Peu onéreuse	Onéreuse
Emprise de la station	Peu avantageuse	Avantageuse
Degré d'utilisation des quais	Peu élevé	Elevé
Les voyageurs se trompent de train	Oui	Non

D'une manière générale, lorsque la longueur du train dépasse 200 m la solution à quai central est appliquée et en deça de 100 m, c'est la solution à

deux quais opposés qui est retenue. Pour le présent système, on choisira, en principe, la dernière solution. Cependant pour la station de départ et pour le terminus, c'est le modèle à quai central qui sera adopté pour lequel la sélection de quai n'a pas lieu, le train en partant d'un côté ou de l'autre en alternance. Egalement pour la station au niveau du sol, le quai central a été retenu, afin de minimiser les obstacles liés à l'emprise viaire.

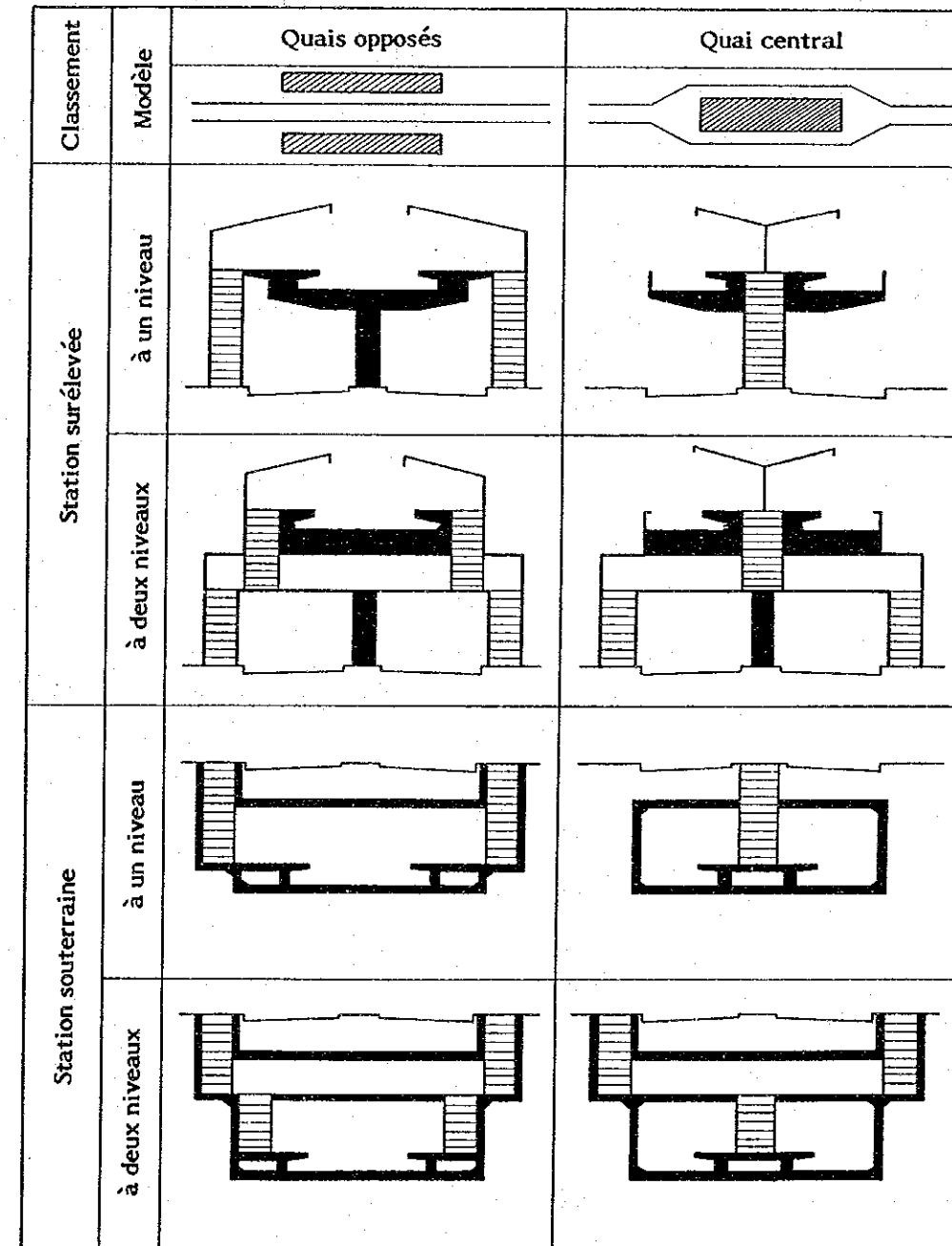


Fig. 10.4.1 Schémas des modèles-types de station

(2) Les niveaux de la station

Les stations du TCR étant généralement construites par dessus la rue ou en souterrain, elles impliquent la descente et la montée par escaliers. Suivant qu'elle s'accompagne ou non d'un niveau intermédiaire, la station devient soit à un niveau, soit à deux niveaux, dont le choix s'impose.

Dans le cas du modèle à quai central, on sera amené à opter pour la station à deux niveaux, à moins que le séparateur central n'ait une emprise suffisante.

Quant au modèle à deux quais opposés, la solution à un niveau est moins coûteuse que celle à deux niveaux du coût correspondant juste à cette différence d'un étage, à quoi s'ajoute l'avantage pour les passagers d'être soustraits de l'effort de montée et descente. En revanche, les sorties étant limitées, à peu près la moitié des voyageurs seront obligés de traverser la rue. D'autre part, il faut compter une surtaxe à peine lorsqu'ils se sont trompés de quai ; ils doivent redescendre et remonter pour passer à l'autre quai. Tout compte fait, on pourra conclure que la solution à deux étages avec deux quais opposés est moins cotée aux termes de la sécurité et de la convenance des passagers.

Dans le présent système, la solution retenue est, pour les stations surélevées, deux niveaux, et pour les stations souterraines, une structure à un niveau, car l'ouvrage souterrain est plus coûteux que la station aérienne. Cependant, certain nombre de stations peuvent se dévier de ce principe, à cause de la contrainte du profil longitudinal de la ligne ou de la limite imposée par l'urbanisme à la hauteur des ouvrages, etc.

10.4.3 Dimensions des stations

Si, parmi les différentes dimensions d'une station, la longueur du quai est déterminée simplement par la longueur de la rame, les largeurs du quai, de l'escalier, du couloir, ainsi que la superficie de la salle des pas perdus et celle des bureaux de station dépendent du nombre de passagers quittant et prenant le train aux heures de pointe. D'après les résultats des prévisions faites, on a décidé d'assigner le grand modèle seulement à deux stations (la station Wilaya ou la station Mohammed V), tandis que toutes les autres stations intermédiaires seront du type standard, sauf la station de départ et le terminus.

(1) Longueur du quai

La longueur du quai correspond à la longueur du train plus 6 m de marge de sécurité contre le dépassement.

Chemin de fer à roues métalliques : $64,0 + 6,0 = 70$ m

Chemin de fer sur pneumatiques : $55,2 + 6,8 = 62$ m

Monorail : $56,2 + 6,8 = 63$ m

(2) Largeur du quai et de l'escalier

Les largeurs du quai, etc., ont été calculées sur la base du nombre prévisionnel de passagers quittant et prenant le train aux heures d'affluence à chaque station, mis en oeuvre dans un modèle expérimental à quoi s'ajoutaient des révisions tenant compte d'une marge de sécurité pouvant faire face à des variations de demande futures et d'un jugement de bon sens.

Types de stations				Lar- geur quai	Nbre de quais	Lar- geur es- calier	Nbre d'es- caliers
Grande station	Station Moham- med V	Sur- élevée	à deux quais	5,00	2	3,00	4
	Station Wilaya	Souter- raine	à deux quais	5,00	2	3,00	4
Station standard	Les stations intermédiaires	Sur- élevées	à deux quais	3,70	2	1,70	4
		Au sol	à quai central	5,00	1	4,00	1
		Souter- raines	à deux quais	3,30	2	1,70	4
Stations de départ/ terminus	Station de Magazine	Souter- raine	à quai central	6,00	1	5,00	1
	Station de Sidi Moumene	Sur- élevée					

(3) Toit sur quai

Le toit installé pour couvrir le quai est à la fois protection des voyageurs contre le soleil, le vent et la pluie, et il vise à donner une harmonie à la structure avec le paysage urbain. Dans le cas de la ville de Casablanca, son effet parasol étant appréciable, et suivant la prévision qu'une vingtaine de milliers de personnes fréquenteront une station par jour, tout justifie la pose de la couverture sur toute la longueur du quai.

(4) Installations de service

On compte dans la catégorie des installations de service, le poste/installation de collecte et de poinçonnage de tickets, le guichet, le bureau de personnel au service, le local de repos du personnel, les locaux électrique et mécanique, le magasin, les toilettes, etc. Pour le dimensionnement du sol de chacune, on sera fondé sur les surfaces standard minimales suivantes :

Guichet	: 15 m ²
Bureau du personnel au service	: 15 m ²
Local de repos	: 15 m ²
Locaux électrique/mécanique	: 30 m ²

10.4.4 Equipements de station

(1) Equipements de service

Aux Etats-Unis, au Japon et en Europe, où le coût du personnel ne fait qu'augmenter, l'introduction du distributeur automatique de ticket, de la poinçonneuse/collectrice automatiques, de l'équipement d'annonce automatique et même distributeur automatique de carte d'abonnement, est à la mode. Cependant, pour la ville de Casablanca, où l'augmentation d'emploi est une tâche sociale primordiale, il est sage de minimiser l'effort d'économiser le personnel.

La télévision de surveillance de quai ne sera pas prévue et à sa place, il sera adopté l'équipage traditionnel du conducteur avec contrôleur.

(2) Escalier roulant

La montée et descente dans les stations à niveau, surélevées ou souterraines, exigent des efforts multipliés plusieurs fois par rapport à la marche horizontale. C'est ainsi que ces dernières années, l'escalier roulant est généralisé dans les TCR, partout dans le monde. Cependant, cet équipement exige un investissement fort coûteux et, de plus, des frais d'entretien dont la consommation d'énergie, entre autres. D'une manière générale, le choix du niveau de service est subordonné au niveau de la vie sociale et au niveau des exigences de la population. On a écarté, en principe, l'escalier roulant parce que dans la ville de Casablanca cet équipement se voit encore très rarement, sous réserve de prévoir l'emplacement futur sur une partie de la structure des escaliers.

(3) Equipements des stations souterraines

A part les équipements communs, les stations souterraines doivent être munies, au minimum, de l'équipement d'éclairage, de l'installation de drainage, et d'aération. Si le projet opte pour un tronçon souterrain prolongé pour en faire un vrai métro souterrain, il faudra alors, en tant qu'équipements de lutte contre l'incendie, le groupe électrogène de secours, l'équipement d'évacuation de fumées, ainsi que le réseau de détecteurs du feu, entre autres.

- Installation d'aération

Dans la présente solution, aucune ventilation forcée mécanique ni climatiseur ne sont prévus ; ils sont onéreux au point de vue investissement et au point de vue entretien ; leur suppression est justifiée par plusieurs facteurs : la section souterraine est courte ; la régulation à thyristor adoptée pour la régulation du matériel roulant dégage moins de chaleur par rapport à la régulation rhéostatique ; l'été de Casablanca est sec, etc... C'est donc l'aération naturelle utilisant l'effet de piston obtenu de la translation même du matériel roulant dans le tunnel que l'on préconise.

(4) Panneaux d'indication pour les voyageurs

Les panneaux appropriés sont des éléments indispensables pour guider

correctement les voyageurs, pour lesquels les pays pilotes se consultent en vue d'uniformiser les symboles et de créer des indications schématisées, dont les principaux sont :

- Indications de sortie/entrée
- Indication du nom de la station
- Affichage de l'horaire
- Plan du réseau avec les noms des stations
- Indications d'orientation vers le quai
- Plan d'orientation des quartiers environnants
- Indicateur d'approche du train
- Horloge électrique

10.4.5 Layout des stations standard

Sur la base des modalités, dimensions et équipements que l'on vient d'étudier, les layouts standard ont été établis pour la station surélevée, la station souterraine et la station au sol (Fig. 10.4.2, Fig. 10.4.3 et Fig. 10.4.4).

La station surélevée est destinée au monorail et la station souterraine au chemin de fer sur pneumatiques et la station au sol pour le chemin de fer à roues métalliques.

Cependant, entre ces layouts de base il n'existe que peu de différence sauf, à un certain degré, l'écart des gabarits de matériel et de ceux de passage libre entre les systèmes.

10.4.6 Distribution des voies

La distribution des voies dans les stations est déterminée en fonction du plan de marche. Dans le système considéré, la distribution des voies s'est révélée relativement simple du fait que les extensions des tracés sont relativement limitées et à cause de l'absence de la conduite en navette à mi-chemin.

L'insertion d'une voie de jonction constitue une nécessité évidente à la station de départ et à la station de terminus pour permettre au train de choisir un sens contraire pour marche, mais à part ceci, il suffit de prévoir une seule jonction d'urgence sur une des stations de passage pour des pannes du matériel roulant ou pour des accidents.

Le schéma de distribution des voies est indiqué à Fig. 10.4.5 et le schéma sommaire de l'aiguillage pour chaque type de station à Fig. 10.4.6.

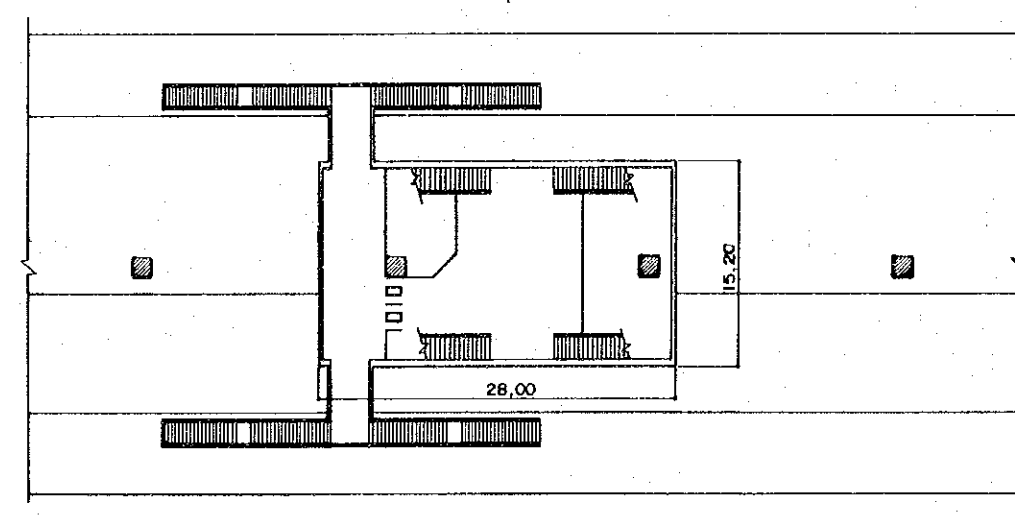
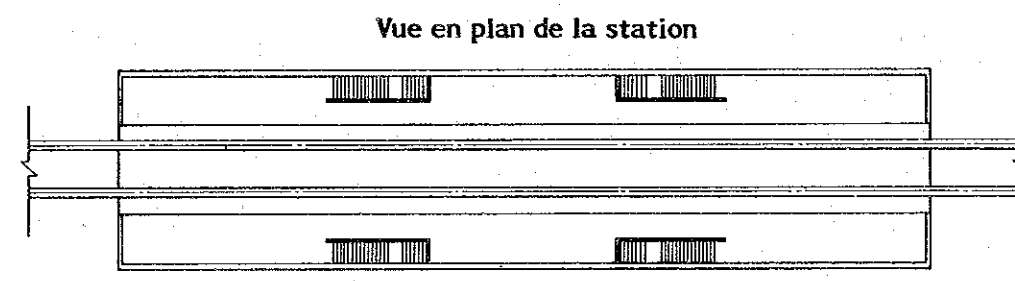
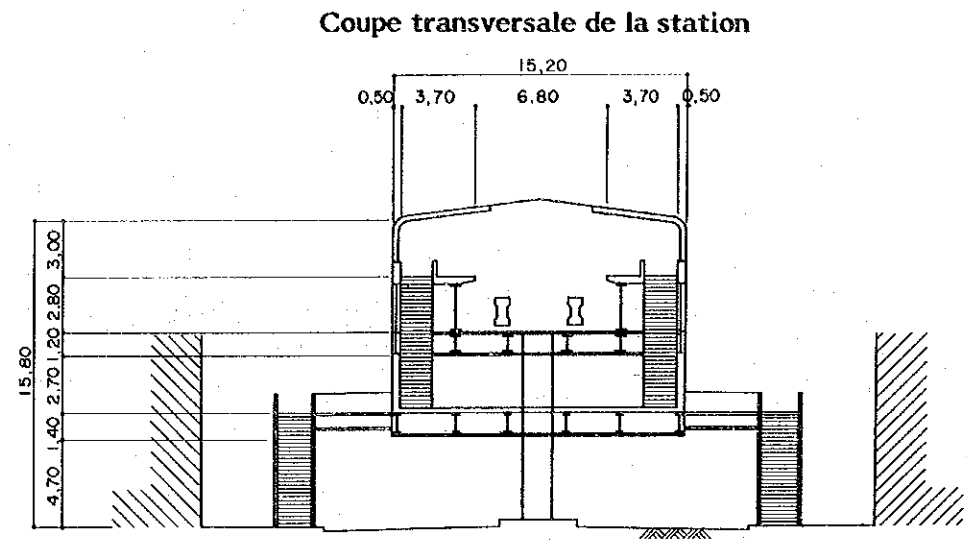
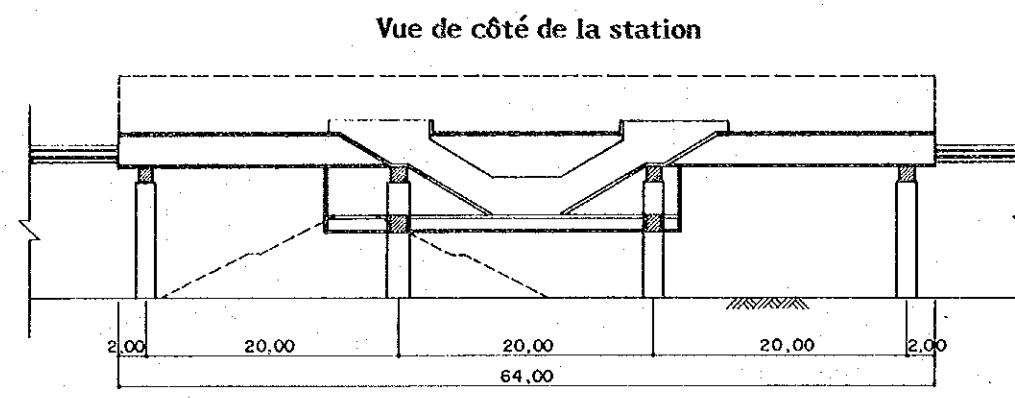


Fig. 10.4.2 Schéma sommaire d'une station standard (monorail/station surélevée)

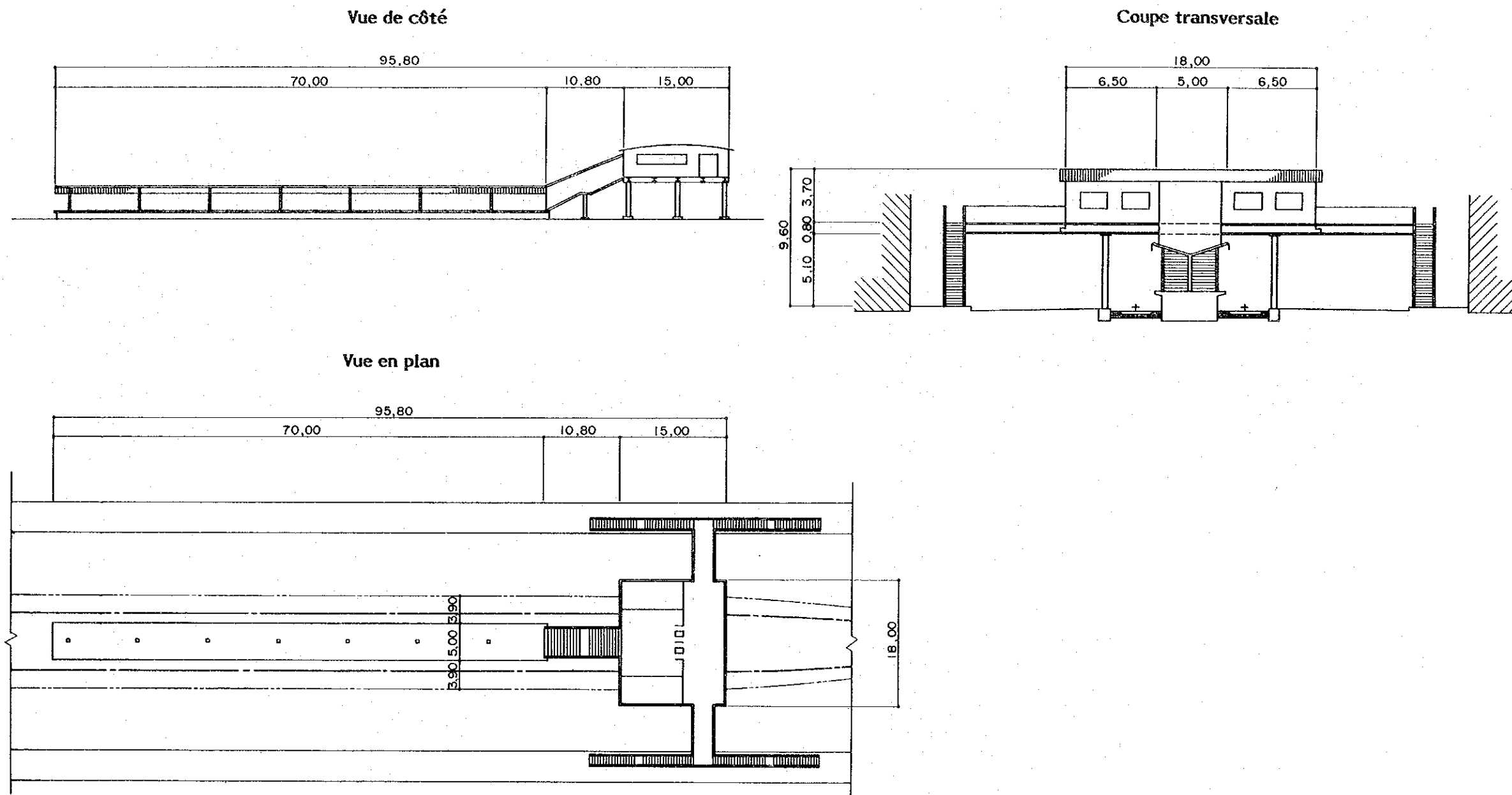


Fig. 10.4.3 Schéma sommaire d'une station standard
(Chemin de fer à roues métalliques/station au sol)

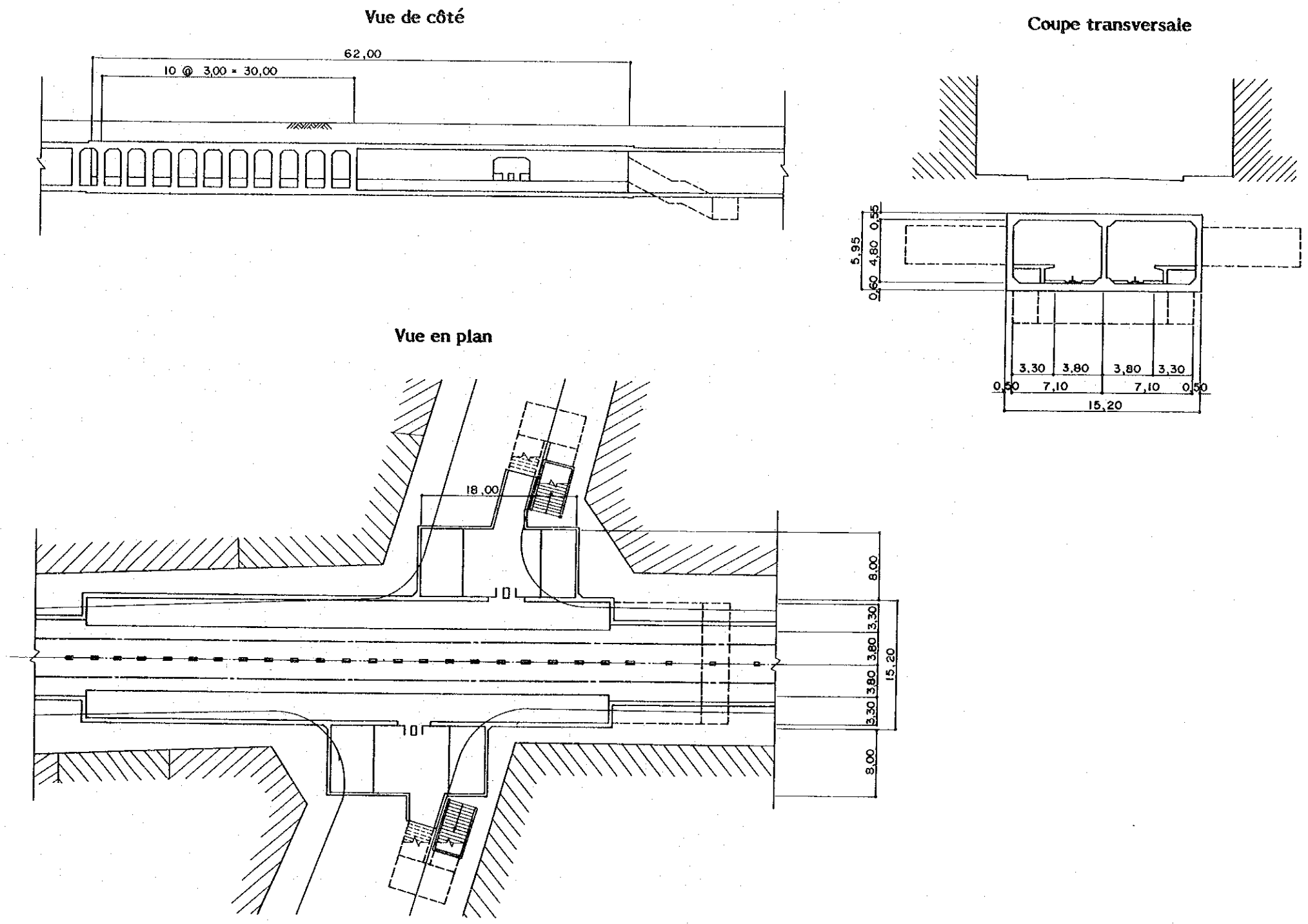


Fig.10.4.4 Schéma sommaire d'une station standard
(Chemin de fer sur pneumatiques/station souterraine)

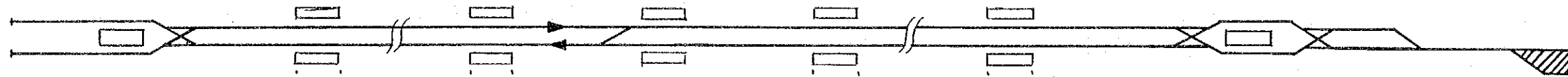


Fig. 10.4.5 Schéma de distribution des voies

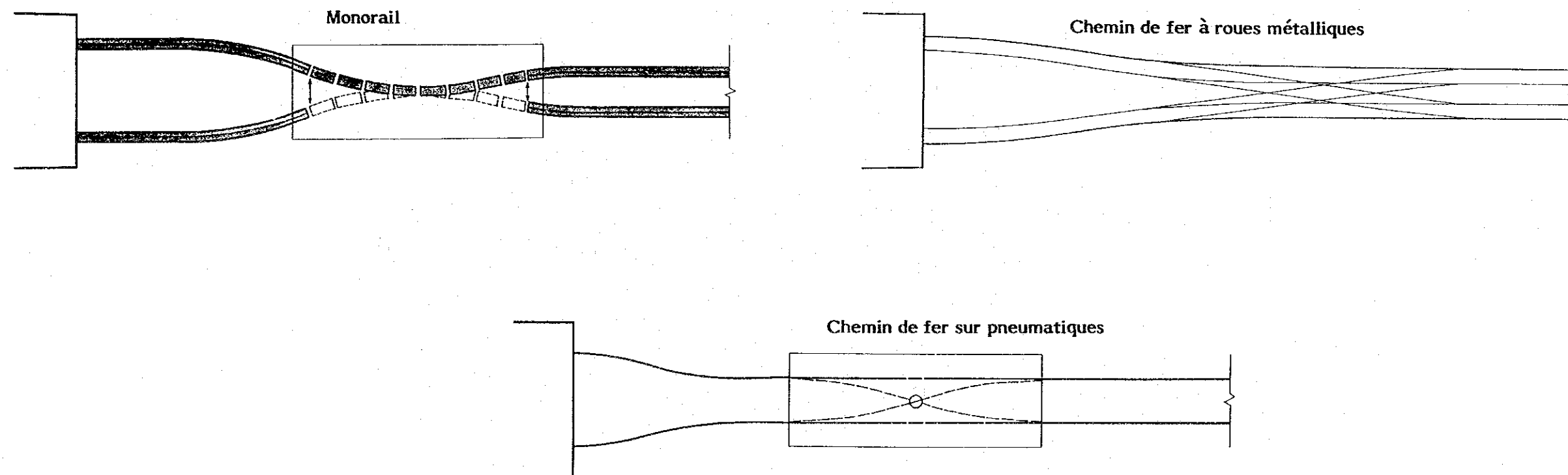


Fig. 10.4.6 Schéma sommaire de l'aiguillage

10.5 Plan des installations électriques

Le TCR étant un système de transport de vocation largement publique, il lui est imposé la tâche d'assurer un transport en masse à un grand débit. C'est ainsi que la plus haute fiabilité et un maximum de sécurité sont exigés à l'alimentation électrique et aux installations de signalisation et de protection. Le présent plan des installations et équipements électriques doit tenir compte de ces impératifs pour dégager un plan d'équipement optimal, en conformité avec le programme du transport expliqué au paragraphe 2 du présent chapitre.

10.5.1 Source d'alimentation

Le système de transport du type TCR a besoin d'une source d'alimentation très stable tant pour l'exploitation du train que pour le maintien de la sécurité. Actuellement dans le Royaume du Maroc, la distribution électrique est assurée globalement par l'Office National de l'Electricité (O.N.E.).

La production de l'énergie électrique par l'O.N.E. dépend quasi entièrement de centrales thermiques, dont les principales sont installées à MOHAMMEDIA, KENITRA et à JERADA, etc...

L'électricité produite est transportée à travers le pays à l'aide des réseaux de transport dont les principales canalisations sont constituées par la ligne 225 kV.

Quant à l'alimentation couvrant la présente zone de projet, la responsabilité n'est pas chargée directement par l'O.N.E., mais déléguée à la Régie Autonome de Distribution de Casablanca (R.A.D.) qui assure la distribution de l'énergie et de l'eau pour les préfectures du Casablanca et du Mohammadia ; La R.A.D. reçoit l'électricité produite par l'O.N.E. à 225 kV, 60 kV, etc., et la transforme en 20 kV, 5,5 kV, etc.,

pour la fournir aux grands consommateurs de la ville ; ou elle la transforme dans ses postes en tensions plus basses, soit 200 V ou 400 V, etc., pour en alimenter les charges ordinaires.

La Figure 10.5.1 illustre les réseaux d'alimentation R.D.A. (comprenant ceux en projet) dans la zone intéressée par présent projet. La capacité d'énergie électrique du court-circuit des postes de transformation 60/5,5 et 60/20 kV situés au centre ville est insuffisante pour le présent projet.

Parmi les sous-stations existantes, c'est celles d'OULAD HADDOU et de LAAYOUNE de 225/20 kV ayant une capacité de court-circuit de 235 MVA environ qui seront les seules serviables au projet.

Ces sous-stations reliées directement sur le réseau O.N.E. de 225 kV, possèdent plus de deux lignes de livraison, et elles sont munies chacune de 2 jeux de transformateurs de service plus 1 jeu de réserve, soit le taux de réserve de 50%, ce qui laisse croire à leur haute fiabilité.

Cependant, on est contraint à ne pas prendre en compte la sous-station de LAAYOUNE située trop loin des tracés prévus et à fixer le choix à trois sous-stations dont ladite OULAD HADDOU ; les deux autres, YACOUB EL MANSOUR et SIDI OTHMAN, sont encore en projet, mais posséderont le même degré de fiabilité que la première.

Or, la R.A.D. ne décide pas encore de critères nets vis-à-vis de la fluctuation de tension et des harmoniques, cette lacune sera complétée par la prise en compte des valeurs pratiquées au Japon pour proposer des équipements appropriés.

On tient compte d'une fluctuation de tension de $\pm 5\%$ ou moins et, en ce qui concerne les harmoniques, les critères sont donnés à Tableau 10.5.1.

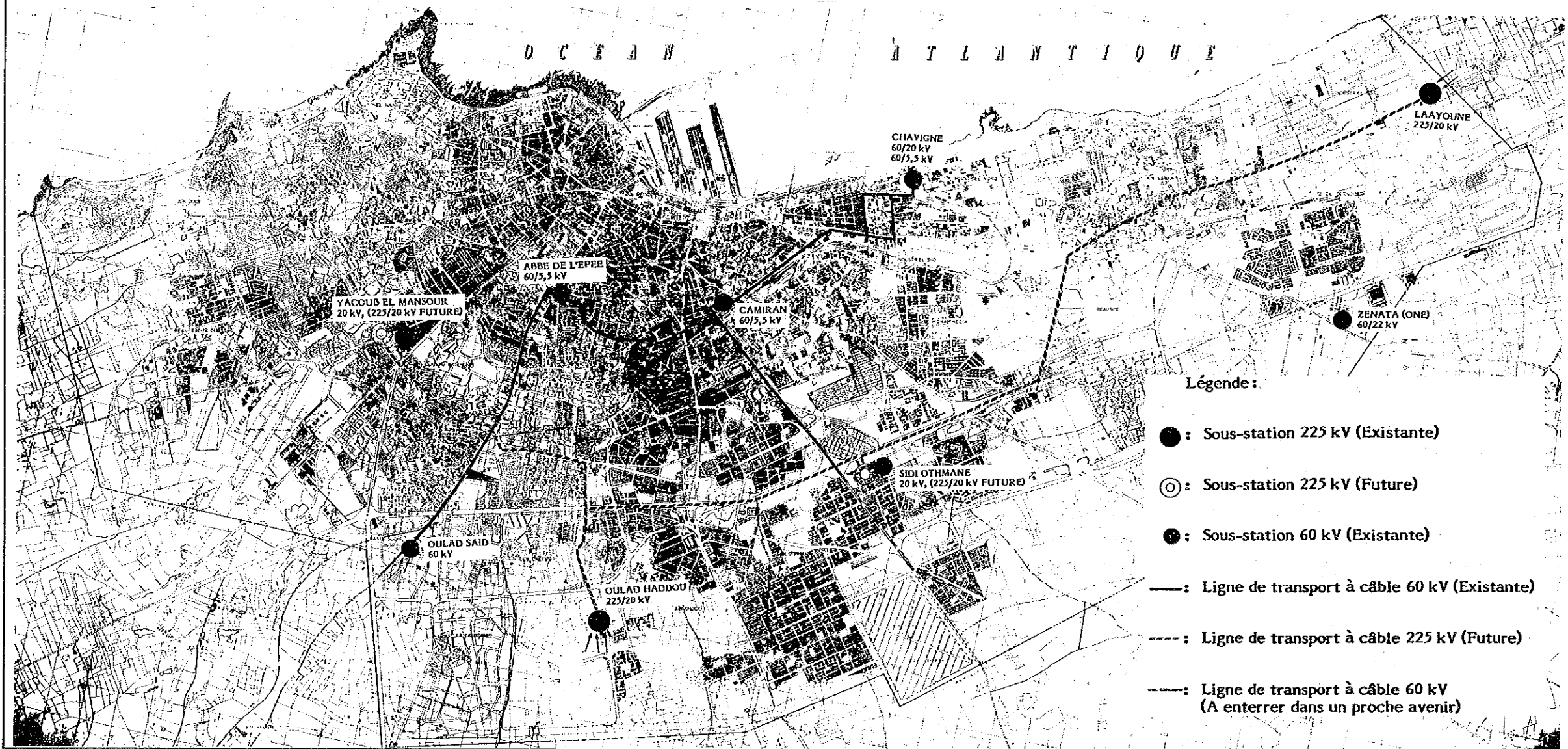


Tableau 10.5.1. Valeurs de référence
des harmoniques au Japon

Distorsion de tension en %		Intensité en A							
A chaque impulsion	Distorsion totale	5e	7e	11e	13e	17e	19e	23e	25e
1.0	2.0	10.6	5.0	2.6	2.2	1.8	1.7	1.8	1.9

10.5.2 Système d'alimentation

Le mode d'alimentation sera fixé en fonction, entre autres, du débit et de la capacité du train à mettre en circulation, dans la section de ligne. L'alimentation pour le chemin du fer électrique se présente en gros en système à courant continu et système à courant alternatif ; pour un système de transport urbain, comme le TCR, devant être exploité à un débit important, c'est le système à courant continu qui paraît le mieux adapté, d'après la considération économique et les références de construction, etc..

Quant à la tension de service appliquée à ce système à courant continu, la Recommandation 38 de C.E.I. (Commission Electrotechnique Internationale) préconise des tensions de régime de 3000 V, 1500 V et 750 V.

La tension de 3000 V, comme c'est le cas de l'O.N.C.F., est appréciée notamment pour les lignes interurbaines, pour son gain économique sur un parcours de longue distance avec peu de fréquence de circulations.

Ce système apporte les avantages de pouvoir espacer largement deux sous-stations et de permettre l'emploi de feeders relativement fins. En revanche, une telle haute tension impose une grande distance d'isollements et également de grands isolateurs, ce qui constitue un inconvénient dans un espace limité (tronçons souterrains, entre autres).

Rendre compact et léger l'électromotrice, reste une tâche difficile à accomplir, d'ailleurs.

A en juger d'après ces particularités et les références, l'adoption de l'alimentation en 3000 V ne serait pas adaptée à un TCR comme celui du présent projet.

Par contre, l'une ou l'autre des deux tensions qui restent, 750 V et 1500 V, est bien applicable au présent TCR, toutes les deux corroborées de nombreuses références. D'entre elles, finalement, on a retenu 1500 V comme tension d'alimentation pour des raisons multiples : la haute densité de charge, le tronçon souterrain relativement court, et le gain économique accentué pour les installations au sol, entre autres.

Dans le cas du courant continu, la mise en parallèle est la modalité la plus souvent appliquée et celle-ci étant jugée appropriée pour notre cas également, on étudiera des problèmes liés aux chutes de tension et à la capacité des redresseurs, etc., en conséquence.

Quant à la plage des variations de tension à la ligne de contact, les recommandations C.E.I. précitées suggèrent 1800 V pour la tension maxi., et 1000 V pour la tension mini. que l'on respectera.

La prise en compte des facteurs tels que chute de tension aux heures normales, exploitation en cas d'incident, réseau de transport R.A.D. ou encore d'autres considérations commandent, enfin, le choix de disposition de 4 sous-stations pour chaque solution du système de transport pour le tracé A et de 3 sous-stations pour le tracé B.

Par ailleurs, l'alimentation du garage-atelier suivra la modalité d'alimentation par feeders spécialisés à partir de sa propre sous-station, qui sera sectionnée, au besoin, du réseau.

La Figure 10.5.2 représente le système d'alimentation destiné au tracé A.

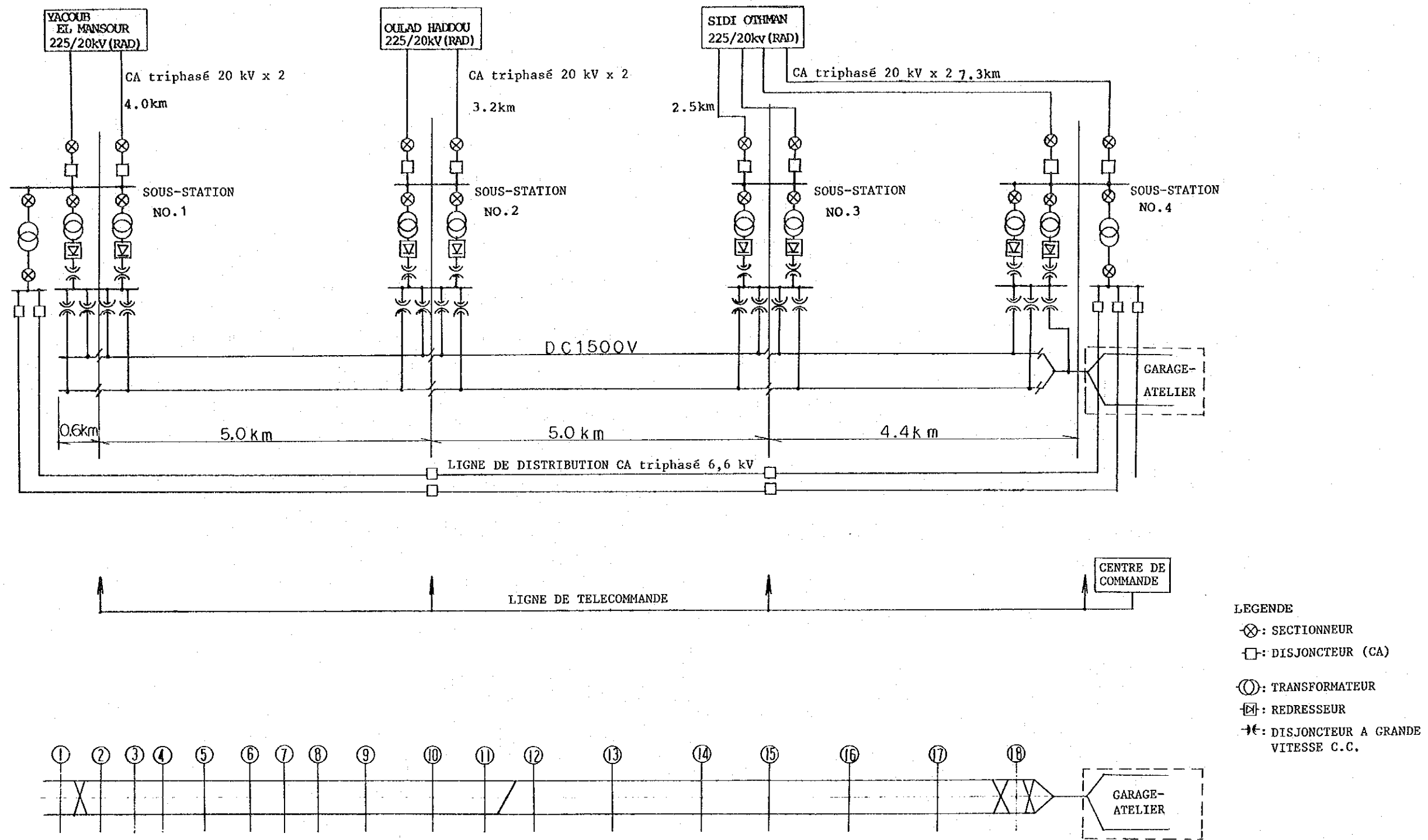


Fig. 10.5.2 Plan du système d'alimentation

10.5.3 Les sous-stations

La livraison d'énergie sera effectuée à l'aide d'un système de ligne HT spécialisée afin d'éliminer toute influence venant d'autres charges. Cette ligne exclusive sera doublée de sorte qu'une ligne est de service et l'autre de réserve, ainsi minimisant l'influence due à la panne du secteur ou aux arrêts programmés d'entretien.

Cette ligne de transport est posée et entretenue par la R.A.D. dont les frais de pose sont inclus dans le présent projet.

Les équipements des sous-stations seront doublés pour qu'une réserve soit prévue chaque fois, en raison de la fiabilité et de la facilité de maintenance. La capacité du redresseur varie en fonction des conditions de voie, de l'intervalle des trains et du système de transport retenu, etc.. Le Tableau 10.5.2 reprend les résultats des calculs en fonction du tracé et du système.

Tableau 10.5.2 Capacité du redresseur dans une sous-station

Tracé \ Système	Système	
	Monorail, Train sur pneus	Train à roues métalliques
A	3000 kW	2000 kW
B	2500 kW	2000 kW

Le fait que la capacité de court-circuit est relativement faible par rapport aux charges prévisibles impose un examen de son influence sur la source.

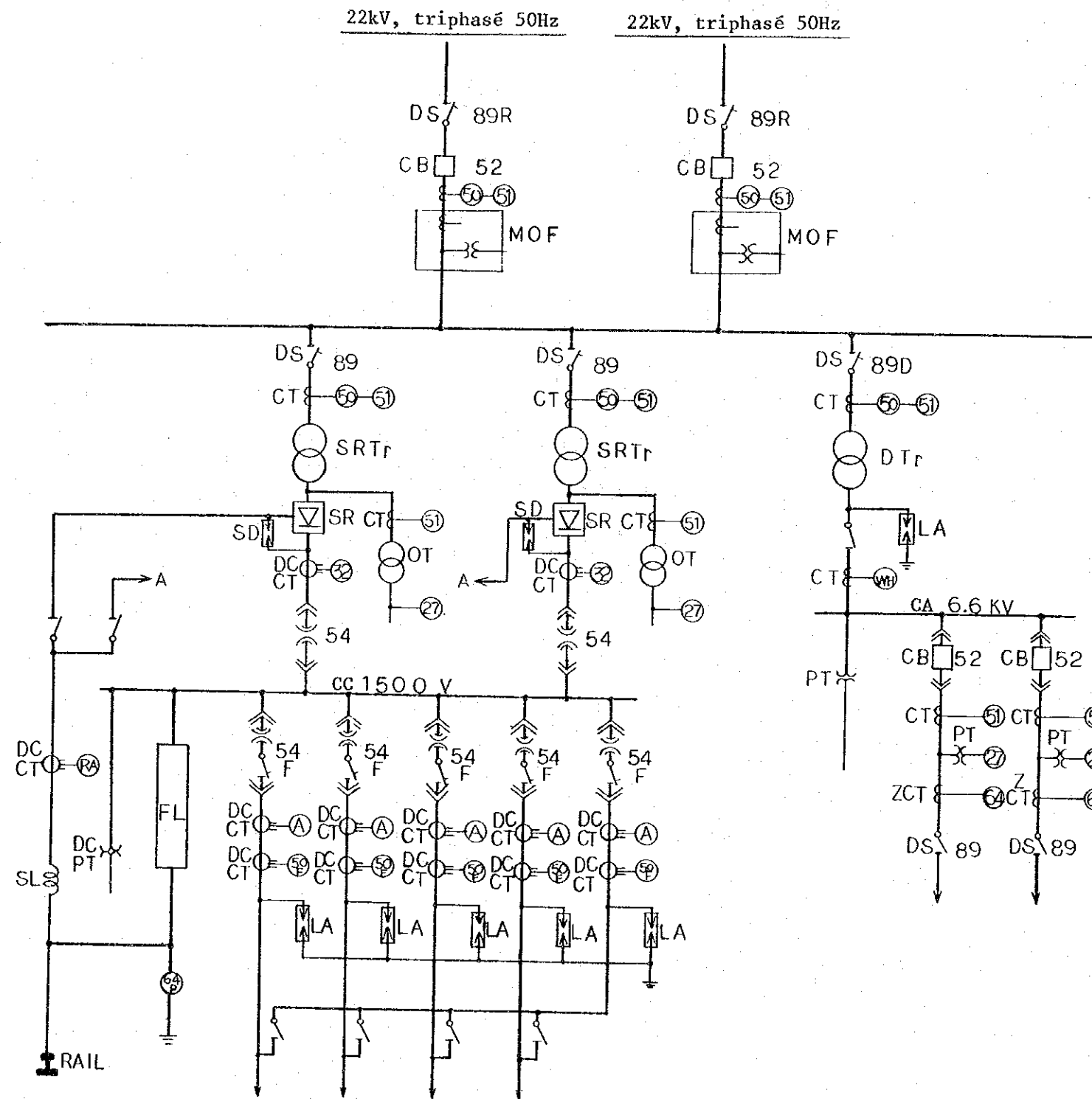
Le taux de fluctuation de tension prévisible ne pose ici que peu de problème, puisqu'il n'est que de l'ordre de 1%, même en supprimant la condition de l'interrompre de la pleine charge au démarrage.

Certaines harmoniques en charge maximale instantanée peuvent présenter, à chaque ordre du redressement à 6 impulsions, un taux de distorsion supérieur à 1 % dépassant ainsi la valeur normale ; il faut donc un redressement à plus de 12 impulsions (pour ramener le taux aux environs de 0,6 %).

Il est à prévoir une installation de distribution à chacun des postes extrêmes afin d'alimenter en énergie l'installation de distribution MT. La sous-station installée dans le garage-atelier alimente les bâtiments et les équipements mécaniques situés à l'intérieur.

Le transformateur de distribution aura une capacité d'environ 1500 kVA. Un schéma de connexion conçu partant de ces hypothèses est montré à Fig. 10.5.3.

Afin d'assurer une récupération stable, il convient d'envisager l'installation d'un onduleur dans certaines des sous-stations. Une cabine de commande électrique sera implantée côte à côte avec la cabine de dispatching des trains implantée dans l'enceinte du garage-atelier, afin de permettre la télécommande des sous-stations, ainsi conduisant à faire face avec souplesse aux incidents, etc...



LEGENDE :

SYMBOLE	DESCRIPTION
DS	COMMUTATEUR DE DISPATCHING
CB	DISJONCTEUR
MOF	APPAREILLAGE DE MESURE
LA	PARAFONDRE
CT (DCCT)	TRANSFORMATEUR DE COURANT (TYPE C.C.)
PT (DCPT)	TRANSFORMATEUR DE TENSION (TYPE C.C.)
ZCT	TRANSFORMATEUR AU POINT NUL DE PHASE
SRTr	TRANSFORMATEUR A REDRESSEUR AU SILICIUM
SR	REDRESSEUR AU SILICIUM
DTr	TRANSFORMATEUR DE DISTRIBUTION
OT	TRANSFORMATEUR DE MANOEUVRE
FL	FILTRE
SL	SELF DE SERIE
SD	DECHARGEUR DE SURINTENSITE
A	AMPEREMETRE
RA	AMPEREMETRE D'ENREGISTREMENT
WH	WATT-HEURE METRE
27	RELAIS A MINIMUMS
32	RELAIS A COURANT INVERSE C.C.
50 (50F)	RELAIS DE SELECTION DE COURT-CIRCUIT
51	RELAIS DE SURCHARGE
54 (54F)	DISJONCTEUR A GRANDE VITESSE C.C. (FEEDER)
64 (64P)	RELAIS DE DEFAUT DE TERRE (TYPE C.C.)

Fig. 10.5.3 Schéma de connection des circuits principaux de la sous-station

10.5.4 Ligne de contact

Elle se présente sous différentes formes selon le système de transport.

Pour le monorail, on emploie une ligne de contact rigide double dans laquelle les deux côtés de la poutre sont équipés d'une ligne de contact rigide. La ligne de contact rigide réalisée en composé de l'aluminium et du cuivre repose sur un support en T en alliage d'aluminium combiné avec un fil de trolley ; cette ligne de contact prend appui sur des isolateurs espacés de 2,5 m environ, positifs et négatifs en alternance.

La Figure 10.5.4 indique la coupe de l'ensemble de la ligne de contact rigide double.

On prévoit à tous les 100 m un ancrage et un joint de dilatation contre l'élongation de la ligne de contact.

L'équipement de mise à la masse devra être implanté au dessus de la ligne de contact négative, protégeant le corps humain du contact de la caisse de voiture dans les stations, par exemple. Un tablier de protection est à prévoir dans le cas où la ligne de contact est posée à un niveau inférieur à 5 m du sol et devant les quais.

En ce qui concerne le mode de captation pour le chemin de fer sur pneumatique ou celui à roue métallique, la caténaire ou le troisième rail est envisageable. Pour le présent TCR où la section souterraine n'occupe qu'une minime partie des tracés, la solution avec ligne de contact aérienne est préconisée, puisqu'elle procure des économies sur le tronçon au sol et présente une grande stabilité vis-à-vis de la vitesse max. du TCR (80 km/h). Parmi les différentes formules aériennes de la ligne de contact, le système de suspension directe peut être envisagé parce qu'économique, mais la caténaire simple hautement fiable est préconisée lorsque l'on tient compte, pour le cas envisagé, des charges relativement importantes et du débit élevé de trains, entre autres.

La structure de supportage sera construite principalement en béton, mais l'emploi de colonnes d'acier n'est pas écarté selon les besoins; leur espacement standard (portées) sera de 60 m.

La Fig. 10.5.5 illustre sommairement le système à caténaire simple.

Pour la partie souterraine, la ligne de contact rigide est à adopter pour des raisons multiples : cette ligne n'occupe qu'un espace limité, peu de risque de coupure, l'entretien léger ...

Fig. 10.5.6 est un schéma sommaire de la solution avec ligne de contact rigide.

10.5.5 Equipement de distribution électrique

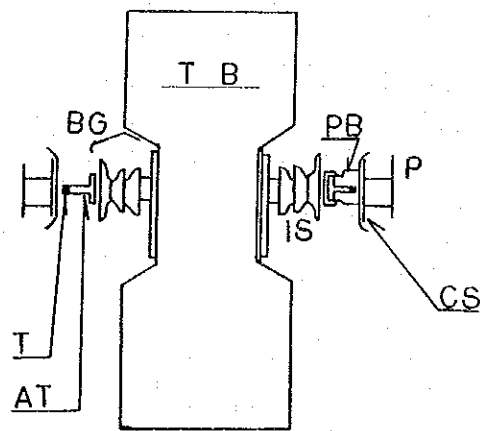
(1) Equipement de distribution MT

Pour le présent nouveau système de transport, des lignes de distribution spécialisées sont prévues en 6,6 kV, triphasé, 50 Hz. D'autre part, l'alimentation de l'installation de signalisation et celle de télécommunication, de par le caractère du transport urbain, exigeant un haut degré de stabilité, la ligne est prévue en 2 circuits.

L'alimentation de la ligne de distribution MT sera assurée à partir des transformateurs de distribution réservés exclusivement à la distribution implantés dans les deux centraux sous-stations extrêmes, par l'intermédiaire du tableau de distribution MT.

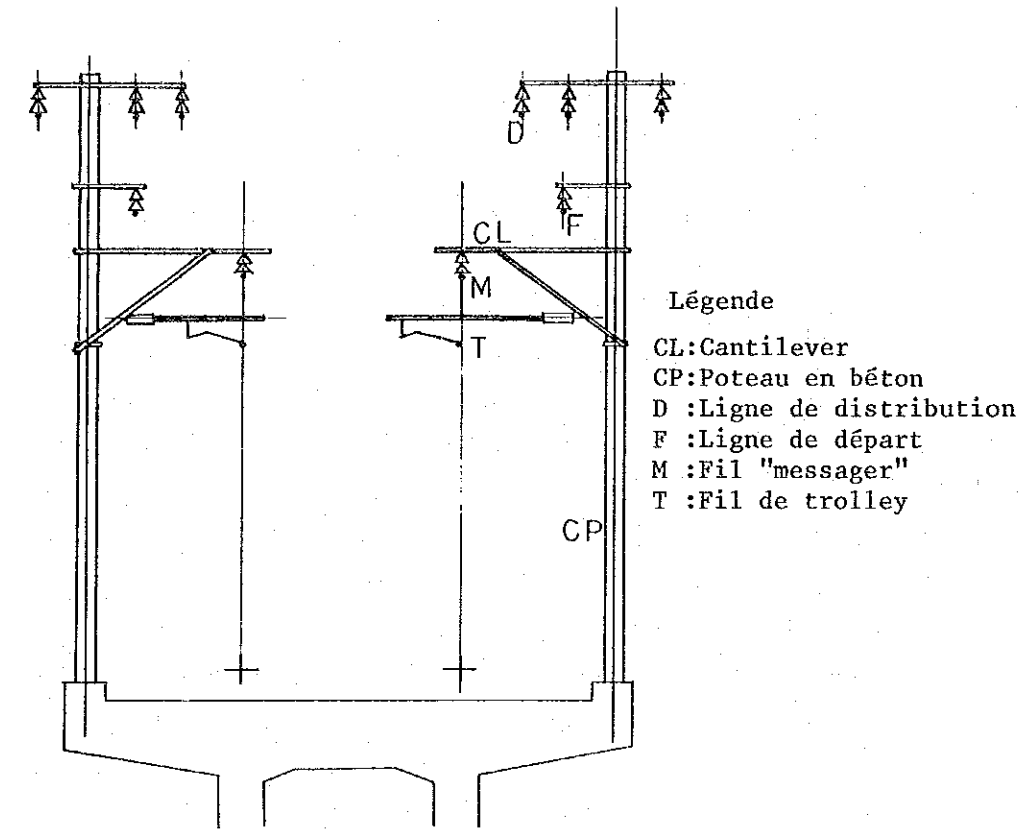
Par ailleurs, le sectionneur de ligne est à prévoir sur 1 ou 2 points intermédiaires de cette ligne de distribution. Ceux-ci sont destinés à l'établissement d'une section de mise hors tension et à la délimitation de la section défectueuse de cette ligne. Comparée à la réception directe de l'énergie de la R.A.D. individuellement à chaque point de charge, la ligne de distribution MT exclusive procure les avantages suivants :

- 1) L'alimentation directe en énergie à partir du réseau R.A.D. des sous-stations "monorail" par l'intermédiaire de la ligne de transport spécialisée assure une autonomie excellente.
- 2) La distribution en provenance des sous-stations "monorail" facilite l'établissement d'interrelation entre la puissance tractionnelle et le courant de signalisation.



Légende
 AT:Support en T d'alliage d'aluminium
 BG:Plaque de mise à la masse
 CS:Patin
 IS:Isolateur de support
 P:Pantographe
 PB:Tablier de protection
 T:Fil de trolley
 TB:Poutre de roulement

Fig. 10.5.4 Ligne de contact rigide double



Légende
 CL:Cantilever
 CP:Poteau en béton
 D:Ligne de distribution
 F:Ligne de départ
 M:Fil "messenger"
 T:Fil de trolley

Fig. 10.5.5 Caténaire simple

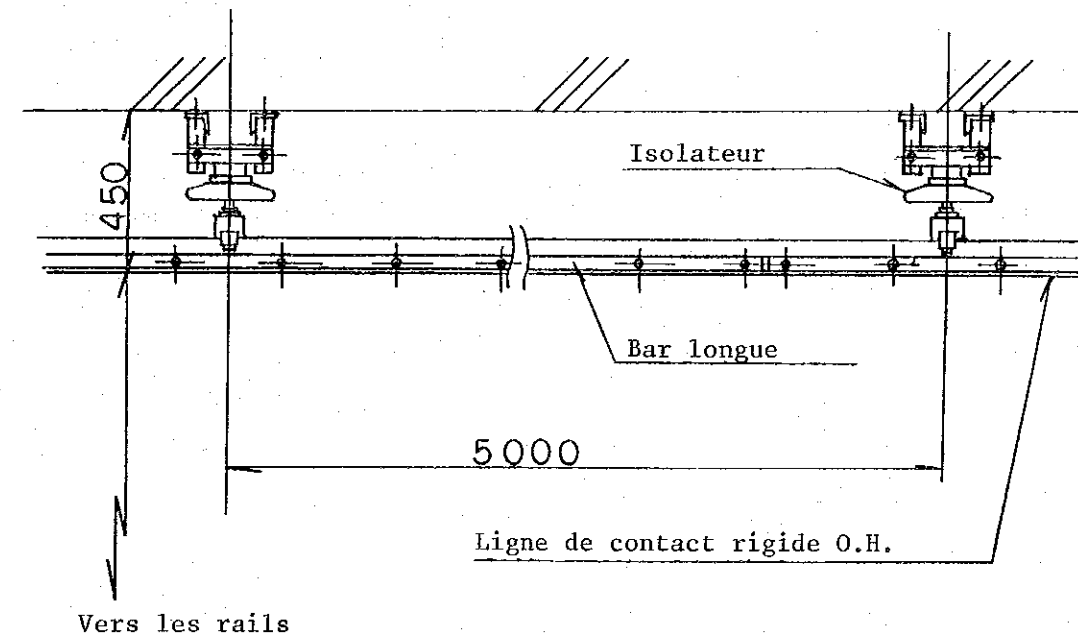


Fig. 10.5.6 Ligne de contact rigide surélevée

(2) Equipement électrique dans le tunnel

Sur les parois de deux côtés du tunnel seront installés des appareils d'éclairage à un intervalle régulier, puis sur le côté droit vers le centre de la ville des prises de courant constituant l'alimentation pour les opérations d'entretien. D'autre part, afin d'alimenter ces appareillages en courant, des lignes de distribution BT seront posées également sur les deux parois.

(3) Equipement d'alimentation des stations

Un local de distribution est à prévoir dans chaque station assurant l'alimentation en courant BT des installations d'éclairage et de traction, ainsi que des équipements de télécommunication ; le local renfermera des transformateurs de distribution, tableaux de commutation automatique et tableaux de distribution.

De plus, dans les stations souterraines, il sera prévu l'équipement d'alimentation destiné aux installations électriques et de pompage situées dans le tunnel.

Parmi ces stations souterraines, la station no.1 sera munie d'un groupe électrogène, vu sa position terminale et son rôle important.

(4) Installations électriques dans le garage-atelier

L'énergie consommée dans le garage-atelier sera alimentée à partir de la sous-station no.4 (tracé A) ou de celle de no.3 (tracé B) installée respectivement dans chacun des garages-ateliers, par l'intermédiaire d'une ligne de distribution MT spécialisée à chaque garage-atelier, séparée de la ligne principale. De plus, des installations de distribution MT seront prévues à part, pour assurer l'exploitation de l'équipement de signalisation et des trains. Plusieurs locaux de distribution seront installés dans l'enceinte du garage-atelier avec transformateurs de distribution, tableaux de distribution et tableaux de commutation automatique, qui se chargeront de l'alimentation de chaque charge.

D'autre part, un groupe électrogène sera prévu dans le local de distribution pour le bâtiment administratif assurant l'alimentation des charges d'importance majeure requises pour la continuation de la circulation pendant la panne du secteur. De plus, la distribution électrique pour l'ordinateur de dispatching des trains sera assurée à l'aide de C.V.C.F.

En ce qui concerne l'éclairage extérieur dans l'enceinte du garage-atelier, l'éclairage à grands flots à l'aide de poteaux sera prévu à quoi s'ajoute l'éclairage en lumière diffuse, servant à éclairer le changement de trains et des opérations d'entretien nocturnes.

10.5.6 Installation de signalisation

Afin d'exécuter la circulation de trains en toute sûreté et avec ponctualité, conformément au plan de transport établi dans le chapitre 10.2, il est essentiel de dresser un plan de l'installation de signalisation.

La signalisation constitue une installation d'importance primordiale, garant de la sécurité du trafic et promoteur de l'amélioration du rendement de transport. Par conséquent, le plan de l'installation de signalisation pour le TCR à introduire dans la ville de Casablanca devra tenir compte des points suivants :

1. L'amélioration de la sécurité ;
2. La facilité de manipulation et de maintenance de l'équipement
3. L'adaptation à la circulation à grande vitesse et à grande densité
4. La satisfaction de la considération économique

Partant de ces orientations de base, l'essentiel est de retenir un équipement adapté à des systèmes proposés dans chaque solution.

Les types de systèmes prévus dans les solutions sont les suivants.

1. Monorail
2. Chemin de fer sur pneus
3. Chemin de fer à roues métalliques

La Figure 10.5.7 représente le schéma de signalisation pour le monorail et pour le train sur pneumatique, tandis que la Figure 10.5.8 celui prévu pour le système à roues métalliques.

Le descriptif ci-après porte sur les généralités de l'installation de signalisation dont sera équipé chaque système de transport.

1) Cantonnement

(a) Cas du monorail et du chemin de fer sur pneus

La solution préconisée est du type à canton fixe, à comptage "check-in check-out".

Etant incapable, à la différence du cas du chemin de fer à roues métalliques dont on parlera plus tard, de détecter la présence d'un train en court-circuitant le circuit de voie, ce système assure la détection par une autre méthode décrite ci-après.

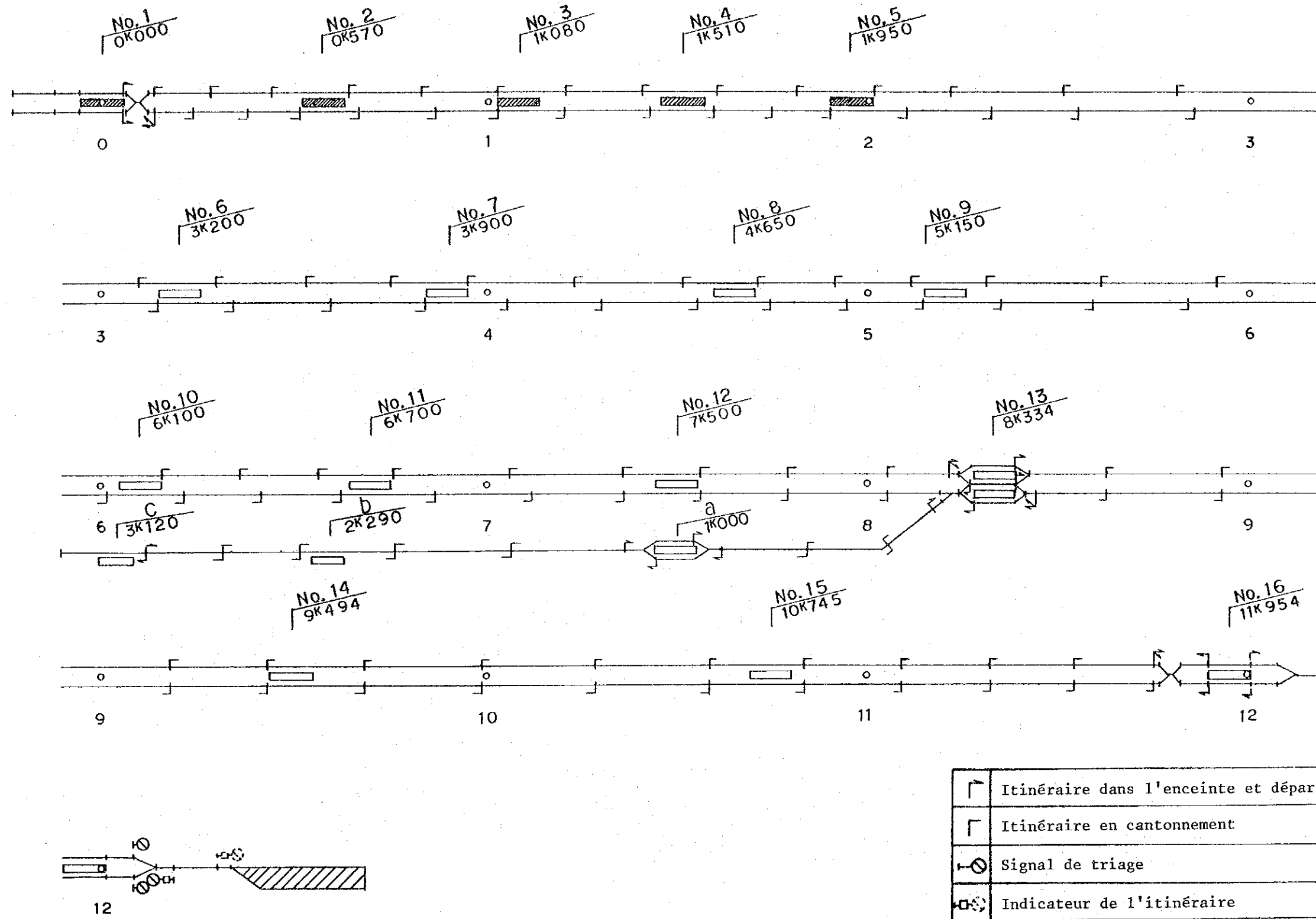


Fig. 10.5.7 Installation de signalisation, sommaire (monorail)

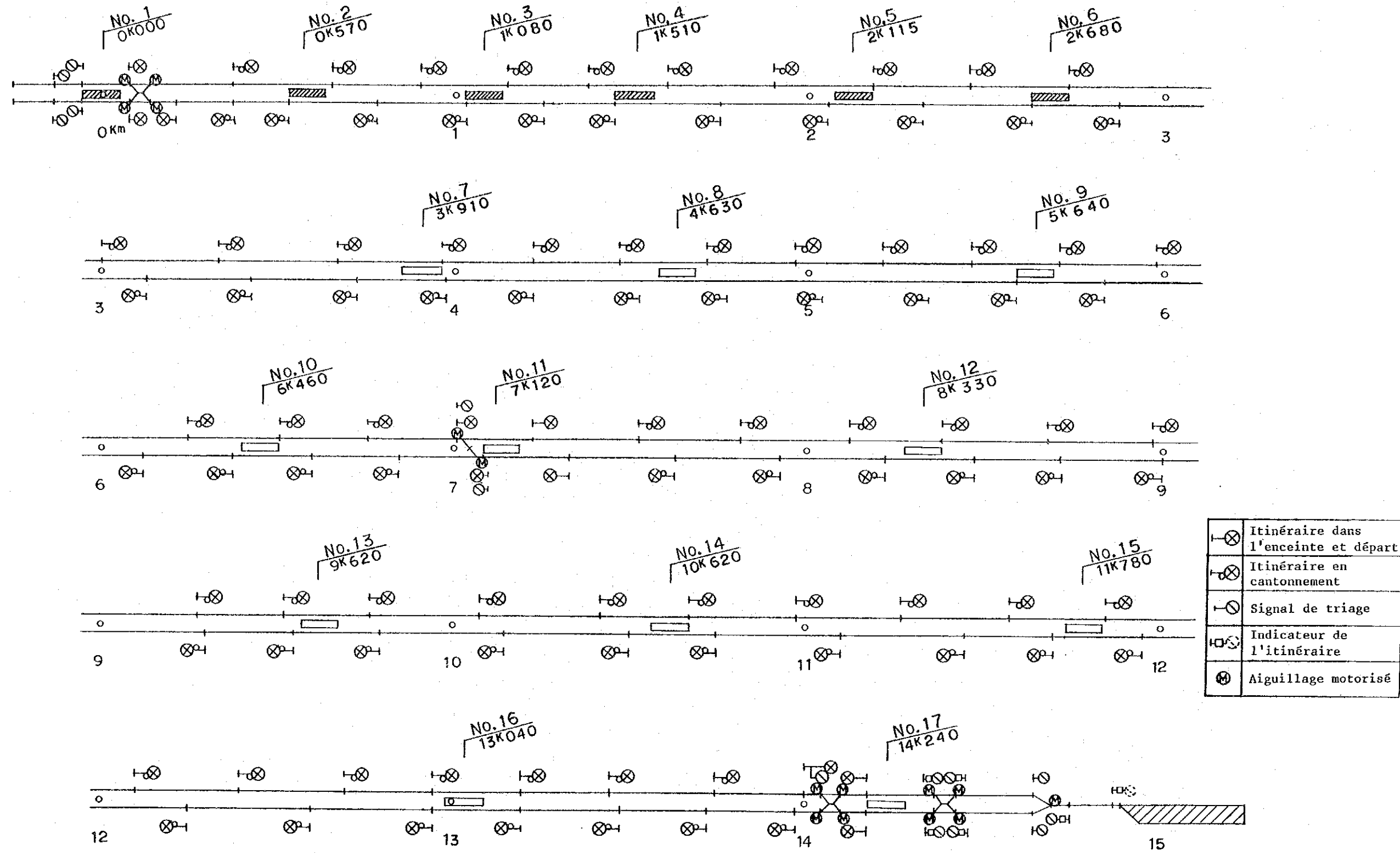
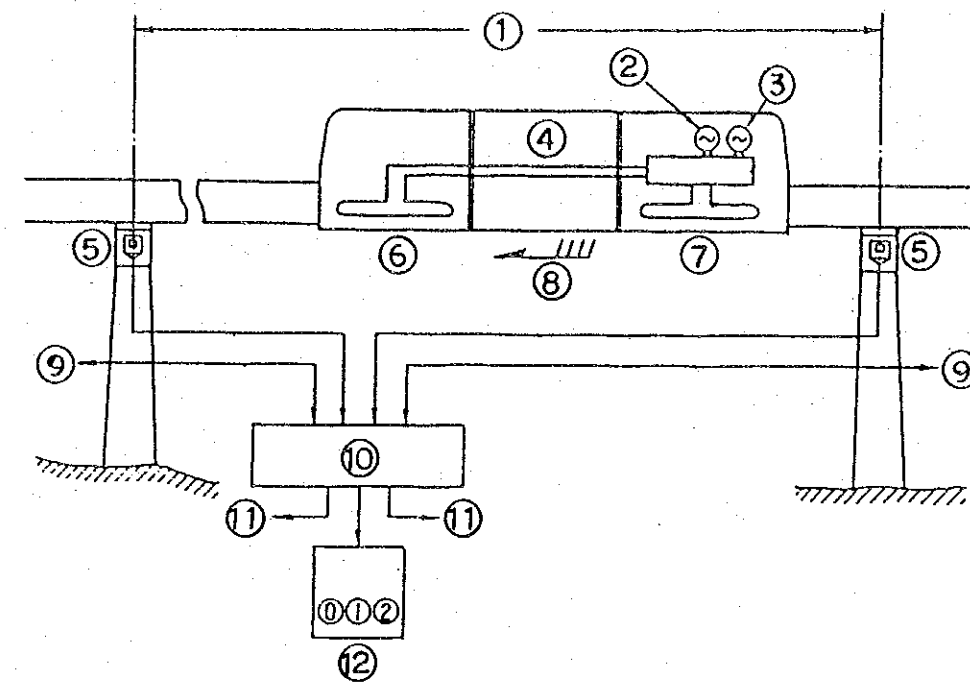


Fig. 10.5.8 Installation de signalisation, sommaire (roue métallique)

A savoir, les signaux de détection de train sont émis par des antennes montées sur le toit, réparties à la tête et à la queue du train (le signal de tête est appelé "check-in signal" et celui de queue "check-out signal"), qui sont par la suite captés par des capteurs électriques au sol installés à l'entrée et à la sortie du canton ; le capteur électrique à l'entrée du canton ayant vérifié l'apparition de la tête du train le fait mémoriser par le compteur de trains, tandis que le capteur électrique à la sortie du canton, dès la perception de la fin de passage du train, efface la mémoire du même compteur.

Ce mode de détection du train est appelé système de "check-in, check-out".

La Figure 10.5.9 illustre la configuration sommaire des équipements constituant le système.



①	Canton
②	Oscillateur check-in
③	Oscillateur check-out
④	Train
⑤	Capteur électrique au sol
⑥	Antenne sur train en tête vue du sens de la marche Fréquence check-in
⑦	Antenne sur train à la queue vue du sens de la marche Fréquence check-out
⑧	Sens de la marche
⑨	Vers capteur électrique
⑩	Capteur électrique
⑪	Vers le compteur
⑫	Compteur

Fig. 10.5.9 Equipements de la détection de train

(b) Cas du chemin de fer à roues métalliques.

Le cantonnement automatique sera retenu.

Ce système consiste à détecter le train en mettant en court-circuit la voie de circulation à l'aide des essieux ; ainsi le déplacement du train sur la voie prévue dans le canton considéré réalise la régulation automatique de l'indication du cantonnement et des signaux.

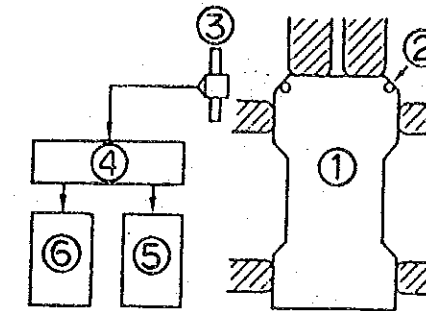
2) Dispositif de signalisation

(a) Cas du monorail et du chemin de fer sur pneumatiques.

Pour la section de circulation de train, la signalisation retenue sera de la formule "annonciateur de cabine" et pour la signalisation de manoeuvre, ce sera le signal au sol (signal de manoeuvre).

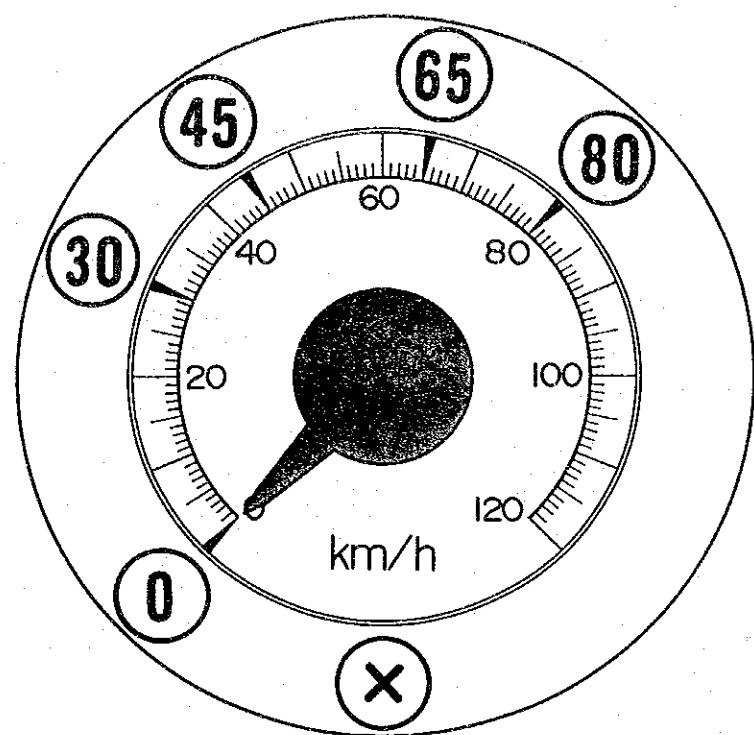
Ce système aura une ligne en boucle de terre encastrée (ground loop line) soit aux épaules de la poutre de roulement, dans le cas du monorail, soit aux surfaces latérales de la poutre de roulement pour le train sur pneus, la ligne étant traversée du courant de signalisation à haute fréquence. Ce signal (donc la fréquence) ayant été commuté par le compteur est capté électromagnétiquement par le capteur électrique de cabine, puis démodulé sur le récepteur de cabine, pour être affiché sur le signal de cabine sous trois codes en principe : 80 (voie libre), 45 (avertissement), 0 (arrêt).

La Figure 10.5.10 en montre la configuration sommaire et la Figure 10.5.11 la vue en plan du signal de cabine.



①	Poutre de roulement
②	Ligne en boucle au sol
③	Capteur électrique de cabine
④	Récepteur de cabine
⑤	Signal de cabine
⑥	Dispositif ATS

Fig. 10.5.10 Equipement de l'annonciateur de cabine



Nota 1 : Lors du changement d'indication du signal une alarme sonore se déclenche.

Nota 2 : Les signaux (X) et (0) sont illuminés par lampes rouges, mais tous les autres le sont par lampes en couleur blanche.

Nota 3 : La graduation, les lettres et l'aiguille sont en blanc ; et le cadre annulaire en noir (terni).

Fig. 10.5.11 Signal de cabine

(b) Cas du train à roues métalliques

Sur les sections de marche des trains, il sera prévu ces dispositifs de signalisation suivants, conformément aux conditions d'exploitation des trains :

1. L'installation du signal de cantonnement aux limites du canton afin de commander efficacement les trains circulant les sections de stations; Les feux de signalisation seront commutés automatiquement suivant l'avance du train successivement sur trois couleurs indicatives :

Vert (Voie libre), jaune (alarme), rouge (arrêt).

La Fig.10.5.12 illustre les emplacements des signaux sur des sections en élévation.

2. Les deux terminus, la place de Makhazine et Sidi Moumene, ainsi que les stations intermédiaires à rebroussement (S.P.) seront dotés d'un signal d'entrée à l'entrée de l'enceinte de la station et d'un signal de départ sur la ligne de départ.

De même que les signaux de cantonnement, ces appareils de signalisation sont du type semi-automatique; l'indication se commutera automatiquement au fur et à mesure de l'approche du train, mais la commande manuelle peut également être assurée à pied d'oeuvre par le signaleur. La disposition des signaux de départ est indiquée à Fig. 10.5.13.

3. Les stations de S.P. et les garages seront munis d'un signal de changement de ligne afin de trier efficacement les trains et au besoin, d'un indicateur d'itinéraire affichant la nouvelle ligne choisie.

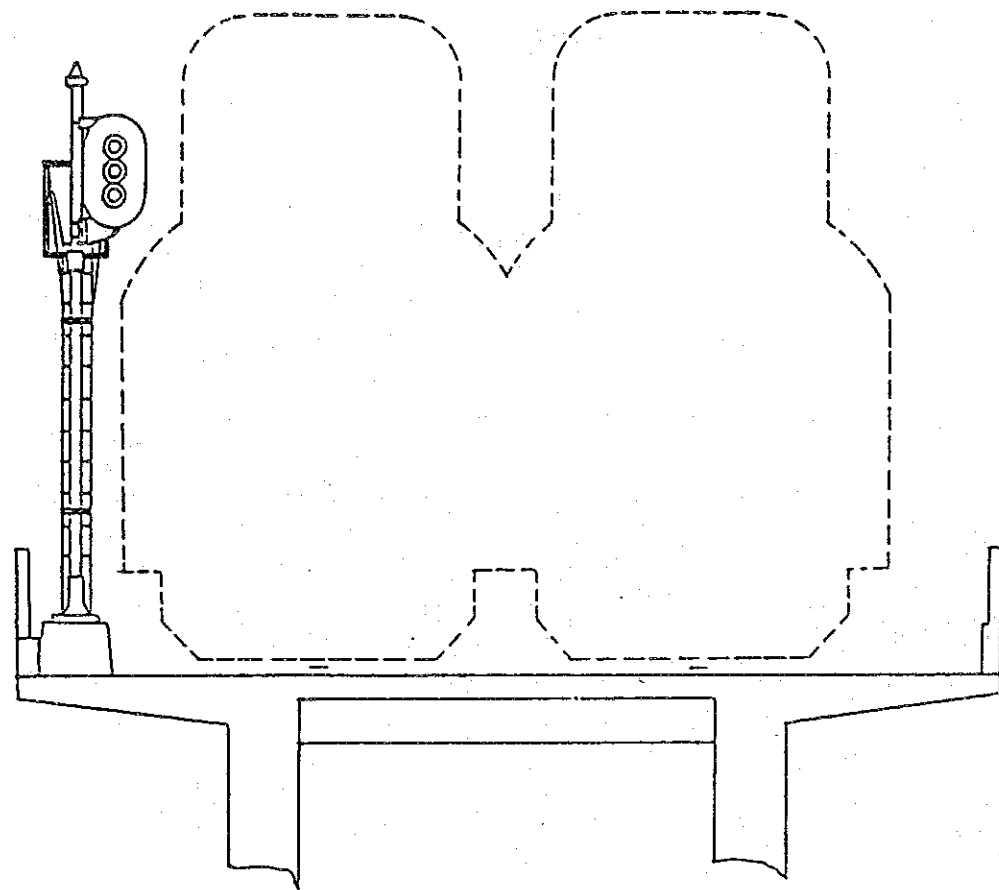


Fig. 10.5.12 Signal de cantonnement

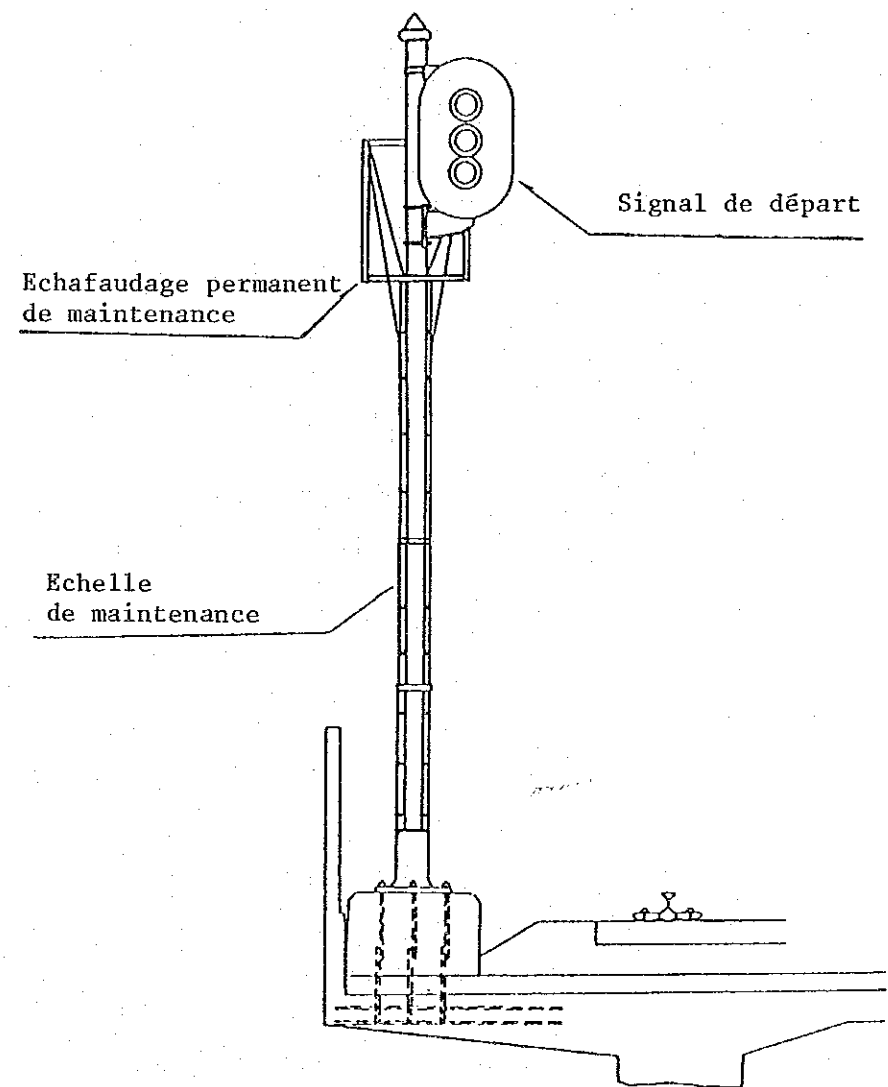


Fig. 10.5.13 Signal de départ

3) Circuit de voie

(a) Cas de monorail et du train sur pneumatiques

Pour ces systèmes, les pneus en caoutchouc ferment toute possibilité de formation d'un circuit électrique utilisant le rail. A sa place, la détection des trains est réalisée par la méthode spéciale telle qu'expliquée au paragraphe (1), (a).

(b) Cas du train à roues métalliques

Le circuit de voie constitue l'équipement indispensable en tant que dispositif de détection des trains dans le système de signalisation automatique, où deux files de rails, gauche et droite, constituant un circuit électrique sont court-circuitées à l'aide des roues du train et servent ainsi à la détection de celui-ci.

L'exploitation des trains suivant le présent projet fondé sur le système d'électrification à courant continu fournit la plus simple, la plus fiable et la plus économique des solutions de circuit de voie à courant alternatif à fréquence commerciale.

4) Aiguillage

(a) Cas du monorail et du train sur pneumatiques

Pour les deux stations terminus de la place de Makhazine et de Sidi Moumene et pour les stations intermédiaires où s'effectue le rebroussement (station P.S.) ainsi que pour les garages, les aiguilles et croisements comporteront pour leur dispositif d'entraînement un moteur à courant alternatif triphasé.

L'entraînement de cet appareil de voie est soumis à la régulation assurée par un dispositif d'enclenchement réalisant les liaisons d'interverrouillage avec les dispositifs de signalisation ou d'autres aiguillages.

(b) Cas du train à roues métalliques

L'entraînement des aiguilles étant fréquent aux stations précitées et aux garages, il convient de les équiper d'aiguilles électriques afin de réduire le temps d'aiguillage.

La protection sera améliorée, grâce à l'aiguille motorisée qui est capable d'établir des relations d'enclenchement avec les signaux et d'autres aiguilles.

5) Dispositif d'enclenchement

Dans les stations précitées, c'est à dire dans les deux terminus et stations P.S. et dans les garages, la manoeuvre (shunting) étant effectuée, il sera prévu un dispositif d'enclenchement afin de s'assurer de la sécurité de circulation du train. Pour cet appareil, on préconise le dispositif d'enclenchement à relais pour les motifs suivants :

1. Cet appareil étant constitué par un circuit logique à relais ayant la fonction fiable, les relations d'enclenchement avec les dispositifs de signalisation et d'aiguillage se mettent en concordance toujours vers l'impératif de sécurité même en cas de défaut, ce qui rend l'appareil très fiable.

2. Permettant de former rapidement l'itinéraire, l'appareil est adapté à l'exploitation d'une ligne à haute densité de transport.
3. Dans le cas d'une modalité de marche simple, l'incorporation du dispositif de commande automatique d'itinéraire est aisément réalisable.
4. La manipulation est facile, donc préservée contre la fausse manoeuvre du signaleur.
5. L'aménagement de l'appareil par suite de modifications du layout de voies dans les stations ou dans les garages est aisé.

6) Dispositif d'arrêt automatique des trains (ATS)

Le TCR du présent projet étant destiné à un programme de circulation à haute densité, l'ATS est indispensable. Ce dispositif a le pouvoir de faire arrêter automatiquement le train s'approchant d'un signal d'arrêt; à la réception de ce signal une alarme sonore se déclenche, puis si le conducteur reste sans suivre les procédures de freinage dans un temps prédéterminé, le train s'arrête automatiquement.

7) Dispatching (CTC)

Le dispatching est prévu en tant qu'équipement de contrôle de circulation. Ce système est constitué par un dispatching central installé dans le bâtiment administratif du garage-atelier et des appareils de station (terminaux) répartis sur les stations d'enclenchement ou sur d'autres stations.

Le dispatching (CTC) est un dispositif ayant pour fonction soit l'affichage simple des positions des trains circulant ou celui de l'état des signaux et des aiguillages dans des sections déterminées, soit la télécommande. Dans le dispatching central, l'agent de dispatching tient la surveillance concentrée des trains se trouvant dans les sections sous contrôle et s'occupe de la fixation d'itinéraires; une telle concentration des fonctions de dispatching dans une seule

main contribue de beaucoup à l'amélioration du rendement de marche. Par ailleurs, on tiendra compte suffisamment du programme de marche des trains et du système d'exploitation et de gestion, pour l'introduction du dispatching.

8) Dispositif de protection du passage à niveau

Le dispositif de protection du passage à niveau s'impose aux endroits où les rails au niveau du sol croisent à niveau avec une route.

En tant que mesure de prévention des accidents au passage à niveau, l'idéal serait d'y aménager une dénivellation. Cependant, à admettre la réalité qu'il y aura beaucoup de croisements à niveau, la pose d'autant de dispositifs de protection du passage à niveau constitue un moyen nécessaire pour s'assurer de la sécurité, de la stabilité et de la rapidité de la marche des trains.

Le modèle et la taille, etc., du dispositif en question seront déterminés après avoir étudié le taux de risques aux passages à niveau, le volume de trafic routier, la fréquence de transits de trains et de la distance de visibilité au passage à niveau, etc.

9) Installation de la ligne de câble

(a) Cas du monorail et du train sur pneumatiques

Comme câble de transmission de signaux, le câble porteur régional à plusieurs quartes en étoile est à poser sur toute la ligne. Par ailleurs, le câble polyvinyl de signaux sera employé en tant que câble de régulation du signal de manoeuvre et de l'aiguillage. Ces câbles seront posés sur un sack à câble aménagé le long de la partie inférieure de la poutre de roulement dans le cas du monorail.

Pour ce qui est du train sur pneus, les câbles seront renfermés dans des tubages à câble longeant les côtés de la poutre de roulement. Pour les stations, la section souterraine et la section au niveau du sol, ces câbles seront posés sous tubage à câble tant pour le monorail que pour le chemins de fer sur pneumatiques.

(b) Cas du train à roues métalliques

Le câble polyvinyl de signaux est utilisé pour les câbles de régulation de la signalisation et de l'aiguillage ainsi que pour les câbles de transmission du circuit de voie.

Ces câbles sont posés sous tubage pour tous les cas (souterrain, au sol et en élévation).

Par ailleurs, le type de câble destiné au dispatching et au dispositif d'arrêt automatique des trains (CTC et ATS) sera décidé après avoir étudié la caractéristique de transmission de ces appareils une fois retenus.

10) Installation de signalisation dans un garage-atelier

Dans le garage-atelier sont disposés des postes de visite de trains, des voies de remisage, etc.. Afin d'assurer la manoeuvre de changement du train et l'entrée en garage et sortie du train trié, etc., en toute sûreté et avec exactitude sans perdre du temps, on prévoit les équipements de signalisation suivants.

- Dispositif d'enclenchement : type électronique
- Dispositif de signalisation : des signaux de manoeuvre seront installés à la sortie de la voie d'entrée en garage, du faisceau de voies de remisage et des voies de postes de visite. Par ailleurs, un indicateur d'itinéraire sera prévu sur chacun des signaux de manoeuvre utilisés en commun pour plusieurs voies.
- Dispositif d'aiguillage : Aiguille à courant alternatif dans le cas du train à roues métalliques, et un dispositif de commande du moteur d'entraînement de l'aiguille pour le monorail et le chemin de fer pneumatique.

- ATS

: L'ATS en guise de protection contre dépassement sera prévu à l'extrémité des voies de remisage, avec un signal de manoeuvre.

Les emplacements des dispositifs de signalisation sont donnés à Figure 10.5.14 (monorail et pneumatique) et à Figure 10.5.15 (roue métallique).

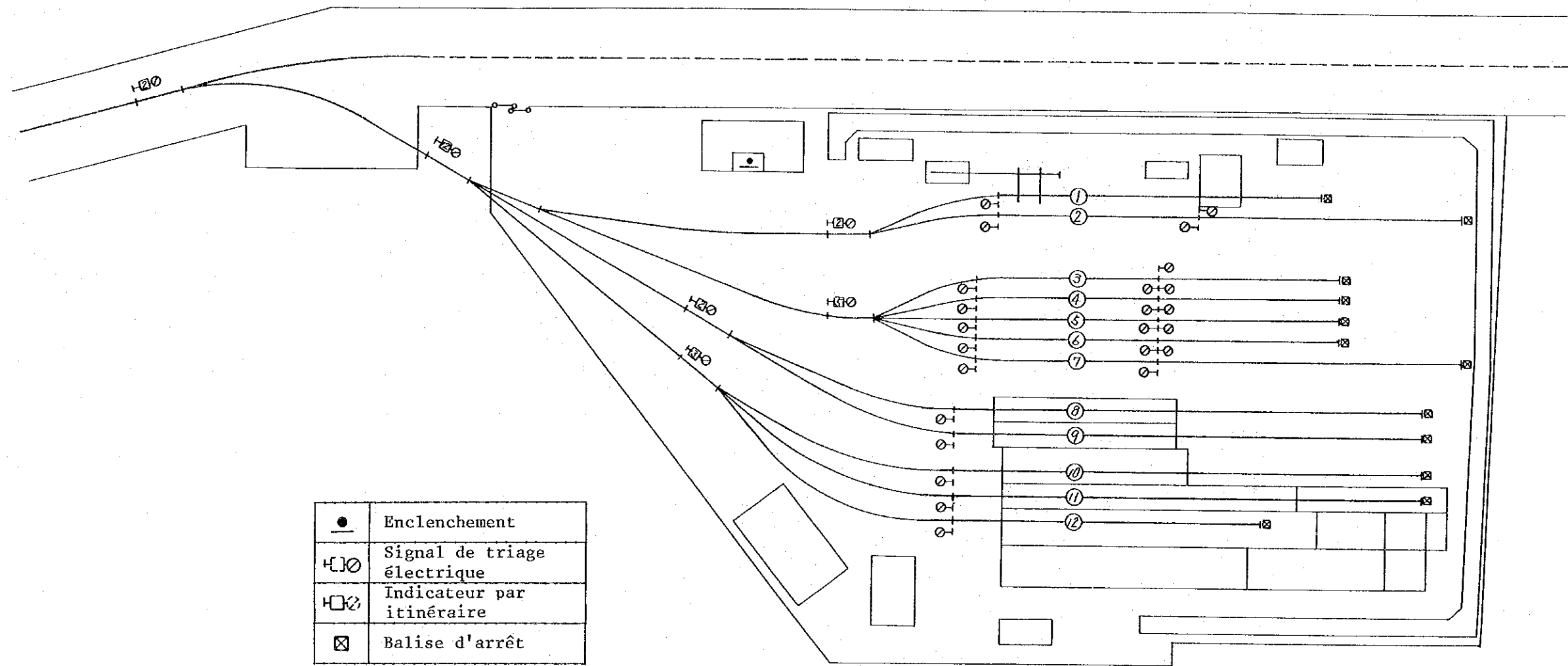


Fig. 10.5.14 Installation de signalisation aux garages-ateliers (monorail)

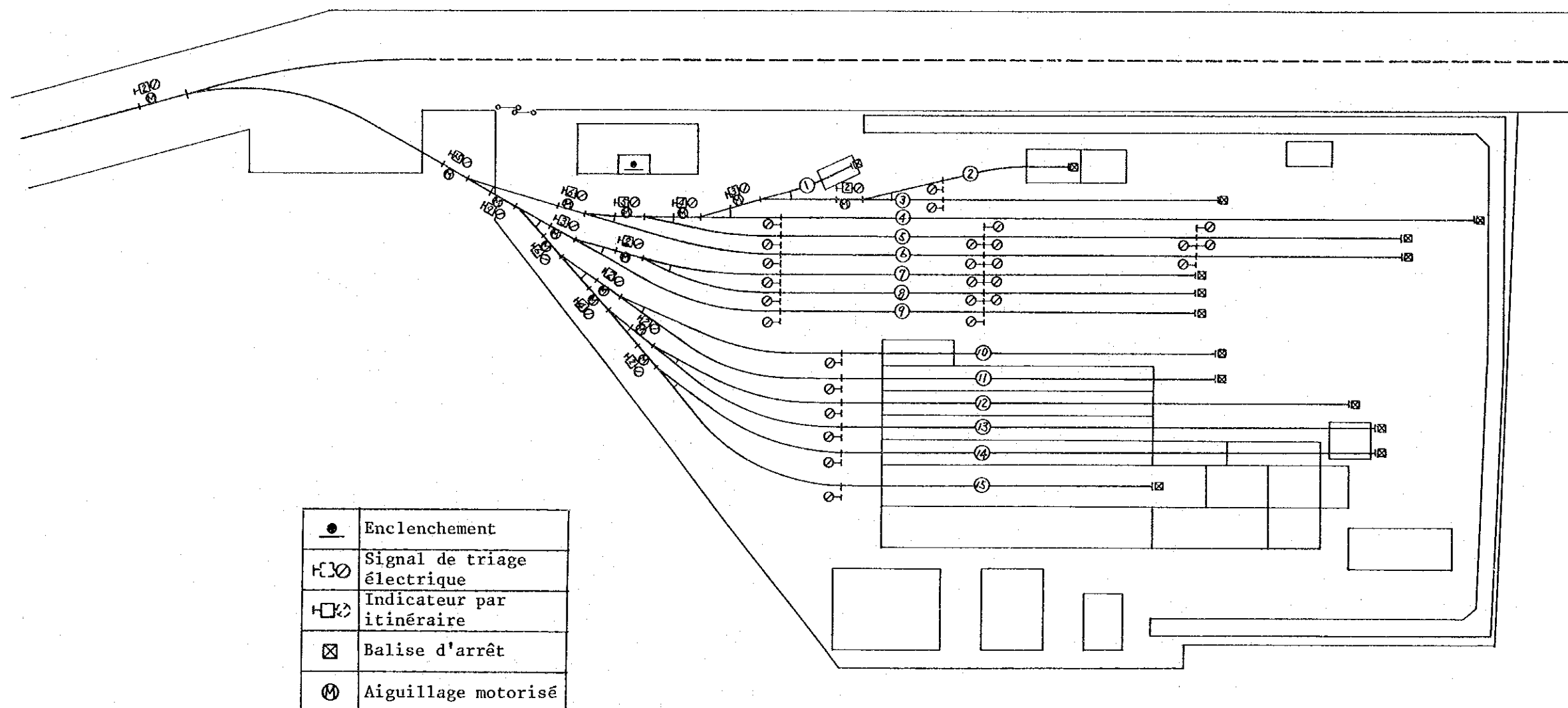


Fig. 10.5.15 Installation de signalisation des garages-ateliers (roue métallique)

10.5.7 Plan de l'installation de télécommunication

Ce plan a pour objectif l'assurance à haute degré de la sécurité et de l'efficacité de l'exploitation, l'amélioration de la qualité des services pour les usagers ainsi que la souplesse dans les actions prises contre les cas d'urgence comme l'incendie.

A cet effet, il sera prévu : l'équipement téléphonique automatique et celui de dispatching, la radio en cabine et la radio portative, l'installation de l'horlogerie électrique, l'installation de diffusion publique, et l'installation automatique de détection/alarme incendie.

1) Préalables à l'étude

L'administration centrale constituant le noyau de l'exploitation et du contrôle des trains et de la maintenance/entretien, etc., sera hébergée dans le bâtiment administratif situé dans l'enceinte du garage-atelier, car son emplacement est en étroite relation avec la fixation de la capacité de l'équipement de transmission et la qualité des lignes de télécommunication.

Les autres services relatifs à l'entretien et aux ateliers seront installés dans de différents lieux du garage-atelier. Les stations sont classées en : stations principales, stations munies d'un dispositif d'enclenchement et stations qui n'en ont pas.

La fonction d'annonce par diffusion radio sera concentrée dans le dispatching central et sera automatisée. Cependant les stations principales et les stations souterraines dotées de l'installation de diffusion publique à haut-parleurs pourront indépendamment assurer l'annonce.

Les emplacements des équipements de télécommunication sont indiqués à Figure 10.5.16 (stations au sol et surélevée) et à Figure 10.5.17 (stations souterraines, etc...).

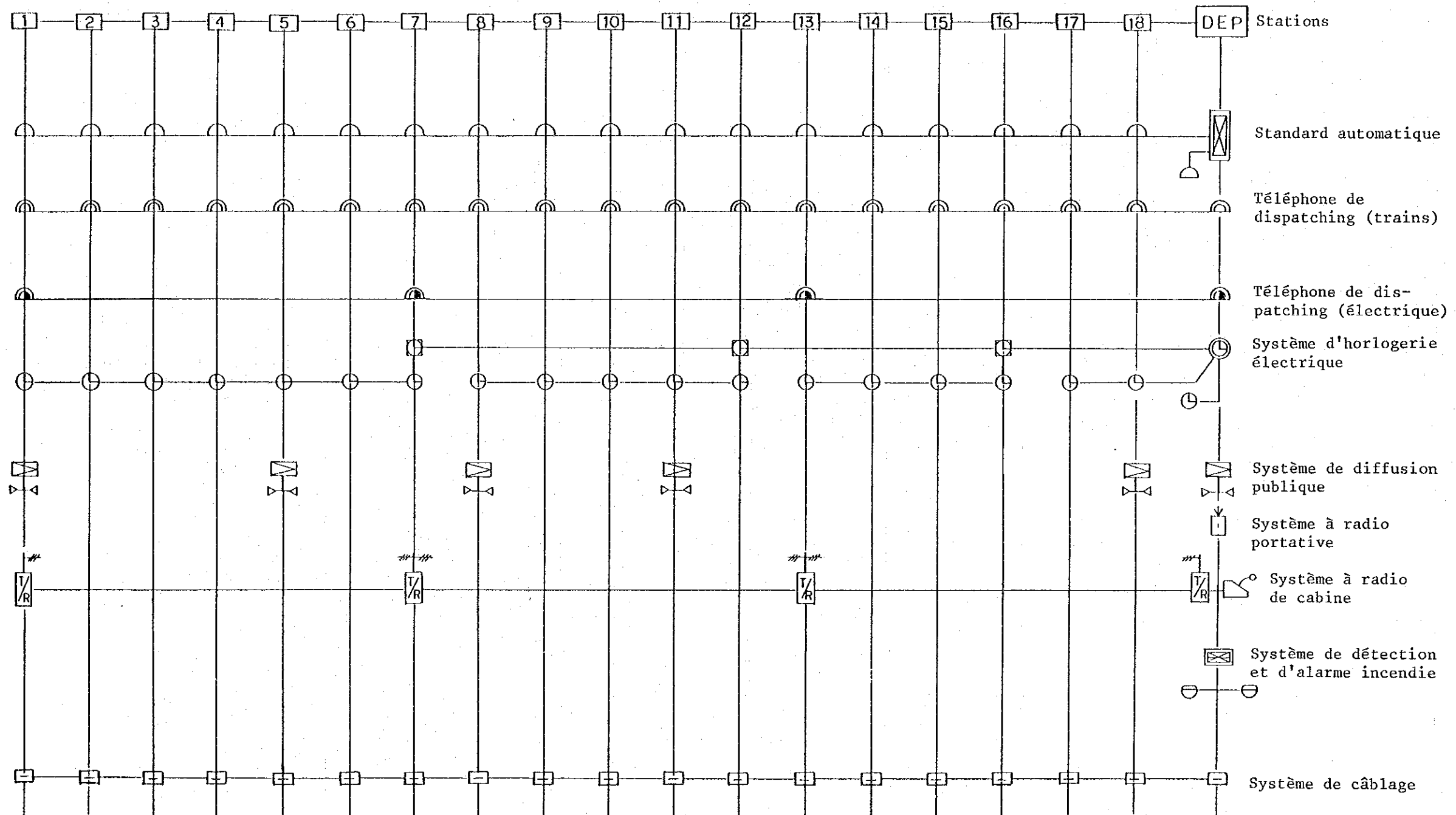


Fig. 10.5.16 Installations téléphoniques A-6

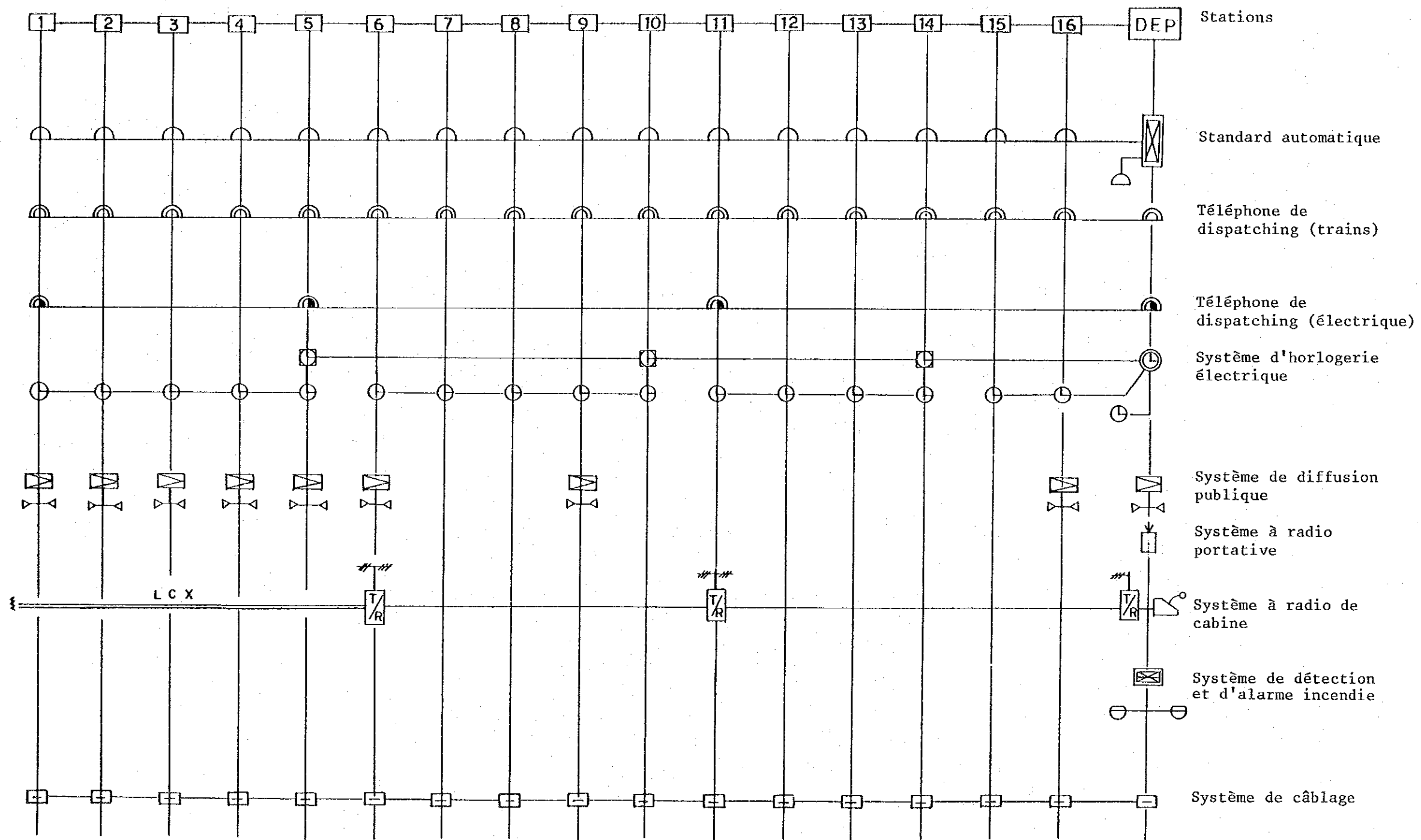


Fig. 10.5.17 Installations téléphoniques B-1

2) Installation téléphonique

Afin de mener à bien l'exploitation du système de transport, l'installation téléphonique automatique et le téléphone de dispatching seront prévus.

a) Installation téléphonique automatique

Le téléphone automatique sera destiné aux communications quotidiennes entre stations et entre les stations et les services concernés de l'administration, etc., le commutateur automatique installé au bâtiment administratif renfermera les lignes d'abonnés. L'ensemble d'installation téléphonique sera constitué par un commutateur électronique (EPABX) et de postes de téléphone d'abonné (ou postes intérieurs); le raccordement aux téléphones publics extérieurs à partir de ces postes sera réalisé par l'intermédiaire du commutateur.

b) Téléphone de dispatching

Quant au téléphone de dispatching des trains, il assure la collecte de données et le dispatching, entre autres, afin d'établir en toute souplesse la gestion d'exploitation des trains et de rétablir la régularité des horaires après un retard ou un accident de trains, etc.

Le téléphone de dispatching électrique sera installé pour assurer la collecte de données et le dispatching nécessaires à la saisie de l'état de distribution énergétique, à l'exploitation et à l'entretien des équipements électriques.

Les deux systèmes téléphoniques de dispatchings seront constitués de postes d'appel individuel qui permettent, à partir du Dispatching central, soit d'appeler individuellement chaque service, soit d'émettre un message à tous les services reliés. De plus, pendant que ces postes ne sont pas appelés du centre, les communications entre postes pourront se faire.

3) Equipements radio

a. Equipement de radio sur train

L'équipement de radio sur train est destiné à la communication de messages entre agent de dispatching des trains et conducteurs de train, en vue de réaliser la montée en rendement des fonctions de marche des trains, l'assurance de la sécurité et du transport régulier, ainsi que l'amélioration des services rendus aux voyageurs. Cet équipement est constitué par un pupitre de commande et un contrôleur central installé dans le Dispatching central, et des postes permanents au sol ainsi que des postes portatifs. La communication entre les postes permanents au sol et les dispositifs de commande au Dispatching central sera assuré par voie de fréquence de parole, à l'aide du câble de télécommunication.

Par ailleurs, dans le tunnel que les ondes n'atteignent pas, la communication sera assurée par pose de câbles coaxiaux de dispersion (LCX).

b. Radio portative

Les postes de radio d'enceinte seront réuqis pour conduire rapidement et avec exactitude toutes les opérations dans le garage, telles que démontage/remontage du matériel roulant et aiguillage, entre autres, et pour assurer des communications et consultations réciproques entre postes de manoeuvre et conducteurs de train et entre ces agents et les services concernés.

4) Système d'horlogerie électrique

Les horloges électriques seront prévues dans chaque poste concerné de l'administration et à chaque station, en vue de garantir la précision de l'horaire des trains et d'améliorer la qualité services et du rendement des fonctions de chaque poste fonctionnel. Il sera

installé dans le local de commutation électrique une horloge maîtresse qui commande par l'intermédiaire d'un tableau de distribution intermédiaire les horloges esclaves prévues aux stations et aux postes fonctionnels.

5) Système de diffusion publique

Le système de diffusion publique assurera l'annonce à haut-parleurs de messages aux stations, messages alertant du train ou d'autres dangers, en surveillant l'approche ou départ de trains ou le flux de voyageurs sur le quai; il sera également utilisé en cas d'urgence pour orienter ceux-ci à l'abri, donc, en somme, pour l'amélioration des services à rendre au bénéfice des voyageurs.

L'équipement sera semi-automatique, commutable de la diffusion automatique à partir du poste central sur la diffusion manuelle dans les stations.

6) Système de détection et d'alarme incendie (système de détection et d'alarme inondation)

Ce système détecte sans tarder l'incendie qui a lieu dans un bureau, etc., pour permettre le déclenchement de la lutte contre l'incendie dans son début, ainsi minimisant les dégâts susceptibles d'être causés par le feu et protégeant la vie humaine.

Le système de détection inondation détectera une inondation éventuelle apparaissant au sous-sol. Ce système permettra la surveillance centrale en permanence.

7) Câbles de télécommunication

Les câbles assurant la liaison entre les différents matériels des installations et systèmes de télécommunication sont les suivants :

1. Les câbles à quartes de bon équilibre de lignes seront utilisés pour réduire des parasites.

2. Quant au pair des câbles de télécommunication on étudiera le nombre de lignes requis et le décidera avec considération de certaines réserves ainsi que de l'augmentation future.

3. Les câbles de télécommunication seront posés sur des racks ou sous les tubages communs avec les câbles de signalisation.

10.5.8 Lignes de transfert faisant obstacle

- 1) A proximité du tracé B, à une distance variable de 2,9 km à 6,0 km, se trouvent des câbles souterrains 60.kV. Ceux-ci pouvant être mis en concurrence avec la structure de fondation du TCR ou en position rapprochée de celui-ci, une consultation suffisante avec la R.A.D. est nécessitée lors de l'exécution des travaux.

- 2) A proximité du tracé B, à une distance de 6,0 km à 7,6 km, se trouve une ligne de transport surélevée 60 kV appartenant à la R.A.D. qui sera enterrée dans un proche avenir par celle-ci. Il est préférable que la R.A.D. tienne compte du présent projet du TCR lors de l'exécution des travaux d'enterrement.

- 3) Actuellement l'avenue A étant traversée de la ligne de transport montrée à Tableau 10.5.3., la position de celle-ci devra être modifiée pour être compatible avec le TCR, pour y ménager une distance suffisante entre le nouveau ouvrage et la ligne. Les travaux d'aménagement seront exécutés par l'ONE suivant la réglementation marocaine et les frais seront compris dans le présent projet.

Tableau 10.5.3 Lignes faisant obstacle (transversales)

Emplacement (indiqué par distances sur le tracé A) en km	Tension en kV	Nombre de lignes
10,0	60	ligne simple x 2
13,1	60	ligne double x 1
13,1	225	ligne simple x 1*
14,5	225	ligne simple x 1*

* L'exploitation actuelle est conduite à 60 kV.

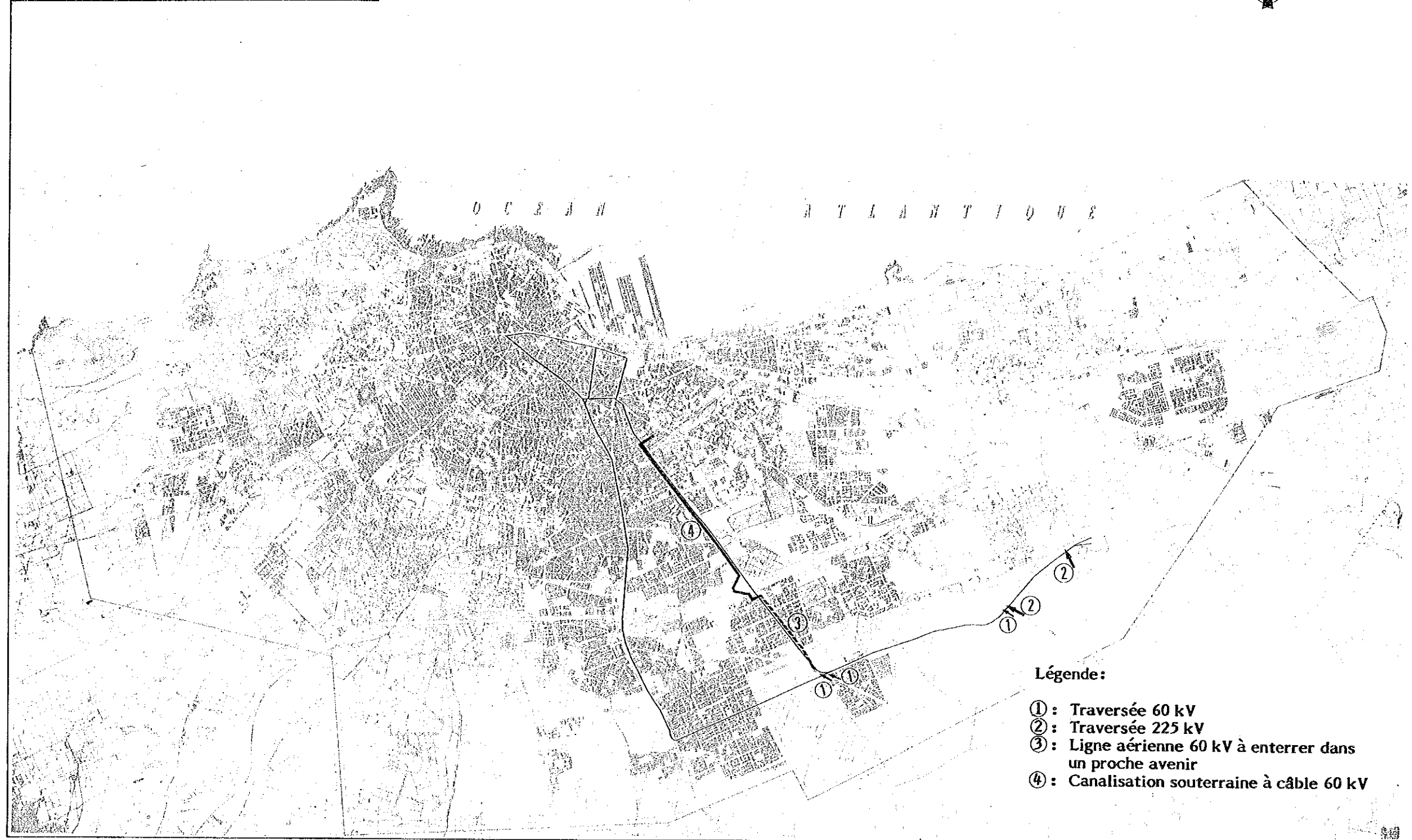
- 4) Les lignes faisant obstacle spécifiées au paragraphes 1) à 3) sont montrées à Fig. 10.5.18.

ROYAUME DU MAROC

PROJET METRO A CASABLANCA

FIG. 10.5.18 LIGNES FAISANT OBSTACLE

JICA AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE



Légende:

- ① : Traversée 60 kV
- ② : Traversée 225 kV
- ③ : Ligne aérienne 60 kV à enterrer dans un proche avenir
- ④ : Canalisation souterraine à câble 60 kV

10.6 Plan du matériel roulant et plan des garages-ateliers

10.6.1 Plan du matériel roulant

Les caractéristiques principales du matériel roulant ayant déjà été traitées au chapitre 7, on procédera dans le présent chapitre à la comparaison des particularités des matériels roulants pour les 3 systèmes de transport qui sont chemin de fer à roues métalliques, chemin de fer sur pneumatiques et monorail, tout en entrant en détail de leurs spécifications.

(1) Conditions de translation

Les Figures 10.6.1 et 10.6.2 indiquent respectivement la distribution des rampes maximales et celle des rayons de courbure minimum qui sont adoptés par les transports urbains de différents pays. En ce qui concerne la rampe maximale, pour le cas du chemin de fer à roues métalliques, 34 villes parmi 41, soit 83 %, adoptent des valeurs situées égales ou inférieures à 40 %. Même pour les villes s'appliquant des rampes supérieures, les déclivités maximales sont limitées plus ou moins autour de 50 %, sauf à Bruxelles où il est adopté 62 % ; pour ces villes avec la forte rampe maximale, les rames sont entièrement constituées par des automotrices.

Par contre, pour le chemin de fer sur pneumatiques, parmi 7 villes qui en sont munies, 4 villes adoptent une rampe maximale comprise entre 65 et 70 %, 3 autres entre 40 et 48 % ; ces valeurs sont plus élevées que celles des chemins de fer à roues métalliques. Ceci est justifié par le fait que les pneus possèdent une caractéristique d'adhésion plus élevée que celle des roues métalliques.

a. Fixation de la rampe maximale pour le chemin de fer à roues métalliques

Les rampes maximales les plus fortes adoptées pour les chemins de fer urbains de ce type sont limitées autour de 50 %, mais sous réserve que les rames soient entièrement constituées des voitures automotrices, ce qui veut dire que la solution n'est pas économique à cause de l'énorme investissement qu'elles entraînent. Il est préférable de trouver une solution plus économique dans le sens de la diminution, dans la mesure du

possible, du nombre d'automotrices constituant une rame, et cette solution semble être bien réalisable si l'on tient compte du progrès récent considérable dans l'amélioration des performances du matériel roulant.

Le Tableau 10.6.1 reprend le résultat d'un calcul de la caractéristique de translation sur pente dans le cas où le nombre d'automotrices constituant une rame est diminué de moitié, c. à d. avec une rame de 2M 2R, où R représente les remorques. Dans cette hypothèse, on considère le cas où, après la panne d'une des deux automotrices, on est contraint à démarrer sur la pente avec 1M 3R ; le résultat montre que, jusqu'à une rampe de 40 %, avec les voitures pleines, une accélération au démarrage égale ou supérieure à 0,3 km/h/s est obtainable, donc le train peut s'en tirer. Cependant, on ne peut se contenter de ce résultat du calcul, puisqu'au delà de 45 % il n'est plus possible d'espérer l'accélération de 0,3 km/h/s à l'état des voitures pleines de voyageurs. Il convient d'ajouter qu'exactement le même état de chose se reproduit lorsque les deux automotrices tombent en panne et que l'on doit pousser la rame immobilisée à l'aide du train suivant. Partant de ces considérations, on fixe, pour le présent projet, la rampe maximale à 40 % pour le système à roues métalliques dont la rame sera constituée de 2 automotrices plus 2 remorques (2M2R).

b. Fixation de la rampe maximale pour le chemin de fer sur pneumatiques

Pour le chemin de fer sur pneumatiques ainsi que pour le monorail, la limite supérieure de la rampe maximale retenue est de 60 %, tenant compte de la haute adhésivité qu'offrent les pneus.

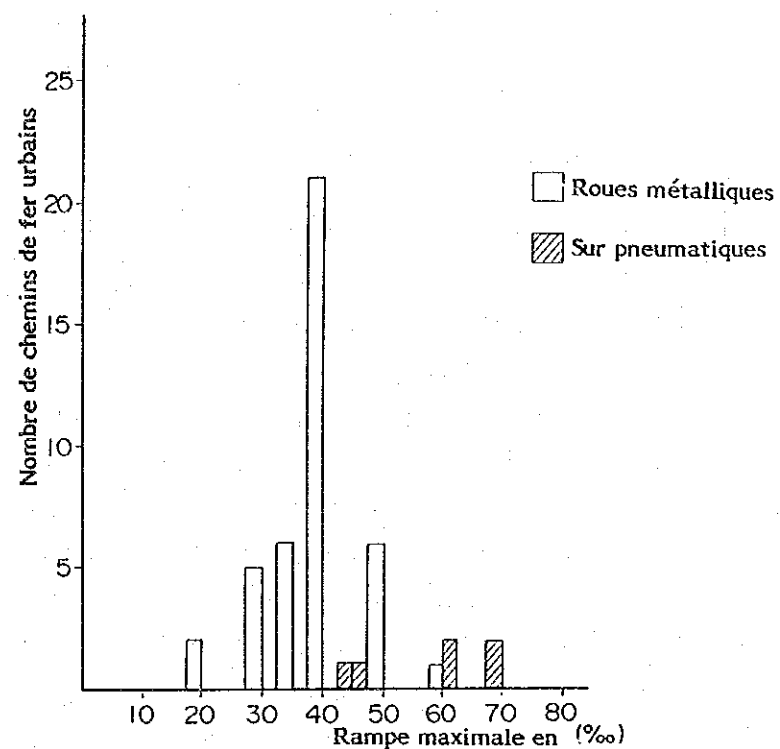


Fig. 10.6.1 Différents chemins de fer urbains et leur rampe maximale

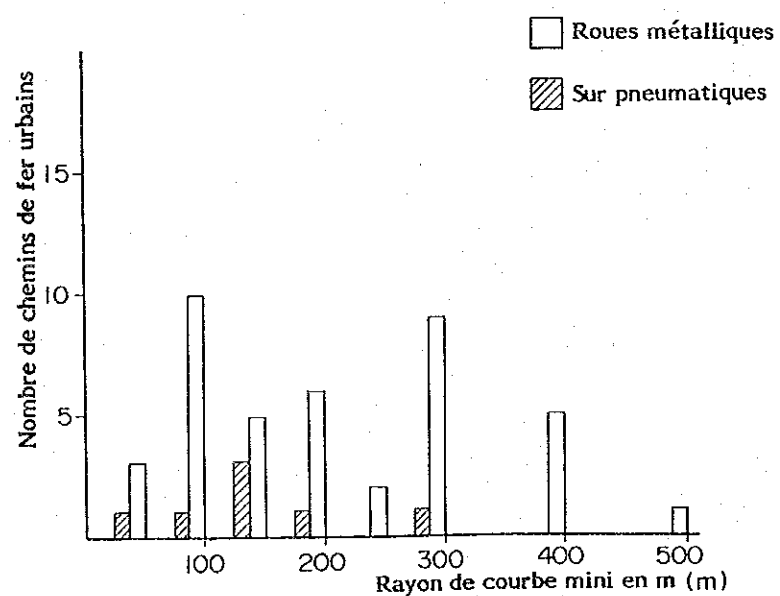


Fig. 10.6.2 Différents chemins de fer urbains et leur rayon de courbure minimum

Tableau 10.6.1 Performances du matériel roulant en translation sur un tronçon avec déclivité

Item		Déclivité			Observations
		35 ‰	40 ‰	45 ‰	
Degré d'occupation d'espace		Espace pour passagers debout : 0,10 m ² /personne Taux d'occupation d'espace : 246 %			
Nombre de passagers	Aux heures normales	384 (Rame de 4 voitures : 2M2R)			
	Aux heures d'affluence	944			
Poids en t	Masse à vide	109 (Rame de 4 voitures : 2M2R)			
	Poids des passagers	56,6			60 kg/personne
	Poids de la rame + passagers	165,6			
Accélération en km/h/s	Lors de suppression de 1 M (rame de 1M3R)	0,61 ⊙	0,45 ⊙	0,28 ▲	Auto-roulement avec 1 M tombée en panne
	En cas de secours (2M6R)	0,61 ⊙	0,45 ⊙	0,28 ▲	Cas où 2 auto-motrices sont tombées en panne.

Nota : Force de traction d'un moteur principal : 2 350 kg/MM
Résistance au démarrage : 3 kg/t

(2) Performances du matériel roulant

Le Grand Casablanca s'étant développé sur une colline, son terrain est accidenté. Du terrain bas longeant la côte, où est formé centre ville au haut plateau situé dans la banlieue de sud, il y a une différence d'altitude correspondant à environ 150 m, différence remplie d'une série de pentes souvent très fortes. Aussi sur les deux tracés, A et B, qui ont été retenus par la présente investigation effectuée sur place, des pentes escarpées atteignant partiellement 40 à 60 ‰ se prolongent sur 500 à 700 m. Quant à

la distance entre stations, par souci du maximum de convenance à offrir à ce système de transport urbain, il a été retenue une interstation plus courte dans la ville même (500 m) que dans les banlieues (1 km environ). Pour le matériel roulant à desservir de telles sections de ligne, il est exigé à la fois des caractéristiques d'accélération et de décélération très performantes, à quoi s'ajoute une vitesse maximale suffisamment grande. Tenant compte de la caractéristique d'adhésion ainsi que de l'économicité du matériel roulant, les performances de celui-ci retenues pour chaque système sont représentées à Tableau 10.6.2.

Tableau 10.6.2 Performances retenues pour chaque type de matériel roulant

Performances		Système	Matériel à roues métalliques	Matériel sur pneumatiques
Vitesse maximale (km/h)			80	80
Accélération (km/h/s)			3,0	3,5
Décélération (km/h/s)	Maxi de service		3,0	4,0
	Freinage d'urgence		3,5	4,5

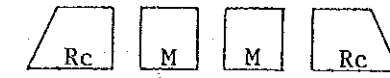
(3) Dimensionnement du matériel roulant

a. Composition des trains

Selon le volume transport prévisible et le programme de transport retenu, une rame de 4 voitures a été retenue comme base. Suivant que ce soit le chemin de fer à roues métalliques ou celui sur pneumatiques, le mode de constitution de la rame se diffère comme suit.

- Dans le cas de la solution à roues métalliques, le rapport en nombre d'automotrices et de remorques (rapport M/R) sera de 1. Dans cette rame, les remorques seront munis de la cabine de conduite et disposés aux extrémités, tandis que les automotrices viennent en position intermédiaire.

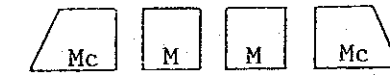
Constitution de la rame : 2M2R



Rc : Remorque avec conducteur
M : Automotrice

- Quant au chemin de fer sur pneumatiques, la rame entièrement constituée d'automotrices est justifiée par la nécessité de disséminer les équipements due à la contrainte de l'espace prévu pour ceux-ci, d'une part, et par la nécessité de tirer le maximum des roues hautement adhésives et des caractéristiques d'accélération et de décélération propres à ce matériel roulant.

Constitution de la rame : 4M.



Mc : Automotrice avec conducteur
M : Automotrice

b. Le gabarit de matériel et le gabarit de passage libre

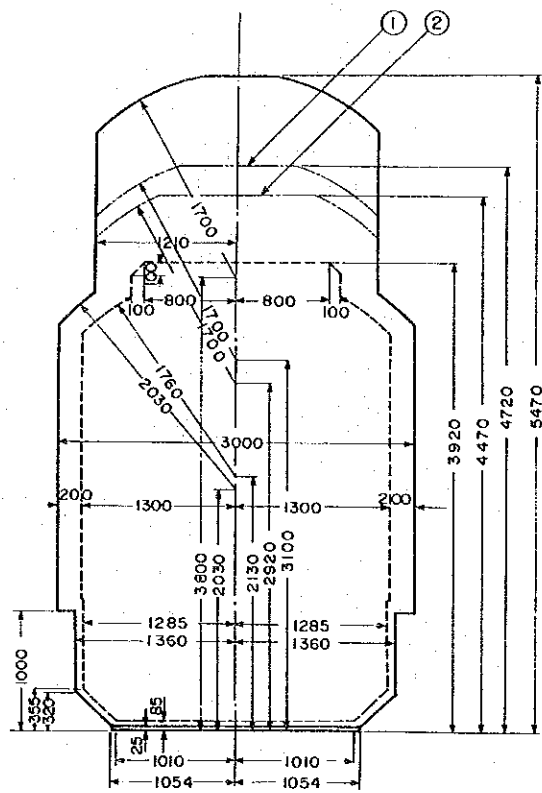
Tenant en compte de ligne des facteurs tels que la demande du transport, de l'aspect économique des ouvrages d'infrastructure et des rayons de courbure minimum des Tracés A et B, des voitures de petite taille ont été retenues. Pour le chemin de fer à roues métalliques et pour celui sur pneumatiques, ainsi que pour le monorail sur poutre, la Figure 10.6.3 illustre les relations entre le gabarit de matériel et le gabarit de passage libre. Il convient de préciser que, dans ces dessins, le système à roues métalliques et le monorail sont représentés au sol tandis que le chemin de fer sur pneumatiques l'est en tronçon souterrain.

c. Dimensions du matériel roulant et nombre de passagers

La Figure 10.6.4 représente un schéma d'encombrement pour chacun des matériels roulants. Les dimensions de ces voitures ainsi que le nombre de passagers prévues pour chacune d'elles sont tels que définis dans le Tableau 10.6.3. Quant au nombre de portes, 3 portes (d'un côté par voiture) ont été retenues pour le chemin de fer à roues métalliques et 2 portes (le même principe) tant pour le chemin de fer sur pneumatiques que pour le monorail.

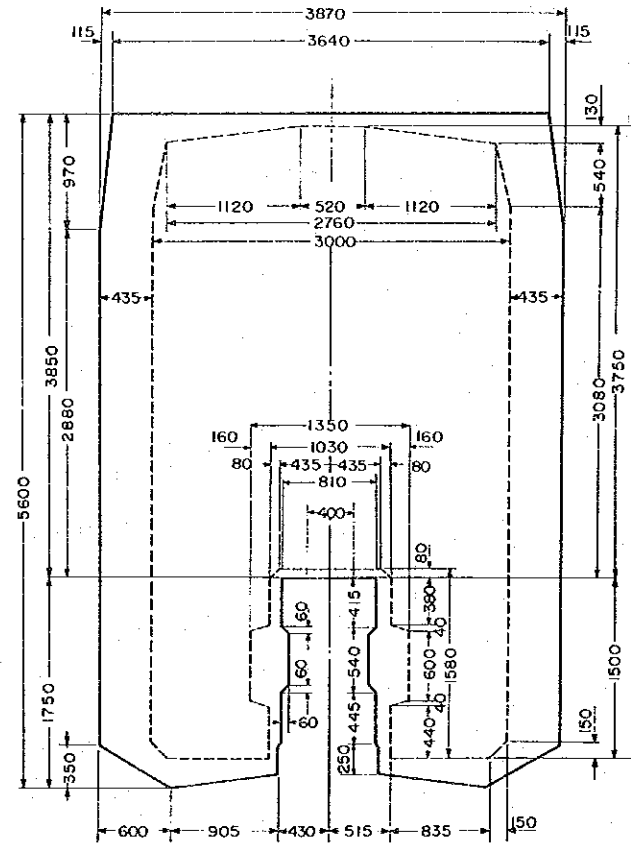
a. A roues métalliques

En tronçon au sol



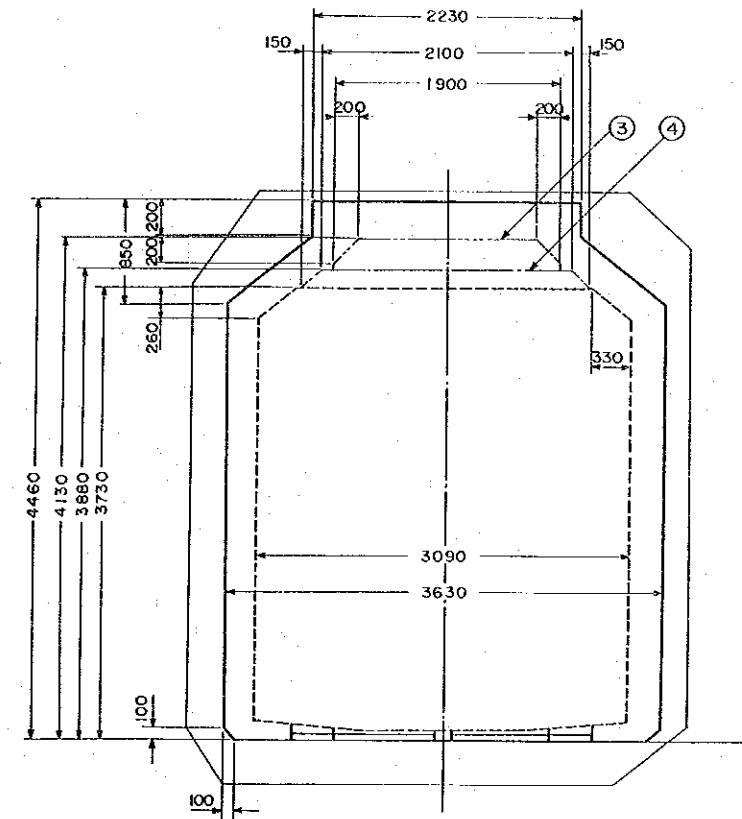
b. Monorail

En tronçon au sol



c. Pneumatiques

En tronçon souterrain



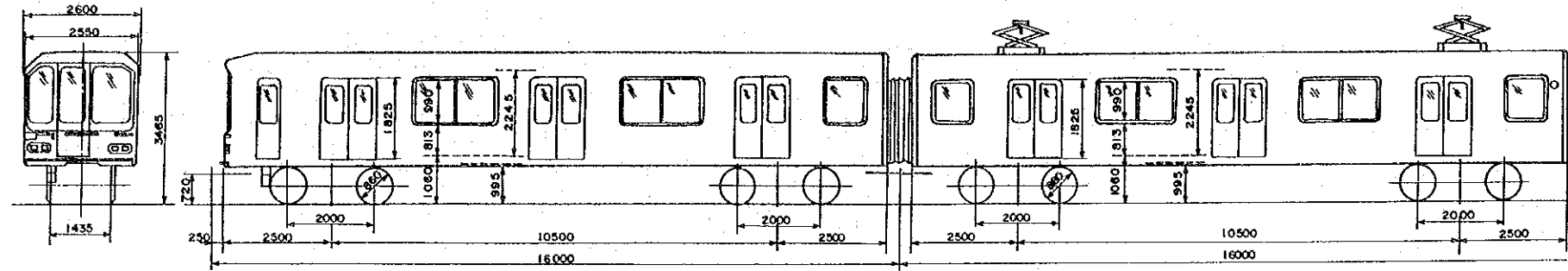
- ①... Ce gabarit de passage libre est compressible devant toutes nécessités, si occasionnées, sous les ponts, passerelles, ouvrages surélevés pour montée et descente, ouvrages saillants ou dans les tunnels courts, et avant et après tous ces ouvrages d'art.
- ②... Ce gabarit de passage libre est compressible devant les nécessités, si occasionnées, dans les tunnels (saufs les tunnels courts) et avant et après ceux-ci.

— Gabarit de passage libre
 - - - Gabarit de matériel

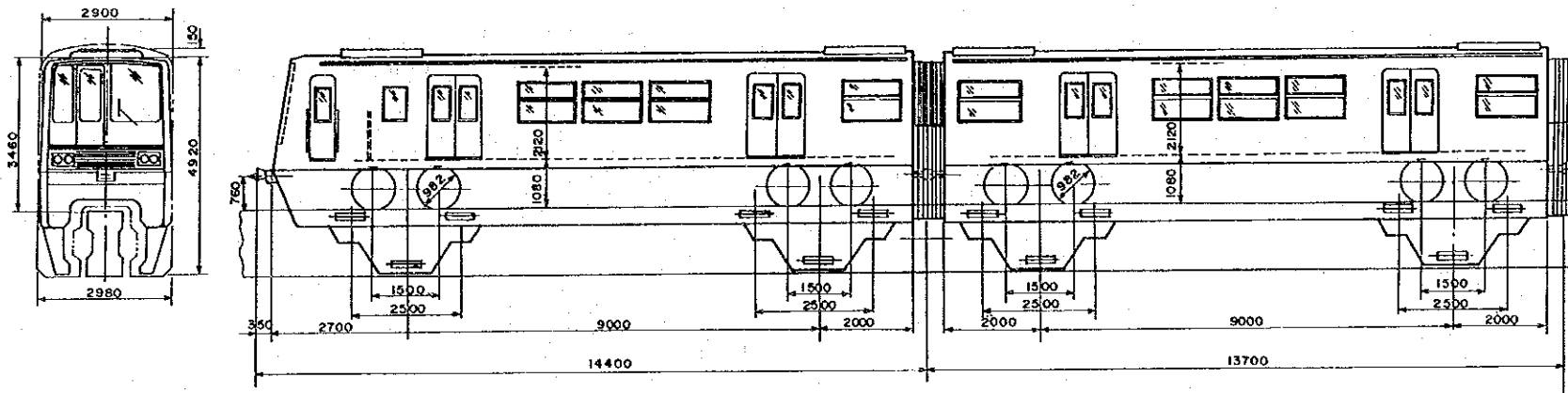
- ③... Echelle de manoeuvre de pantographe (surface inférieure de la caténaire)
- ④... Surface supérieure du pantographe en position rabattue.

Fig. 10.6.3 Gabarit de passage libre et gabarit de matériel

a. Petite voiture à roues métalliques



b. Voiture du monorail sur poutre



c. Voiture du chemin de fer sur pneumatiques

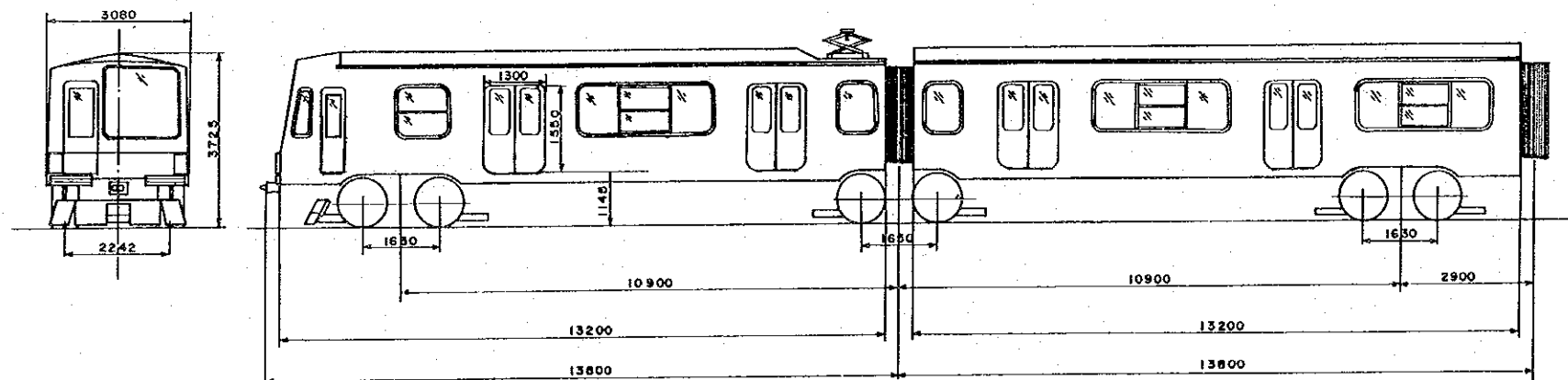


Fig. 10.6.4 Schémas d'encombrement des matériels roulants

Tableau 10.6.3 Dimensions du matériel roulant

Système		A roues métalliques	Sur pneus en caoutchouc		Observation	
			Chemin de fer sur pneumatiques	Monorail sur poutre		
Cote (long. x large. x haut.)		16,0x2,6x3,5	13,8x3,0x3,7	14,1x2,9x3,6		
Nombre de passagers par voiture	Heures normales : 100%	Assis	40	37	37	Espace debout : 0,35m ² /pers.
		Debout	56	55	53	
		Total	96	92	90	
	Aux heures d'affluence relative : 190 %	Assis	40	37	37	Espace debout : 0,14m ² /pers.
		Debout	140	138	133	
		Total	180	175	170	
	Aux heures de pointe : 250 %	Assis	40	37	37	Espace debout : 0,10m ² /pers.
		Debout	196	193	186	
		Total	236	230	223	
Nombre de portes (un côté/voiture)		3	2	2		

d. Poids du matériel roulant et matière de la caisse de voiture

La déclivité moyenne qui règne du centre ville à un terminus Sidi Moumene est d'environ 13 % pour le Tracé A et d'environ 16 % pour le Tracé B, qui sont assez importantes. Pour pouvoir assurer les parcours de telles sections vallonnées, on doit s'attendre à ce que les frais d'énergie de conduite occupe une part énorme dans le coût global d'exploitation. Ceci nous commande à rechercher un allègement de la voiture poussé à l'extrême dont le matériau recommandé est un alliage léger. Le choix d'un alliage léger de bonne tenue à la corrosion procure un autre allègement : celui de l'entretien de la caisse de voiture. Le Tableau 10.6.4 indique les poids de ces voitures.

Tableau 10.6.4 Poids du matériel roulant

Système	Roues métalliques	Pneus en caoutchouc		Observation
		Chemin de fer sur pneumatiques	Monorail sur poutre	
Poids/rame (t)	109	80	104	Une rame de 4 voitures
Charge sur essieu (t)	12	12	10	

e. Systèmes de régulation

Le choix du système de régulation est essentiel dans l'étude des spécifications du matériel roulant, car il influe énormément sur le cumul des frais entraînés par l'exploitation du matériel pris dans tout cycle de sa vie.

Il se présente plusieurs types de régulation : la régulation rhéostatique traditionnellement adoptée pour le chemin de fer, d'une part, la régulation par hacheur utilisant soit l'élément de thyristor, soit l'élément G.T.O. et l'onduleur V.V.V.F. (Voltage variable fréquence variable). Ces deux derniers vont en se développant très vite récemment et sont désignés ci-après sous le vocable de régulation à thyristor. Les avantages comparés de ces deux grandes catégories de régulation par système de transport urbain sont repris à Tableau 10.6.5. Comparée à la régulation rhéostatique, les avantages de la régulation à thyristor peuvent se résumer comme suit :

- Etant d'une régulation en continu, elle procure une haute adhésivité ;
- Très fiable, avec l'entretien facile, grâce à la suppression des contacts dans l'équipement ;
- L'emploi du frein à récupération permet l'économie de la consommation d'énergie. Cet effet est particulièrement précieux si l'on pense à la part non-négligeable des frais d'énergie pour exploiter les présents tracés.

En revanche, l'inconvénient est le coût d'investissement onéreux en cas de nouvelle fabrication, mais celui-ci est bien compensé dans l'ensemble du coût de cycle de vie (30 ans), incluant le coût de nouvelle fabrication, les frais de maintenance, les frais d'énergie et les frais d'équipements de visite et de réparation. Ces avantages qui reviennent à la régulation à thyristor à la longue, valent tant au matériel à roues métalliques (2M2R) qu'aux voitures sur pneumatiques, et ceci a justifié le choix fixé définitivement sur ce mode de régulation.

Tableau 10.6.5 Appréciation comparative des différents systèmes de régulation par type de matériel

Type Régulation		Chemin de fer à roues métalliques			Chemin de fer sur pneumatiques		Monorail		
		Rhéostatique : 4M	Rhéostatique : 2M2R	à thyristor : 2M2R	Rhéostatique : 4M	à thyristor : 4M	Rhéostatique : 4M	à thyristor : 4M	
Performances	Marche en déclivité	≤ 60 ‰	▲	▲	▲	○	○	○	○
		≤ 40 ‰	○	▲	○	○	○	○	○
	En cas de panne d'une automotrice	○	▲	○	○	○	○	○	○
Fiabilité		▲	▲	○	▲	○	▲	○	
Longévité		▲	▲	○	▲	○	▲	○	
Maintenance		▲	▲	○	▲	○	▲	○	
Aspect économique	Coût de nouvelle fabrication	512	404	496	491	532	551	591	
	Frais de maintenance	290	230	204	289	263	289	263	
	Frais d'énergie	405	368	263	487	341	527	373	
	Coût d'équipements de réparation	98	98	98	51	51	51	51	
	Total	1305	1100	1061	1318	1187	1418	1278	
	Appréciation économique des voitures	▲	○	○	▲	○	▲	○	
Appréciation globale		▲	▲	○	▲	○	▲	○	

en million de DH

Nota : Préalables pour le calcul de rentabilité

Cycle de vie : 30 ans
Parc : 76 voitures

Légende

○	Excellent	▲	Assez bon
○	Bon	▲	Non recommandé

f. Etude sur les équipements de confort

1) Climatisation

Des ventilateurs prévus remplaceront la climatisation pour les raisons suivantes :

- La chaleur accablante ne durant que trois mois tout au plus à travers l'année et l'humidité restant relativement basse, un aérage suffisamment énergique peut remplacer la climatisation sans pour autant sacrifier le confort des voyageurs.
- Si la climatisation est assurée dans une partie des trains à longue distance de l'O.N.C.F., il n'est pas le cas pour les T.N.R. (Trains Navettes Rapides) desservant le tronçon Casablanca-Rabat justement en raison de la courte distance.

2) Siège

Pour le siège, le type banquette est adopté pour les considérations suivantes :

- il serait raisonnable de réserver l'espace le plus ample possible pour les voyageurs debout, venant s'affluer aux heures de pointe ;
- rester debout ne leur infligera pas trop de peine, car le trajet est court.

3) Cabinets de toilettes et lavabos

Ni cabinet de toilettes ni lavabo n'est prévu pour les raisons suivantes :

- les trajets sont courts, s'agissant d'un transport urbain ;
- Chaque station sera équipée de ces installations de commodité.

10.6.2 Plan de visite et de réparation du matériel roulant

(1) Philosophie

Dans le cadre de l'établissement des programmes de visite et de réparation du matériel roulant du système de transport en étude, c'est en principe la maintenance préventive qui sera mise en application systématiquement. Pour les équipements de haute fiabilité, l'effort sera entrepris dans le sens de simplification de l'entretien dans la mesure du possible et, en même temps, dans le sens d'allongement de la périodicité des visites et des réparations du matériel roulant.

(2) Catégories de visite et de réparation

Les visites et les réparations ayant pour but de maintenir le matériel roulant en bon état de fonctionnement, pourront être fonctionnellement décomposées, grosso-modo comme suit :

- 1) Visite et entretien quotidiens à effectuer en étroite relation avec la marche du train ;
- 2) Visite et intervention périodiques dans le cadre de la maintenance préventive.
- 3) Visite et réparation à effectuer ponctuellement selon le besoin.

Le Tableau 10.6.6 établit la comparaison du système de visite marocain à celui pratiqué au Japon. A l'ONCF comme à JNR, les gestionnaires penchent énergiquement sur le plan tendant à amplifier l'intervalle des deux visites et à prolonger le kilométrage en matière de maintenance, en se basant sur des expériences acquises.

(3) Périodicité des visites et des réparations du matériel roulant

En tenant compte de l'évolution du système des visites et des réparations adopté au Japon et au Maroc, les périodicités en question ont été fixées comme les indique le Tableau 10.6.7.

Tableau 10.6.6 Comparaison des systèmes de visite et réparation

Pays Type Système		J a p o n		M a r o c	
				Nouveau modèle	Vieux modèle
Chemin de fer à roues métalliques	Locomotive électrique	<p>①: Visite journalière 3 jours ②: Visite complète 3 mois ③: Visite des bogies 18 mois 200.000 Km ④: Révision générale 6 ans 800.000 Km</p>	<p>①: Visite des filtres 3 jours ②: Visite mensuelle 3 mois ③: Révision limitée 4 ans 500.000 Km ④: Révision générale 8 ans 1.000.000 Km</p>		
	Automotrice	<p>①: Visite journalière 3 jours ②: Visite complète 3 mois ③: Révision limitée 3 ans 400.000 Km ④: Révision générale 6 ans 800.000 Km</p>	<p>①: Visite journalière à l'arrivée ②: Visite mensuelle 4 mois ③: Révision limitée prévue 1.000.000 km ④: Révision générale indéterminé</p>	<p>①: Visite journalière 1-2 jours ②: Visite mensuelle -1 2 mois ③: Visite mensuelle -2 4 mois ④: Visite annuelle -1 1 an ⑤: Visite annuelle -2 2 ans ⑥: Révision limitée 4 ans 500.000 Km ⑦: Révision générale 8 ans 1.000.000 km</p>	
	Chemin de fer sur pneumatiques et monorail sur poutre	<p>①: Visite journalière 2 jours ②: Visite complète 2 mois ③: Révision limitée 2 ans 300.000 Km ④: Révision générale 4 ans</p>			

Tableau 10.6.7 Système des visites et des réparations du matériel roulant (I)

Catégorie	Item	Périodicité				Contrôle en concret
		en temps		en kilomètre		
		Roues métalliques	Pneus	Roues métalliques	Pneus	
Visite	Visite journalière	≤ 3 jours	≤ 2 jours	≤ 1 600 km	≤ 1 200 km	Contrôle visuel pour vérifier l'état et le fonctionnement : captation électrique, mise à la terre, bogie/Équipement de translation, frein, coupleur, dispositif de fermeture de porte, etc.
	Visite mensuelle	≤ 4 mois	≤ 3 mois	≤ 35 000 km	≤ 25 000 km	Contrôle du fonctionnement et de la fonction à l'état monté : captation électrique, moteur principal, dispositif de commande, bogie/équipement de translation, dispositifs de sécurité et dispositif de fermeture de porte, etc.
Réparation	Révision limitée	≤ 4 ans	≤ 3 ans	≤ 400 000km	≤ 300 000km	Contrôle, après démontage, de l'état et du fonctionnement des composants principaux : captation électrique, moteur principal, dispositif de commande, bogie/équipement de translation, coupleur, caisse, dispositif de fermeture de porte, dispositif de sécurité, équipement d'annonce, etc. Quant aux équipements électriques, la mesure de résistance d'isolement. A la fin du contrôle global, on procède à la marche d'essai.

Système des visites et des réparations du matériel roulant (II)

Catégorie	Item	Périodicité				Contrôle en concret
		en temps		en kilomètre		
		Roues métalliques	Pneus	Roues métalliques	Pneus	
Réparation	Révision générale	≤ 8 ans	≤ 6 ans	≤ 800 000km	≤ 600 000km	Contrôle soigneux de l'état et du fonctionnement des mécanismes après démontage : captation électrique, moteur principal, dispositif de commande, bogie/équipement de translation, coupleur, caisse, dispositif de fermeture de porte, dispositif de sécurité, lampes témoin, groupe de secours, batterie, etc. diélectrique après mesure de résistance d'isolement pour les équipements électriques. A la fin du contrôle global, on procède à la marche d'essai.
	Peinture caisse		Selon le besoin		Au moment où les couleurs de la caisse se sont révélées dégradées.	
Divers	Contrôle extraordinaire		Selon le besoin		Contrôle extraordinaire de l'état et du fonctionnement de parties ou de l'ensemble des voitures, à effectuer notamment : - lors de la fabrication ou l'achat de celles-ci ; - lors d'une collision ou d'autres incidents graves ; - après 6 mois ou plus d'arrêt.	
	Contrôle pneus et changement de pneus (en caoutchouc)	-	≤ 1 mois	-	≤ 12 000 km	Contrôle des pneus (de translation en principe) : mesure de l'usure, détection de criques, avaries et déformations, contrôle de pression interne sur toute la circonférence du pneu, afin d'établir la prochaine période de changement. Si besoin est, on procède au changement immédiat.

10.6.3 Plan des garages-ateliers

L'étude ci-après porte sur les garages-ateliers indispensables pour s'assurer de la capacité de transport telle que définie dans le programme de transport et pour réaliser un transport aussi stable que sûr.

(1) Emplacement des garages-ateliers

La zone de Sidi Moumene où devra venir une extrémité du tracé étant en pleine restauration urbaine, on a été amené à tenir compte, dans la fixation de l'emplacement des garages-ateliers, du projet d'aménagement urbaniste et du projet d'aménagement des canalisations de l'eau potable et de l'égout pour ce district. Sur la base de l'investigation effectuée sur le site et des discussions entretenues avec des responsables de la ville, nous avons étudié l'emplacement en question, tenant compte de l'environnement riverain et des surfaces disponibles pour le site, etc., pour lui assigner le terrain remblayé dans l'enceinte de l'ancienne carrière abandonnée dans le district de Sidi Moumene.

(2) Fonctions des garages-ateliers

Le système de transport de projet étant prévu pour la desserte des zones urbaines relativement limitées, il paraît avantageux de concentrer de différentes fonctions, dans la mesure du possible, en vue d'exploiter le système de manière rationnelle. L'étude s'oriente donc vers la dotation en fonctions du système de transport des garages-ateliers prévus sur de vastes surfaces. Ces fonctions à y concentrer, telles que conçues par l'étude, sont : la gestion globale, le contrôle de la circulation, la gestion énergétique, la mise en garage, ainsi que des fonctions entretien du matériel roulant, des câbles, des rails et des bâtiments, entre autres.

(a) Fonctions de gestion globale

L'exploitation et gestion globales seront assurées à partir d'un bâtiment administratif central qui sera doté des installations suivantes :

- Bureaux renfermant les services ou divisions (administration générale, transport, technique...)

- Local de commande de trafic générale lançant l'ordre de conduite et l'ordre de distribution d'énergie, etc.
- Local d'administration des conducteurs receveurs
- Installations d'hébergement
- Local à appareillage de signalisation et local à équipements de télécommunication
- Installations diverses

(b) La mise en garage (stationnement) du matériel roulant et les fonctions entretien du matériel roulant.

Les différentes installations et équipements nécessaires à l'entretien du matériel roulant sont les suivants :

- la gare de triage avec voies de stationnement
- un bâtiment de visite du matériel roulant avec équipements de visite nécessaires
- un atelier de réparation du matériel roulant avec équipements d'intervention nécessaires
- équipements de lavage et équipements de peinture du matériel roulant
- un poste de remplacement de pneus ainsi qu'un magasin à pneus (seulement lorsque la solution avec chemin de fer sur pneumatiques ou celle avec monorail est retenue).

(c) Fonctions entretien des installations électriques et des rails

Il sera prévu toutes installations requises pour l'entretien des voies électriques, comprenant les équipements de signalisation et de télécommunication, les aiguillages, les sous-stations et les caténaires, etc., ainsi que des installations de voie de translation telles que poutres de translation, poteaux (ou rails-traverses) et des équipements auxiliaires relatifs, qui sont :

- local du personnel d'entretien des installations électriques et de voies de translation avec atelier de contrôle/réparation des pièces
- sous-station alimentant les sections de ligne et des garages-ateliers

- des dépanneuses assurant visite et intervention sur voies électriques et voies de translation ainsi qu'atelier pour ces dépanneuses

(d) Divers

- magasin à matériaux
- salle de distribution électrique et installation de traitement des eaux usées
- installations auxiliaires telles que cantines, douches, etc.
- parkings, dépôts à moto.
- Dans le cas du monorail :
 - . Dépôt à poutrelles de secours à mobiliser en cas d'accidents, etc.
 - . Equipement de fabrication de poutres de translation en cours de construction (équipement de bétonnage).

(3) Dimensionnement des garages-ateliers

Les garages-ateliers ont été dimensionnés comme suit :

a. Parc du matériel roulant (à l'horizon 2005).

Le parc de voitures calculé à partir du programme de transport est tel qu'indiqué à Tableau 10.6.8.

Tableau 10.6.8 Parc de matériels roulants (à l'horizon 2005)

Tracé	Système	Roues métalliques	Roues pneumatiques		Observation
			Chemin de fer	Monorail sur poutre	
Tracé A	Nombre de voitures	72 à 76	76	72 à 76	Une rame de 4 voitures
	Nombre de rames	18 à 19	19	18 à 19	
Tracé B	Nombre de voitures	48 à 52	48 à 52	48	Une rame de 4 voitures
	Nombre de rames	12 à 13	12 à 13	12	

b. Superficie requise pour les garages-ateliers

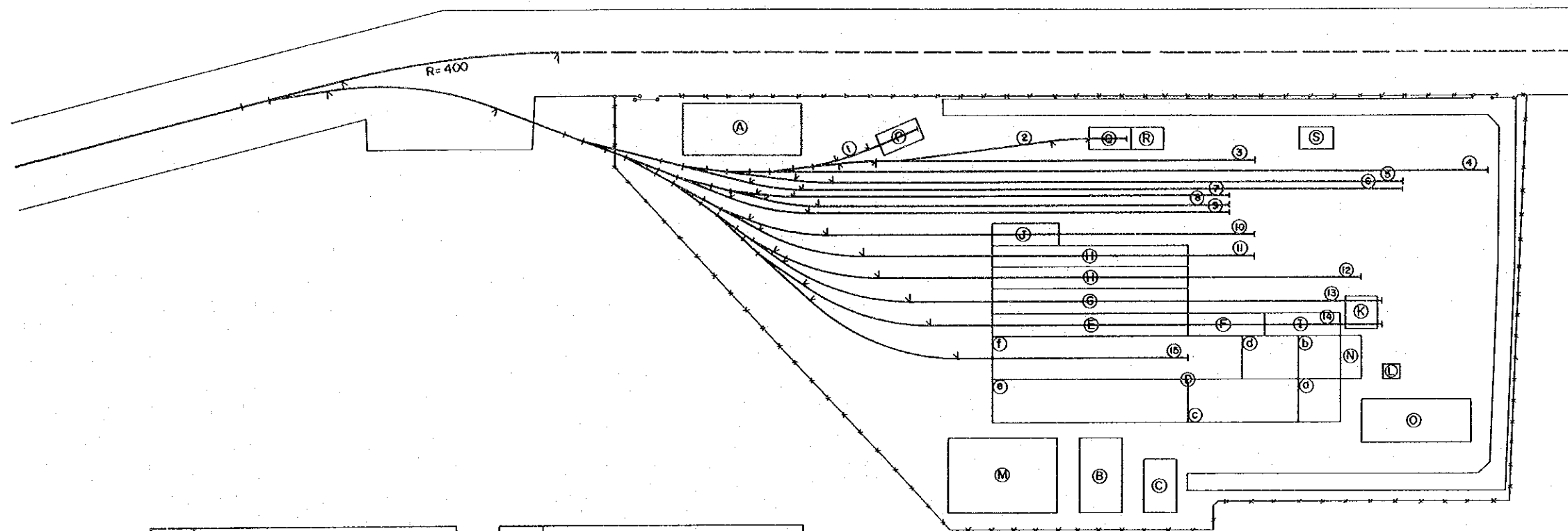
Les besoins en terrain des garages-ateliers du tracé A et de celui du tracé B sont résumés à Tableau 10.6.9

Tableau 10.6.9 Superficie des garages-ateliers

Tracé	Superficie en m ²
Tracé A	70 000
Tracé B	53 000

c. Plan d'implantation des garages-ateliers

Pour l'implantation de différentes installations que doit renfermer les garages-ateliers, le choix de la disposition a été fait de manière à permettre des liaisons organiques de ces installations sur un espace restreint, afin de pouvoir assurer la gestion des activités la plus souple. La Figure 10.3.5 représente l'implantation des garages-ateliers pour le matériel à roues métalliques (pour 76 voitures) et la Figure 10.3.6 celui du monorail (également pour 76 voitures).



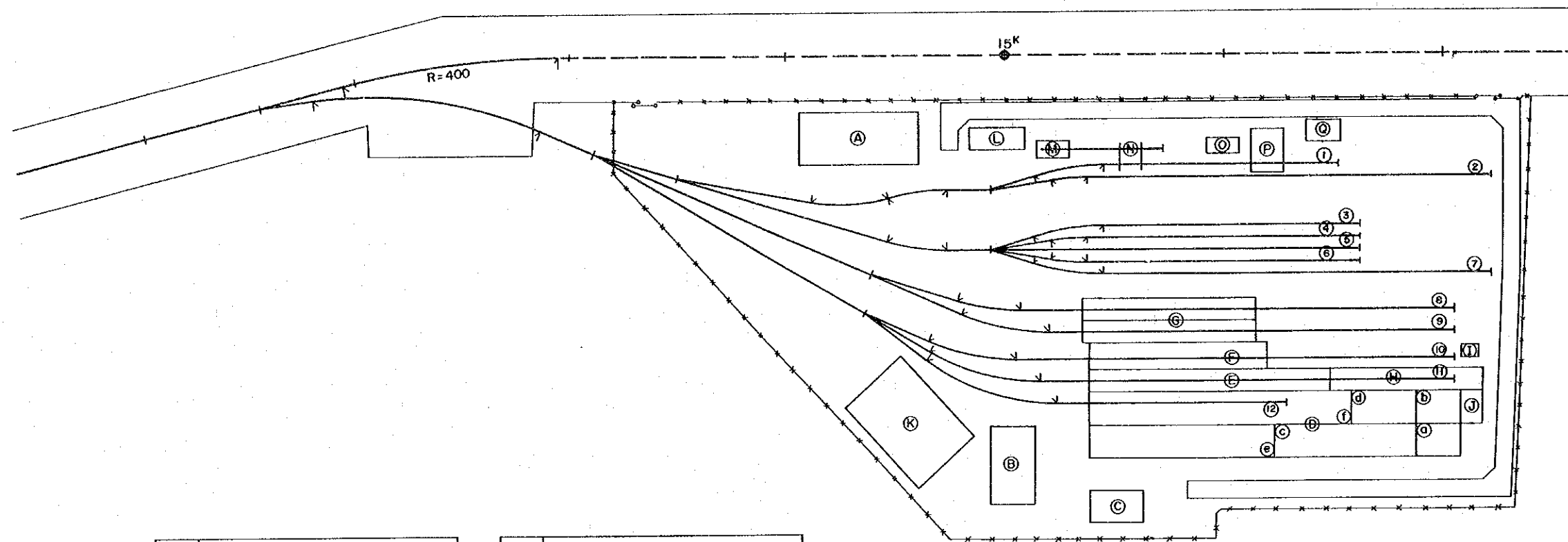
(A)	Bâtiment administratif
(B)	Locaux de personnel généraux
(C)	Dépôt de matériaux
(D)	Atelier de réparation
(E)	Laboratoire d'essai
(F)	Atelier de réparation extra
(G)	Atelier de visite mensuelle
(H)	Atelier de visite journalière
(I)	Atelier de peinture
(J)	Atelier de rééquilibrage des roues

(K)	Chariot de transfert
(L)	Dépôt de l'huile
(M)	Sous-station
(N)	Salle de distribution d'énergie
(O)	Atelier de réparation machinerie et pièces
(P)	Garage de locomotives de manoeuvre
(Q)	Garage de voitures de maintenance
(R)	Local de personnel d'entretien (voie et électricité)
(S)	Installations de traitement des eaux usées

(1)	Voie de garage des locomotives de manoeuvre
(2)	Voie de garage des voitures de maintenance
(3)	Voie d'amenée matériaux
(4)	Voie d'essai
(5)~(9)	Voie de remisage
(10)	voie de rééquilibrage des roues
(11)	Voie de visite journalière
(12)	Voie de lavage
(13)	Voie de visite mensuelle
(14)	Voie de peinture
(15)	Voie de montage et démontage

(a)	Salle de réparation des équipements électriques
(b)	Atelier de réparation pièces
(c)	Atelier de réparation machines tournantes
(d)	Atelier de réparation machines électriques
(e)	Atelier de réparation des boggies
(f)	Atelier de démontage et de réparation caisse

Fig. 10.6.5 Disposition des installations des garages-ateliers (Roues métalliques)



(A)	Direction (bureaux administratifs)
(B)	Bureau de maintenance
(C)	Dépôt de matériaux
(D)	Atelier de réparation
(E)	Laboratoire d'essai
(F)	Atelier de visite mensuelle
(G)	Atelier de visite journalière
(H)	Atelier de peinture
(I)	Dépôt de l'huile
(J)	Salle de distribution d'énergie

(K)	Sous-station
(L)	Installation de coffrage
(M)	Atelier de voitures de maintenance
(N)	Chariot de transfert
(O)	Dépôt de pneumatiques
(P)	Atelier du changement des pneumatiques
(Q)	Installations de traitement des eaux usées

(1)	Voie de changement des pneumatiques
(2)~(7)	Voies de remisage
(8) (9)	Voies de visite journalière
(10)	Voie de lavage
(11)	Voie de peinture
(12)	Voie de montage et démontage

(a)	Salle de réparation des équipements électroniques
(b)	Atelier de réparation des pièces
(c)	Atelier de réparation des machines rotatives
(d)	Atelier de réparation des équipements électriques
(e)	Atelier de réparation des boggies
(f)	Atelier de montage et démontage et de réparation

Fig. 10.6.6 Disposition des installations des garages-ateliers (Monorail)

10.7 Plan de gestion et d'exploitation

En ce qui concerne le TCR à introduire dans le Grand Casablanca, l'étude ci-après portera sur l'organisation assurant son exploitation sûre, fiable et efficace ainsi que sur les frais de gestion et d'exploitation nécessaires à son fonctionnement présentant toujours des finances saines.

10.7.1 Corps de direction

Le corps de direction qui prend en charge la réalisation, la gestion et l'exploitation du TCR peut être soit un organisme officiel du Grand Casablanca ou similaire soit une entreprise privée. En tout cas, pour un tel moyen de transport, de caractère public et destiné à assumer un important rôle social, il est souhaitable que la direction tienne compte de l'opinion des usagers ou habitants pour maintenir le niveau de service raisonnable (ex. tarification et fréquence). Par ailleurs, l'introduction du TCR dans le Grand Casablanca dont l'actuel moyen de transport principal est l'autobus, implique le réaménagement des réseaux de ce dernier. D'où la concordance avec le transport par autobus constitue un des impératifs.

10.7.2 Organisation d'exploitation

L'état actuel des services de transport au Maroc est décrit au Chapitre 2. Il est complété par celui des chemins de fer japonais privés et en régie pour en déduire enfin l'organisation d'exploitation du TCR telle qu'indiquée à la Fig. 10.7.1.

10.7.3 Plan d'effectifs

L'estimation des effectifs nécessaires au fonctionnement efficace de ladite organisation a pris en compte la demande de transport supposé, le plan d'exploitation des trains et la dimension des différentes installations de transport, ainsi que l'état actuel des services de transport marocains et japonais. Le Tableau 10.7.1 donne un exemple

des effectifs pour la solution Tracé A à monorail (horizon de l'an 2005) et la solution Tracé B à roues métalliques. Le détail en est décrit ci-après.

(1) Effectifs d'administration

L'administration a été étudiée en se reportant à des compagnies privées et régies japonaises de taille similaire. Elle est divisée en 3 départements avec affectation de 80 personnes.

Ces effectifs considérés comme standard sont les mêmes pour tous les systèmes.

(2) Effectifs d'exécution

L'exécution est divisée en gros en l'exploitation et l'équipement, subdivisés en le commerce et l'exploitation des trains pour le premier et en le matériel roulant, le génie civil/équipement et l'électricité pour le dernier. Le plan d'effectifs sera établi pour chacune de ces sous-divisions.

(a) Commerce

Les effectifs de station sont déterminés sur la base du nombre d'usagers de la station. Ils s'obtiennent à partir des heures de travail par an calculées pour le total requis et par personne, avec affectation d'un chef de station pour deux stations et de 7 agents en poste non compris le chef de station.

$$\frac{83,5 \text{ h/st.} \times 365 \text{ j}}{(365 - 126) \text{ j} \times 7,3 \text{ h/pers.}} = 18 \text{ pers./st.}$$

(b) Exploitation des trains

Elle se compose du personnel de canton et du personnel roulant. Le premier compte 10 personnes comprenant le chef d'exploitation, le personnel assurant le plan d'utilisation du matériel roulant et la direction du personnel roulant et le personnel technique.

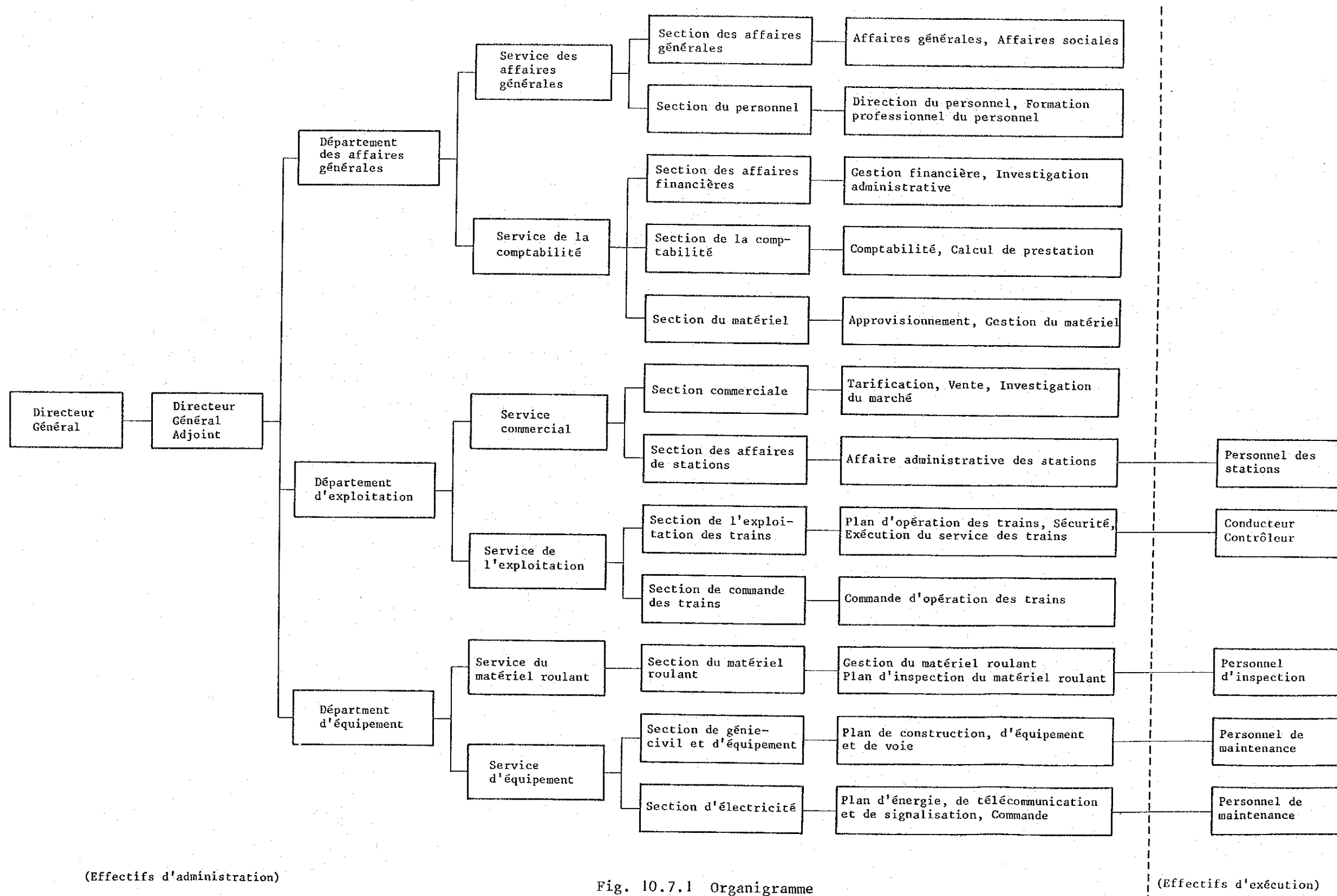


Fig. 10.7.1 Organigramme

Tableau 10.7.1 Plan d'effectifs (exemple)

Organisation		Système		A - 2	B - 5	
				(Monorail)	(Roues métalliques)	
Administration	Affaires générales	Directeur		2	2	
		Chef de département		1	1	
		Affaires générales	Chef de service		1	1
			Affaires générales		10	10
			Personnel		6	6
	Comptabilité	Chef de service		1	1	
		Affaires financières		2	2	
		Comptabilité		6	6	
		Matériels et matériaux		5	5	
	Total				34	34
	Exploitation	Chef de département		1	1	
		Commerce	Chef de service		1	1
			Commerce		3	3
			Affaires de stations		3	3
		Exploitation des trains	Chef de service		1	1
Exploitation des trains			6	6		
Commande des trains			9	9		
Total				24	24	
Equipement	Chef de département		1	1		
	Matériel roulant	Chef de service		1	1	
		Matériel roulant		7	7	
	Equipement	Chef de service		1	1	
		Génie civil et équipement		3	3	
Electricité		9	9			
Total				22	22	
Total de l'administration				80	80	
Exécution	Exploitation	Commerce	Stations	333	315	
			Opération des trains	10	10	
		Exploitation des trains	Conducteur	46	39	
			Contrôleur	46	39	
	Total				435	403
	Equipement	Matériel roulant	Inspection		48	45
			Maintenance		19	42
		Génie civil et équipement	Maintenance		22	22
			Electricité		22	22
	Total				89	109
Total de l'exécution				524	512	
Total général				604	592	

Un conducteur et un contrôleur monteront dans un train aux heures de travail égales.

Le nombre requis de conducteurs est déterminé à partir des heures de travail par an calculées pour le total requis et par personne, après avoir établi les grandes lignes d'affectation du personnel roulant sur la base de l'utilisation du matériel roulant et en tenant compte du temps de préparation.

L'exemple donné ci-dessous représente le cas du Tracé A-2 (année 2005).

$$\frac{210 \text{ h/j} \cdot x 365 \text{ j}}{(365 - 126) \text{ j} \cdot x 7 \text{ h/pers.j}} \doteq 46 \text{ pers.}$$

Les effectifs en poste par jour sont :

$$\frac{210 \text{ h}}{7 \text{ h}} = 30 \text{ pers.}$$

Le taux de réserve est de 1,53.

(c) Maintenance du matériel roulant

Les effectifs de maintenance du matériel roulant sont divisés grosso-modo en les effectifs directs chargés de la visite/réparation et en les effectifs du service annexe relatif à l'entretien de génie civil/équipement et aux matériels/matériaux. Ils comptent au total 48 personnes dont un chef et 47 chargés d'entretien. La décomposition en est la suivante :

a) Effectifs directs

1) Visite journalière

La visite d'une rame de 4 voitures nécessite 3 ouvriers travaillant en 1,5 heure. La capacité de visite est de 4 rames/jour-équipe, les jours de travail étant de 365. Les effectifs sont de 3 équipes x 3 ouvriers = 9 personnes, plus 1 ouvrier de réserve, soit au total 10

personnes. Ils sont communs avec les effectifs de visite mensuelle.

2) Visite mensuelle

La visite d'une rame de 4 voitures nécessite 8 ouvriers travaillants en 1 jour. La capacité de visite de 1 rame/jour-équipe avec 239 jours de travail par an permet la visite de 239 rames/an. Elle a assez de marge pour recevoir les rames formées dans une année :

$$18 \text{ rames} \times 12/3 = 72 \text{ rames.}$$

Les effectifs sont donc fixés à 1 équipe x 8 ouvriers = 8 personnes, exécutant au besoin la visite des trains.

3) Révision limitée et générale

Les effectifs de visite partielle pour une rame sont de 24 personnes à 32 jours de travail, ceux de visite générale par rame étant de 24 personnes à 38 jours de travail. Les jours de travail comptent 239 l'an.

Les rames d'entrée en dépôt par an pour les deux visites, générale et partielle, sont : 19 rames x 1/3 = 6,3 rames. Il n'y a pas d'entrée à recouvrement. Ainsi, les effectifs sont fixés à 24.

b) Effectifs indirects

1) Maintenance d'équipement

3 ouvriers assurent la commande des chaudières et des appareils de levage, ainsi que l'entretien des installations électriques et mécaniques.

2) Magasin de matériaux

2 ouvriers assurent la réception et livraison des matériaux et la gestion du magasin.

(d) Maintenance de génie civil/équipement

Les effectifs de génie civil/équipement sont déterminés, la distinction faite entre les roues métalliques et les pneus/monorail. Ils sont de 8 personnes comprenant un chef, des ouvriers d'entretien des ouvrages/installations et de gestion des matériaux, plus 34 personnes constituant 2 équipes de visite et de réparation pour les roues métalliques, soit au total 42 personnes (11 pers./équipe x 1,53 x 2 équipes).

Les effectifs pour les pneus/monorail sont au total de 19 personnes y compris 11 ouvriers de visite et de réparation.

(e) Maintenance d'électricité

A la signalisation, la télécommunication et l'énergie électrique est affecté un total de 22 personnes dont les 3 comme chef et chargés de la gestion des matériaux et les 19 restants pour les autres services (Signalisation et télécommunication : 7 x 1,53 + 5 x 1,53).

10.7.4 Coûts de gestion et d'entretien

Les postes de frais et les facteurs unitaires pour chacun d'eux ont été déterminés préalablement au calcul des coûts de gestion et d'exploitation. Celui-ci est fait par la totalisation des postes.

(1) Division en postes

Les frais nécessaires sont divisés en les 8 postes suivants :

1) Entretien des voies :

Frais d'entretien des rails et des voies, divisés en les frais de personnel et les autres frais (matériels). (Les postes ci-après font également l'objet de cette division.)

2) Entretien des lignes électriques :

Frais d'entretien électrique concernant les caténaires, les

conducteurs de captation, la signalisation et la télécommunication.

3) Entretien du matériel roulant :

Frais nécessaires à la visite et réparation du matériel roulant.

4) Exploitation des trains :

Frais du personnel roulant (conducteur) et de la traction.

5) Service :

Frais du personnel de station, des contrôleurs et les autres frais.

6) Administration d'entretien :

Frais d'administration nécessaires à l'entretien des voies, des lignes électriques et du matériel roulant.

7) Administration de transport :

Frais d'administration nécessaires à l'exploitation des trains et aux opérations de service (de station).

8) Administration générale :

Frais nécessités par les services des affaires générales et de la comptabilité, ainsi que ceux de bien-être du personnel.

(2) Détermination des facteurs unitaires

Des facteurs unitaires jugés les plus raisonnables ont été attribués à chaque poste. Ils sont les effectifs des différents services pour les frais de personnel, et le Voiture-kilomètre, le nombre de matériels roulant, les voyageurs transportés pour les autres frais. En d'autres termes, de tels frais sont censés proportionnels à un facteur déterminé : les frais d'entretien des voies/lignes électriques et d'exploitation (de traction) au Voiture-kilomètre ; les frais d'entretien du matériel roulant au nombre de matériels roulants ; les frais de service et d'administration de service aux voyageurs transportés.

Le Tableau 10.7.2 donne les valeurs des facteurs unitaires déterminés pour chaque poste et selon le niveau de circulation (aérien/souterrain) et le système (à roues métalliques, sur pneus ou à monorail).

(3) Calcul des coûts de gestion et d'exploitation

Les résultats du calcul des coûts de gestion et d'exploitation pour les 7 solutions sont donnés au Tableau 10.7.3.

Tableau 10.7.2 Valeurs des facteurs unitaires des coûts de gestion et d'exploitation

(en DH)

Poste de frais		Système	Facteur unitaire	Monorail		Roues métalliques		Pneus		Remarques
				Souterrain	Au sol	Souterrain	Au sol	Souterrain	Au sol	
1. Entretien des voies	Personnel	Effectifs d'entretien des voies	-	24 000	-	24 000	-	24 000		
	Autres	Voiture-kilomètre (par an)	1,6	1,1	1,1	0,7	1,6	1,1		
2. Entretien des lignes électriques	Personnel	Effectifs d'entretien des lignes électriques	-	24 000	-	24 000	-	24 000		
	Autres	Voiture-kilomètre (par an)	1,1	0,6	0,7	0,4	1,1	0,6		
3. Entretien du matériel roulant	Personnel	Effectifs d'entretien du matériel roulant	-	24 000	-	24 000	-	24 000		
	Autres	Nombre de matériels roulants	-	100 000	-	75 000	-	100 000		
4. Exploitation des trains	Personnel	Nombre de conducteurs	-	28 000	-	28 000	-	28 000		
	Autres	Voiture-kilomètre (par an)	-	0,05	-	0,05	-	0,05		
	Traction	Voiture-kilomètre (par an)	5,1	3,4	3,6	2,4	4,8	3,2		
5. Service	Personnel	Effectifs de service	-	24 000	-	24 000	-	24 000		
	Autres	Voyageurs transportés (par an)	-	0,04	-	0,04	-	0,04		
6. Administration d'entretien	Personnel	Effectif d'administration d'entretien	-	33 000	-	33 000	-	33 000		
	Autres	Effectifs d'administration d'entretien	-	14 000	-	14 000	-	14 000		
7. Administration de transport	Personnel	Effectifs d'administration de transport	-	33 000	-	33 000	-	33 000		
	Autres	Voyageurs transportés (par an)	-	0,03	-	0,03	-	0,03		
8. Administration générale	Personnel	Effectifs d'administration des affaires générales	-	33 000	-	33 000	-	33 000		
	Autres	Total des effectifs	-	7 000	-	7 000	-	7 000		

NOTE : La voiture-kilomètre et les voyageurs transportés sont des valeurs annuelles.

Tableau 10.7.3 Coûts de gestion et d'exploitation

(en 1 000 DH)

Année	Solution	A - 2		A - 4		A - 4'		A - 6		B - 1		B - 1'		B - 5	
	Niveau de circulation	Souterrain/Aérien		Souterrain/Aérien		Souterrain/Au sol/Aérien		Aérien		Souterrain/Aérien		Souterrain/Au sol/Aérien		Aérien	
	Système	Monorail		Pneus		Roues métalliques		Monorail		Monorail		Roues métalliques		Roues métalliques	
1993		49 673		49 907		43 499		49 536		38 158		34 887		34 367	
1995		50 706		50 256		43 617		50 692		38 824		34 948		34 428	
2000		51 167		51 049		44 457		51 022		38 892		35 016		34 497	
2005		52 631		53 373		46 845		52 947		39 557		35 667		35 118	
		Personnel	Autres	Personnel	Autres	Personnel	Autres	Personnel	Autres	Personnel	Autres	Personnel	Autres	Personnel	Autres
	Total	15 400	37 231	15 472	37 901	15 396	31 449	15 472	37 475	13 972	25 585	14 980	20 687	15 084	20 034
Frais composants des coûts de gestion et d'exploitation	1. Entretien des voies	456	4 307	456	4 489	1 008	3 253	456	4 288	456	2 795	1 008	1 846	1 008	1 635
	2. Entretien des lignes électriques	528	2 461	528	2 644	528	1 983	528	2 339	528	1 638	528	1 104	528	934
	3. Entretien du matériel roulant	1 152	7 200	1 224	7 600	1 080	5 400	1 224	7 600	1 080	4 800	1 080	3 600	1 080	3 900
	4. Exploitation des trains	1 288	13 484	1 288	13 368	1 260	11 034	1 288	13 448	1 036	8 832	1 036	6 323	1 092	5 723
	5. Service	9 336	2 996	9 336	2 996	8 880	2 996	9 336	2 996	8 232	1 937	8 688	1 937	8 736	1 937
	6. Administration	2 640	6 783	2 640	6 804	2 640	6 783	2 640	6 804	2 640	5 583	2 640	5 877	2 640	5 905
	Total des 30 années (de 1993 à 2022)	1 607 381		1 650 052		1 456 833		1 628 424		1 199 649		1 083 607		1 066 467	

10.8 Calcul de coût de construction

Le Tableau 10.8.1 récapitule le coût de construction calculé pour les 7 solutions d'après le plan des installations décrit plus haut. Leur décompte est indiqué au Tableau 10.8.2.

Les frais techniques désignent les frais d'études et de contrôle de la construction, engendrés par les études et conceptions à effectuer en 2 ans avant le commencement des travaux de construction et par le contrôle et direction d'exécution de ces travaux en 5 ans après le commencement.

Tableau 10.8.1 Synoptique du coût de construction général par solutions

Facteurs	Solution	A-2	A-4	A-4'	A-6	B-1	B-1'	B-5
	Système	Monorail	Pneus	Roues métalliques	Monorail	Monorail	Roues métalliques	Roues métalliques
	Niveau de circulation	Souterrain + Aérien	Souterrain + Aérien	Souterrain + Au sol + Aérien	Aérien	Souterrain + Aérien	Souterrain + Au sol + Aérien	Aérien
Longueur totale de la ligne (km)		15,2 (1,9 + 13,3)	15,2 (3,3 + 11,9)	15,2 (7,0+2,2+6,0)	15,9	12,7 (2,9 +9,8)	12,7(3,9+4,0+4,8)	13,3
Rayon minimal de courbe (m)		100	100	100	100	100	100	100
Pente longitudinale maximale (%)		59	57	40	40	60	40	40
Nombre de matériels roulants (à l'année 2005)		72	76	72	76	48	48	52
Coût de construction(en millions de DH)		2 245	2 376	2 437	2 057	2 001	1 758	1 511
Décomposition	Génie civil	868	1,119	1 264	659	896	864	627
	Electricité	361	254	214	368	315	172	159
	Matériel roulant	560	532	469	591	373	313	339
	Garage-atelier	252	255	268	252	235	249	249
	Frais techniques	204	216	222	187	182	160	137

Tableau 10.8.2 Décompte du coût de construction

1. Coût des travaux de génie civil (en million de DH)

Poste	Solution	A-2	A-4	A-4'	A-6	B-1	B-1'	B-5
	Système	Monorail	Pneus	Roues métalliques	Monorail	Monorail	Roues métalliques	Roues métalliques
	Niveau de circulation	Souterrain + Aérien	Souterrain + Aérien	Souterrain + Au sol + Aérien	Aérien	Souterrain + Aérien	Souterrain + Au sol + Aérien	Aérien
Coût des travaux de génie civil		868	1 119	1 264	659	896	864	627
Décompte	Souterrain	329	548	961	0	490	572	0
	Au sol	0	0	39	0	0	75	0
	Aérien	539	571	264	659	406	217	627

2. Coût des travaux électriques

Poste	Solution	A-2	A-4	A-4'	A-6	B-1	B-1'	B-5
	Système	Monorail	Pneus	Roues métalliques	Monorail	Monorail	Roues métalliques	Roues métalliques
	Niveau de circulation	Souterrain + Aérien	Souterrain + Aérien	Souterrain + Au sol + Aérien	Aérien	Souterrain + Aérien	Souterrain + Au sol + Aérien	Aérien
Coût des travaux électriques		361	254	214	368	315	172	159
Décompte	Réseau de distribution	14	14	14	14	11	11	11
	Sous-station	45	45	45	45	35	35	35
	Ligne de contact	148	46	50	155	125	41	37
	Eclairage/énergie	34	28	33	34	30	25	21
	Signalisation	113	113	61	115	107	52	51
	Télécommunication	7	8	11	5	7	8	4

3. Coût du matériel roulant

Poste	Solution	A-2	A-4	A-4'	A-6	B-1	B-1'	B-5
	Système	Monorail	Pneus	Roues métalliques	Monorail	Monorail	Roues métalliques	Roues métalliques
	Niveau de circulation	Souterrain + Aérien	Souterrain + Aérien	Souterrain + Au sol + Aérien	Aérien	Souterrain + Aérien	Souterrain + Au sol + Aérien	Aérien
Coût du matériel roulant		560	532	469	591	373	313	339
Décompte	Prix unitaire du matériel roulant	7,78	7,00	6,52	7,78	7,78	6,52	6,52
	Nombre de matériels roulants	72	76	72	76	48	48	52

4. Coût de construction du garage-atelier

Poste	Solution	A-2	A-4	A-4'	A-6	B-1	B-1'	B-5
	Système	Monorail	Pneus	Roues métalliques	Monorail	Monorail	Roues métalliques	Roues métalliques
	Niveau de circulation	Souterrain + Aérien	Souterrain + Aérien	Souterrain + Au sol + Aérien	Aérien	Souterrain + Aérien	Souterrain + Au sol + Aérien	Aérien
Coût de construction du garage-atelier		252	255	268	252	235	249	249
Décompte	Génie civil	78	86	54	78	65	43	43
	Bâtiment	69	69	68	69	69	68	68
	Electricité	54	49	48	54	51	44	44
	Equipement mécanique	51	51	98	51	50	94	94

5. Frais techniques

Poste	Solution	A-2	A-4	A-4'	A-6	B-1	B-1'	B-5	
	Système	Monorail	Pneus	Roues métalliques	Monorail	Monorail	Roues métalliques	Roues métalliques	
	Niveau de circulation	Souterrain + Aérien	Souterrain + Aérien	Souterrain + Au sol + Aérien	Aérien	Souterrain + Aérien	Souterrain + Au sol + Aérien	Aérien	
Frais techniques		204	216	222	187	182	160	137	
Décompte	Frais d'études	1986	51	54	55	47	46	40	34
		1987	31	32	33	28	28	24	21
	Frais de direction technique de la construction	1988	31	32	33	28	27	24	20
		1989	20	22	23	18	18	16	13
		1990	20	22	23	19	18	16	14
		1991	31	32	33	28	27	24	21
		1992	20	22	22	19	18	16	14