

RAPPORT FINAL

POUR
L'ETUDE DE FAISABILITE DU PROJET
D'UN SYSTEME DE TRANSPORT URBAIN DE TYPE METRO-AERIEN
A CASABLANCA DU ROYAUME DU MAROC

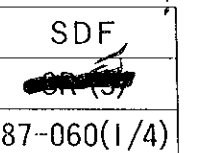


PROJET

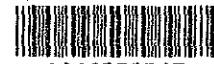


JUILLET
1987

AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE



JICA LIBRARY



1040382121

RAPPORT FINAL

POUR
L'ETUDE DE FAISABILITE DU PROJET
D'UN SYSTEME DE TRANSPORT URBAIN DE TYPE METRO-AERIEN
A CASABLANCA DU ROYAUME DU MAROC

●
RESUME

国際協力事業団	
受入 月日 '87.10.21	411
登録 No. 16966	74
	SDF

AVANT-PROPOS

Suite à la requête du Gouvernement marocain, le Gouvernement japonais a décidé d'exécuter l'étude du projet du système de transport urbain de type métro-aérien à Casablanca - Royaume du Maroc, dont la réalisation a été confiée à l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA).

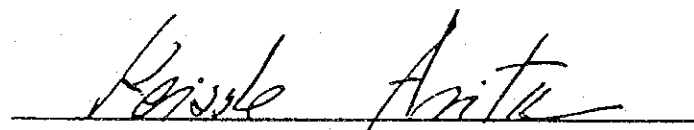
La JICA a envoyé des missions d'étude à trois reprises au Royaume de Maroc avec M. Sadaaki KURODA de Japan Railway Technical Service, comme chef de mission, entre octobre 1985 et juillet 1987. Les dates de ces missions se situent pour la première, d'octobre à décembre 1985, la seconde en mars 1986 et enfin de mai à juillet 1986.

Les missions d'étude ont eu des discussions avec les responsables concernés du Gouvernement marocain parallèlement aux enquêtes sur le terrain et le présent rapport a été rédigé après avoir poursuivi des travaux d'analyse et d'étude une fois de retour au Japon.

J'espère que le présent rapport contribuera au développement du Projet et à la promotion des relations d'amitié existantes entre nos deux pays.

Je souhaite exprimer ma profonde reconnaissance aux organismes officiels concernés du Gouvernement marocain pour leur étroite coopération offerte à l'équipe.

juillet 1987



Keisuke ARITA
Président
Agence Japonaise de Coopération
Internationale

Monsieur Keisuke ARITA
Président
Agence Japonaise de Coopération
Internationale

Tokyo, juillet 1987

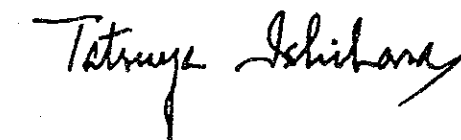
Lettre de transmission

C'est avec infiniment de plaisir que nous remettons le rapport final des études sur le projet d'un système de transport urbain de type métro-aérien à Casablanca - Royaume du Maroc.

Les études ont commencé en octobre 1985, et pendant vingt et un mois les équipes japonaises ont effectué une étude de faisabilité du système de transport urbain optimal pour le Grand Casablanca, par un examen global du tracé, du niveau de parcours et des systèmes.

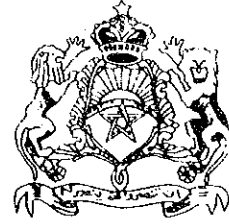
Nous souhaitons vivement que ces travaux contribueront grandement à la réalisation future de ce projet.

Nous exprimons nos remerciements les plus vifs à l'Agence Japonaise de Coopération Internationale, au Comité du Suivi des Travaux, à l'Ambassade du Japon au Maroc et aux divers organismes du Gouvernement marocain pour tous les conseils et assistances apportés aux équipes.



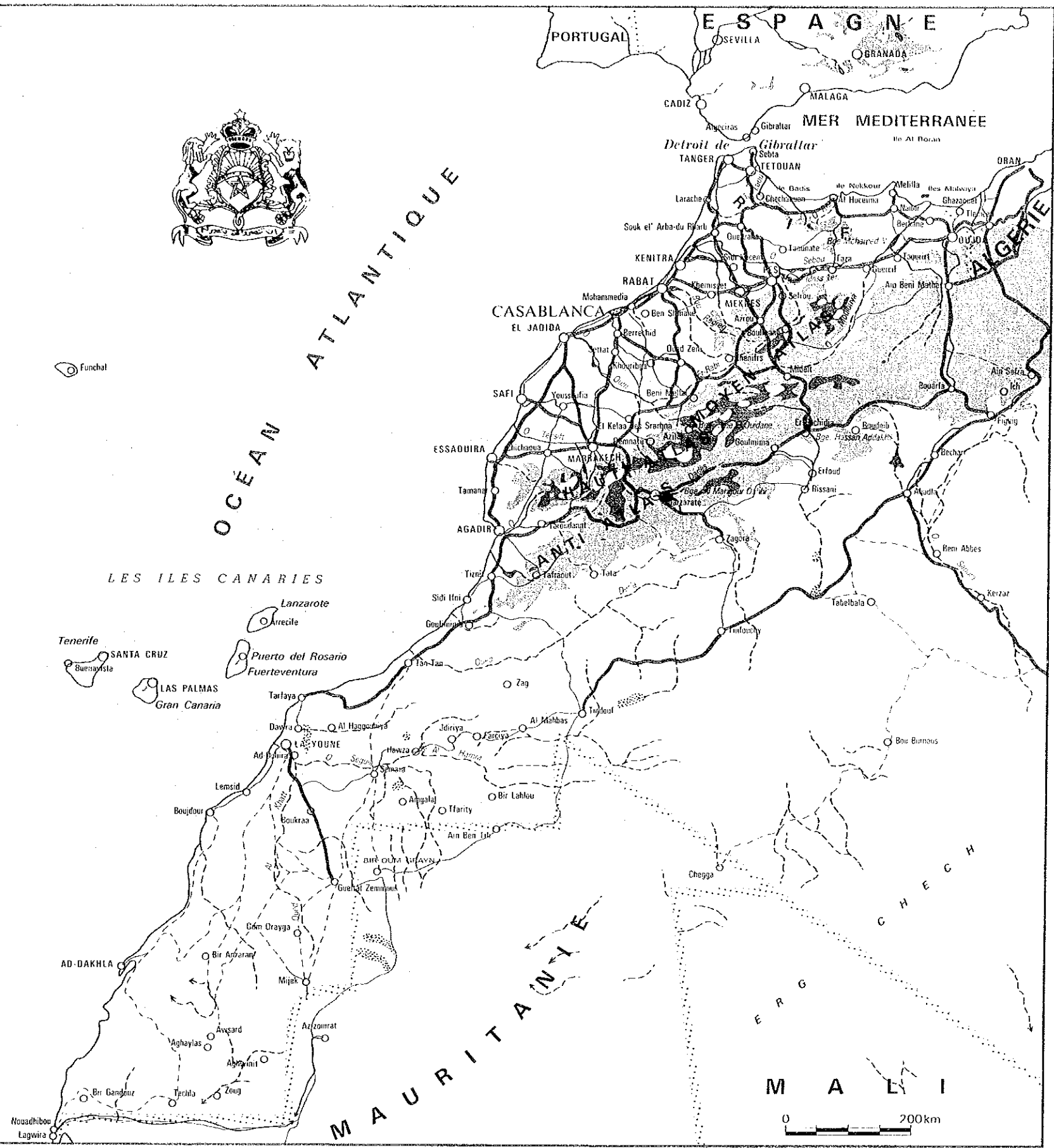
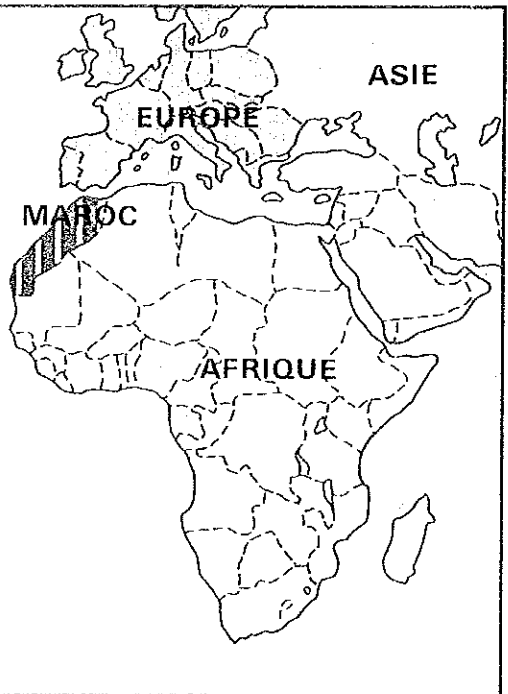
Tatsuya ISHIHARA
Président
Japan Railway Technical Service

Royaume du Maroc



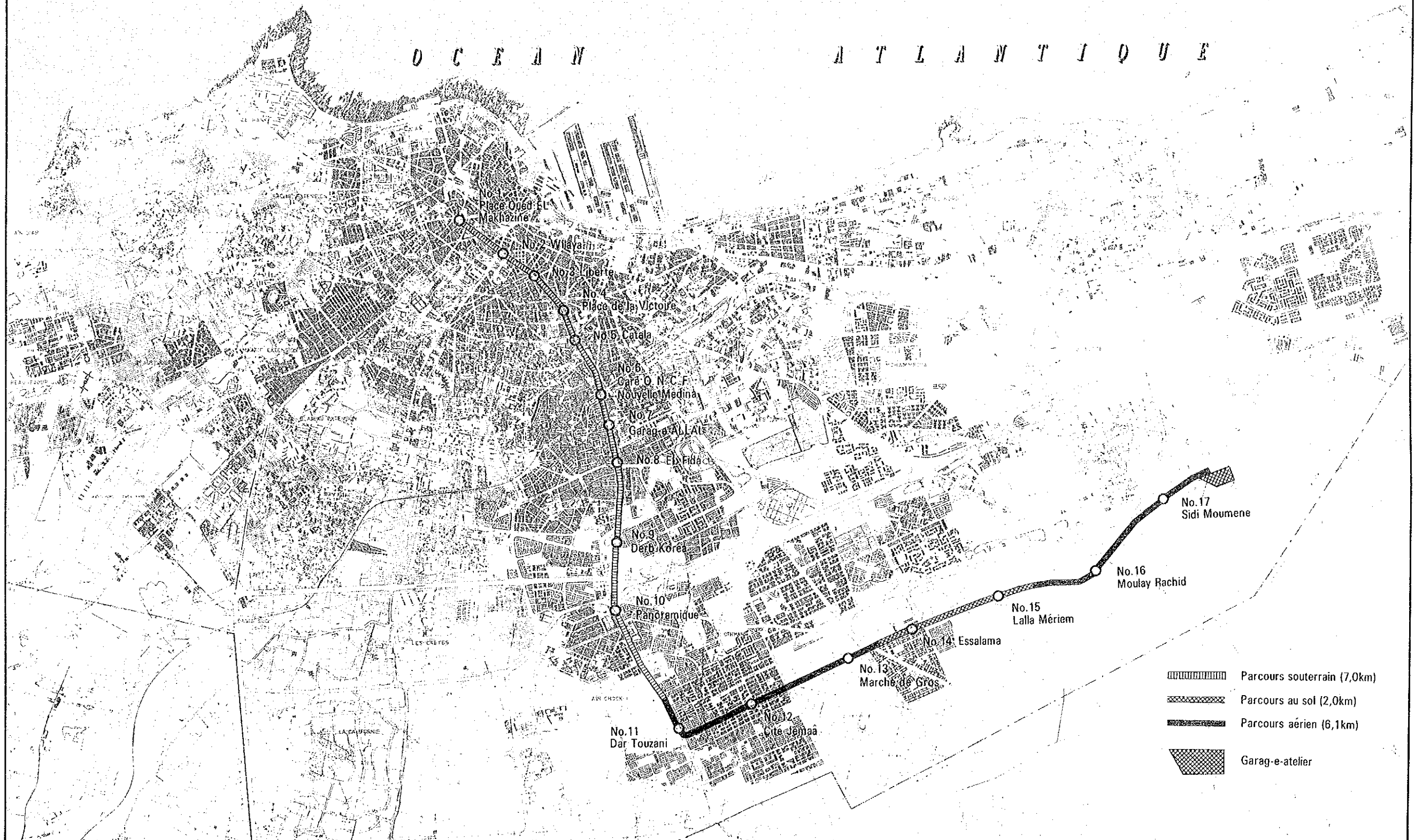
OCEAN ATLANTIQUE

LES ILES CANARIES

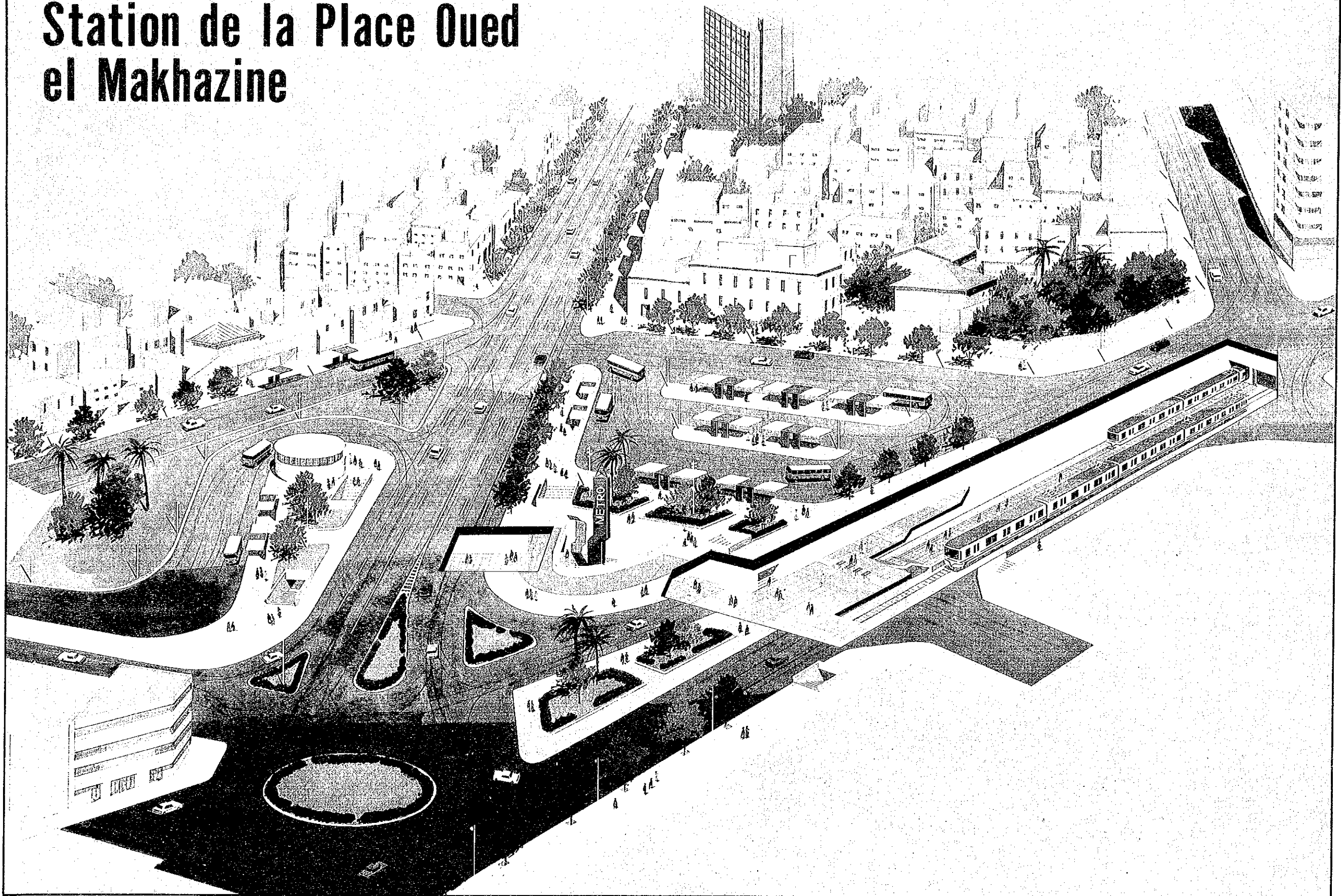


Plan de Casablanca

O C E A N A T L A N T I Q U E



Station de la Place Oued el Makhazine





VUE GENERALE DE LA VILLE DE CASABLANCA



ROUTE DE MEDIOUNA



PLACE OUED EL MAKHAZINE



BOUSCULADE DES PASSAGERS D'AUTOBUS



BOULEVARD DE PARIS



REUNION ENTRE LA PARTIE MAROCAINE ET L'EQUIPE JAPONAISE (JICA)

**RAPPORT FINAL
POUR
L'ETUDE DE FAISABILITE DU PROJET
D'UN SYSTEME DE TRANSPORT URBAIN DE TYPE
METRO-AERIEN
A CASABLANCA DU ROYAUME DU MAROC**

RESUME

CHAPITRE 1 CONCLUSION

- 1.1 PROBLEMES DE CIRCULATION DU GRAND CASABLANCA ET
NECESSITE D'INTRODUCTION DU TCR**
- 1.2 ITINERAIRE SUIVANT LEQUEL LE TCR DEVRAIT ETRE CONSTRUIT**
- 1.3 NECESSITE DE REALISER LA SOLUTION OPTIMALE A-4'**
- 1.4 EVALUATIONS ECONOMIQUE ET FINANCIERE**
- 1.5 RECOMMANDATION**

**CHAPITRE 2 PRINCIPE D'AMENAGEMENT DES TRANSPORTS URBAINS ET
DETERMINATION DES TRACES DE BASE**

CHAPITRE 3 PREVISION DE LA DEMANDE

**CHAPITRE 4 ETABLISSEMENT DES SOLUTIONS ET CHOIX DE
LA SOLUTION OPTIMALE**

- 4.1 ETABLISSEMENT DES SOLUTIONS**
- 4.2 ETABLISSEMENT DE LA SOLUTION OPTIMALE**

CHAPITRE 5 PLAN DE CONSTRUCTION

- 5.1 TRACE**
- 5.2 PLAN DE TRANSPORT**
- 5.3 PLAN DU MATERIEL ROULANT**
- 5.4 PLAN DES INSTALLATIONS ET EQUIPEMENTS**
- 5.5 PLAN DE GESTION ET D'EXPLOITATION**
- 5.6 PLAN DE REALISATION**

CHAPITRE 6 ANALYSES ECONOMIQUE ET FINANCIERE

- 6.1 ANALYSE ECONOMIQUE**
- 6.2 ANALYSE FINANCIERE**

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

1. CONCLUSION

1.1 Problèmes de circulation du Grand Casablanca et nécessité d'introduction du TCR (transport en commun rapide)

La population du Grand Casablanca croît ces dix dernières années, à un taux annuel moyen de 4,1 % et a atteint 2,6 millions d'habitants en 1985. De nombreux problèmes urbains surgissent par suite de cette augmentation démographique brutale. Dans le centre de Casablanca, la densification d'utilisation des terrains progresse en intensifiant la densité démographique. Il y a insuffisance d'infrastructure et une amélioration de l'environnement de vie devient ainsi une nécessité. De même, par rapport au développement des fonctions urbaines, l'aménagement d'équipements de transport urbain, en tant qu'infrastructure marque un retard et génère des problèmes de circulation urbaine divers représentés par un encombrement routier chronique, de nombreux accidents de circulation et des dommages sociaux tels qu'accroissement de pollutions dues au trafic, et des pertes économiques telles que prolongation de temps de déplacement, incertitude des heures d'arrivée, gaspillage des énergies, etc.

Si l'on regarde l'état actuel de la circulation routière, les encombrements sont particulièrement graves au centre-ville et Route de Médiouna et aux croisements principaux, le volume du trafic dépasse la capacité des voies. Par exemple, à l'emplacement situé à l'extrémité du Boulevard de Paris avec la Place Oued el Makhazine, le degré d'encombrement est de 1,66, il est de 1,58 - 1,62 et de 1,19 - 1,53 respectivement aux croisements de la Route de Médiouna avec l'Avenue de la Résistance et avec Boulevard El Fida, provoque des embouteillages aux heures de pointe.

Par ailleurs, les équipements de parking au centre-ville sont saturés et la capacité de parkage est faible, car de 46 voitures/ha et avec l'accroissement de la densification du centre-ville, la circulation routière subira des influences de plus en plus grandes.

Comme services publics de transport routier, il s'agit essentiellement du transport par autobus, mais celui-ci n'est pas suffisant pour répondre à la demande. Sur les lignes n° 4 et 24 le long de la Route de Médiouna, le coefficient

d'occupation des places assises et debout journalier moyen est de l'ordre de 120 - 130 % et en heures de pointe, il atteint même 240 % environ.

Par ailleurs, le chemin de fer a été construit dans le but d'assurer un transport interurbain et de marchandises et ne possède pas d'équipements pouvant suffisamment rendre des services en tant que transport urbain. Pour qu'il puisse fonctionner en tant que tel, d'importants travaux d'amélioration de signalisation, de stations, etc. sont indispensables. Du point de vue du tracé également, le chemin de fer n'est pas approprié comme solution aux problèmes actuels de circulation du Grand Casablanca.

Pour faire face aux encombrements routiers des grandes villes ou pour fournir les moyens de transport suffisants au développement urbain, on peut avoir recours au renforcement du transport public par les autobus, à l'agrandissement de la capacité des routes, et à l'introduction d'un TCR (transport en commun rapide) dont le rendement est élevé.

Il est dit généralement que la limite de capacité de transport d'autobus est d'environ 5 000 personnes à l'heure dans une direction. Or d'après les demandes prévisionnelles de la Route de Médiouna du Grand Casablanca, le volume de trafic en l'an 2005 sera de 9 500 personnes environ aux heures de pointe par heure et par direction et si l'on tient compte de l'augmentation future des besoins en transport, on ne saurait considérer la solution par les autobus comme une mesure radicale pour le Grand Casablanca.

En outre, l'élargissement de la superficie des routes qui serait le moyen le plus efficace pour l'augmentation de la capacité routière présente une difficulté majeure dans l'acquisition des terrains dans le Grand Casablanca où l'urbanisation est déjà en cours et il serait difficile de la juger comme une solution réaliste. Comme on peut le constater dans les autres grandes villes du monde, comme Los Angeles, un transport urbain uniquement par circulation routière rencontre des limites fondamentales.

Aussi, pour pouvoir trouver une solution à la situation actuelle du Grand Casablanca qui est un grand métropole et régler les futurs problèmes de circulation urbaine, il semblerait donc nécessaire d'introduire nouvellement un TCR.

1.2 Itinéraire suivant lequel le TCR devrait être construit

Généralement quand un TCR doit être construit, on compare plusieurs solutions en tenant compte de l'actuelle implantation des fonctions urbaines et de leur emplacement futur. Mais comme premier pas pour une introduction de TCR, il est souhaitable en général de le construire d'abord sur les routes où les demandes en transport sont les plus grandes et où les encombrements, les plus sérieux, afin que l'on puisse viser dans le présent et dans l'avenir la solution à la congestion, et ce aussi bien du point de vue de l'intérêt public que de la gestion du TCR. Dans ce cas, il est primordial de rechercher une coordination avec les transports publics existants (autobus, chemin de fer) dans l'objectif d'amélioration d'efficacité du transport pour l'ensemble des transports urbains. De plus, il est préférable que l'itinéraire puisse contribuer largement à la promotion de l'urbanisation. L'étape suivante consiste à programmer le TCR de manière progressive suivant l'évolution du développement urbain et il serait nécessaire de promouvoir un futur essor sain de la ville et constituer un réseau de TCR aussi bien en aménageant et en améliorant les modes de transports existants dont l'essentiel est la circulation routière qu'en tenant compte de la coordination avec eux.

1.3 Nécessité de réaliser la solution optimale A-4'

Le tracé A de la solution optimale (A-4') proposée en conclusion de la présente étude dont le point de départ se situe à la Place Oued el Makhazine au centre-ville passe, dans le présent et l'avenir, par le centre-ville où la congestion est la plus élevée et la Route de Médiouna, tourne à l'est à Dar Touzani, passe par l'Avenue Driss El Harti aux environs de laquelle, il existe un plan de développement de logement de grande envergure pour arriver à Sidi Moumene, le terminus. Ce tracé garde la possibilité de prolongement à l'est de Sidi Moumene jusqu'à Mohammedia, assure un tracé de transport cohérent avec le programme d'urbanisation linéaire devant relier les deux extrémités de Casablanca et de Mohammedia du Schéma Directeur. Le long de ce parcours, il existe plusieurs terminus d'autobus et la gare de chemin de fer étant à proximité, une collaboration avec les modes de transport public existants est facilitée. De plus, il y existe également de nombreuses installations publiques qui sont des installations urbaines principales et ceci permet de rechercher l'intérêt d'un grand nombre de citoyens.

Compte tenu de tous ces aspects, le tracé A de la solution optimale qui relie le centre-ville et Sidi Moumene cherche dans le présent et dans l'avenir à résoudre les problèmes d'encombrement et il représente le tracé le plus urgent qui permette d'avancer un développement du Grand Casablanca qui soit cohérent avec le Schéma Directeur et dont la construction devrait précéder celle du tout autre tracé du TCR.

En ce qui concerne la solution optimale A-4', elle a été sélectionnée comme telle après un examen global technique, économique, financier et social ainsi que du programme d'aménagement de l'Axe de Médiouna auquel le Gouvernement marocain accorde du poids en tant qu'orientation, pour le TCR du Grand Casablanca. Il s'agit d'un chemin de fer sur roues métalliques de longueur totale de 15,1 km (7,0 km de section souterraine, 2,0 km au sol et 6,1 km en section aérienne) dont le montant total des coûts des travaux est de 2 546 millions de DH.

1.4 Evaluations économique et financière

- Evaluation économique

Taux rentabilité interne économique par hypothèse

	Hypothèse de base	Hypothèse 1	Hypothèse 2	Hypothèse 3	Hypothèse 4	Hypothèse 5	Hypothèse 6
Taux de croissance	3 %	2 %	4 %	3 %	3 %	3 %	2 %
Tarif de transport	3 DH	3 DH	3 DH	2 DH	4 DH	3 DH	3 DH
Coûts de construction						+ 10 %	+ 10 %
EIRR	9,2 %	8,6 %	9,8 %	8,8 %	9,4 %	8,3 %	7,8 %

Le taux de rentabilité interne économique (EIRR : Economic Internal Rate of Return) est de 9,2 % pour l'hypothèse de base et de 7,8 % pour l'hypothèse dont la valeur est minimale. Le Projet est largement faisable, si l'on tient compte du fait que les coûts relatifs à l'aménagement du réseau routier dans le cas sans le Projet sont exclus de l'analyse, que l'on peut s'attendre à des avantages d'économie en frais supérieurs aux valeurs calculées et de la caractéristique selon laquelle un transport urbain destiné uniquement aux voyageurs représente moins d'avantage qu'un chemin de fer général.

D'après les résultats de l'analyse de sensibilité, la valeur d'élasticité des coûts de construction est élevée, car de 1,052 et leur accroissement représente un grand impact sur la faisabilité du Projet. Aussi, il serait nécessaire, lors de la réalisation du Projet de veiller à la réduction des coûts de construction et à la prévention du dépassement des coûts.

- Evaluation financière

Le taux de rentabilité interne financier (FIRR : Financial Internal Rate of Return) du Projet est de 4,3 % pour l'hypothèse de base, de 2,4 % pour l'hypothèse 1 qui a le taux le moins élevé. Aussi, le Projet est financièrement faisable aux conditions suivantes :

- 1) Possibilité d'introduction des capitaux à un taux d'emprunt inférieur à 4 % pour la part en devises étrangères

- 2) Possibilité d'acquisition en totalité des fonds d'Etat pour la part en monnaie nationale

D'après les résultats de l'analyse de sensibilité, même si le tarif est maintenu à 2 DH ou si le coût de construction augmente de 10 %, ce Projet est faisable avec ces conditions.

Si, par ailleurs, il est possible d'avoir un tarif égal ou supérieur à 3 DH, l'une des deux conditions devient possible :

- 1) Tolérance jusqu'à 7,4 % maximum pour le taux d'intérêt d'emprunt en devises étrangères
- 2) Acquisition jusqu'à la moitié de la part en monnaie nationale de fonds onéreux

De ce qui vient d'être exposé et si l'on regarde l'importance de la nécessité d'un TCR par rapport au transport urbain actuel et futur du Grand Casablanca et du point de vue de l'économie nationale d'après les résultats de l'évaluation économique, la construction de la solution optimale A-4', est justifiée, et compte tenu de l'état des problèmes de circulation de ladite ville, elle devrait être exécutée dans les plus brefs délais. Si ce Projet doit être réalisé, il faudrait, par ailleurs, prendre des mesures financières en ce qui concerne les coûts de construction relatifs à l'exploitation, telles qu'obtention de crédits à bas taux d'intérêt pour la part en devises étrangères ou de fonds en dotation pour la part en monnaie locale.

1.5 Recommandation

De tous ces éléments, la construction de A-4' devrait être réalisée en priorité et devenir l'axe de base pour projeter le TCR futur suivant l'évolution du développement du Grand Casablanca. Il faudrait constituer un réseau de transports publics optimal, suivant un processus d'aménagement efficace, avec aménagement du réseau d'autobus comme requis, et aménagement et renforcement du chemin de fer existant, soit pour répondre à l'état de développement des quartiers riverains soit dans l'objectif d'induire cet essor, tout en maintenant une collaboration organique de l'ensemble.

2. PRINCIPE D'AMENAGEMENT DES TRANSPORTS URBAINS ET DETERMINATION DES TRACES DE BASE

Comme problèmes de circulation urbaine du Grand Casablanca, on peut énumérer comme suit :

- 1) L'encombrement élevé des voies autour de la Route de Médiouna
- 2) Le niveau bas de service du transport en autobus, ne répondant pas suffisamment aux besoins
- 3) Le non fonctionnement du chemin de fer en tant que transport urbain

En ce qui concerne l'aménagement du transport urbain de Casablanca, en tenant compte des problèmes cités ci-haut, le principe serait le suivant :

- 1) Le chemin de fer, bien que situé de manière conforme au projet d'urbanisation linéaire, nécessite des travaux d'amélioration d'équipements importants pour le dynamiser en tant que transport urbain.
- 2) Le transport par autobus rencontre des problèmes de contraintes d'aménagement viaire futur, dans la mesure où il s'agit d'un transport routier et un renforcement important du pouvoir de transport ne peut être attendu. Par conséquent, à moyen et à long terme, ce mode est destiné à acquérir un caractère de transport auxiliaire d'un système de transport collectif.
- 3) Aussi, afin de résoudre de manière radicale l'état actuel et les problèmes de circulation futurs de Casablanca, il s'avère indispensable d'introduire nouvellement un transport en commun rapide.

Si l'on pense au rôle que doit jouer un système de transport urbain à Casablanca, suivant le principe d'aménagement énoncé ci-haut, on peut penser à :

- solution à l'encombrement de circulation actuel et
- contribution à l'urbanisation future.

Les modèles de tracé qui peuvent être supposés suivant ces objectifs sont tels qu'indiqués ci-dessous (Fig. 2.1) :

- 1) Type à solution à la congestion : transport public du centre-ville et de la Route de Médiouna où la population riveraine est importante avec les encombrements les plus graves
- 2) Type à vocation suiveuse de l'aménagement des logements : transport public des principaux quartiers à développement d'habitation d'Aïn Chock, Ben M'sick, Aïn Sebaâ, etc.
- 3) Type à vocation suiveuse de l'aménagement industriel : transport public de la zone industrielle concentrée sur la corniche à l'est de la ville et dans les quartiers qui y sont situés au sud

En fonction des idées ci-haut, si des tracés de base sont choisis, en tenant compte des propriétés géométriques des voies, quatre tracés sont possibles (Fig. 2.2).

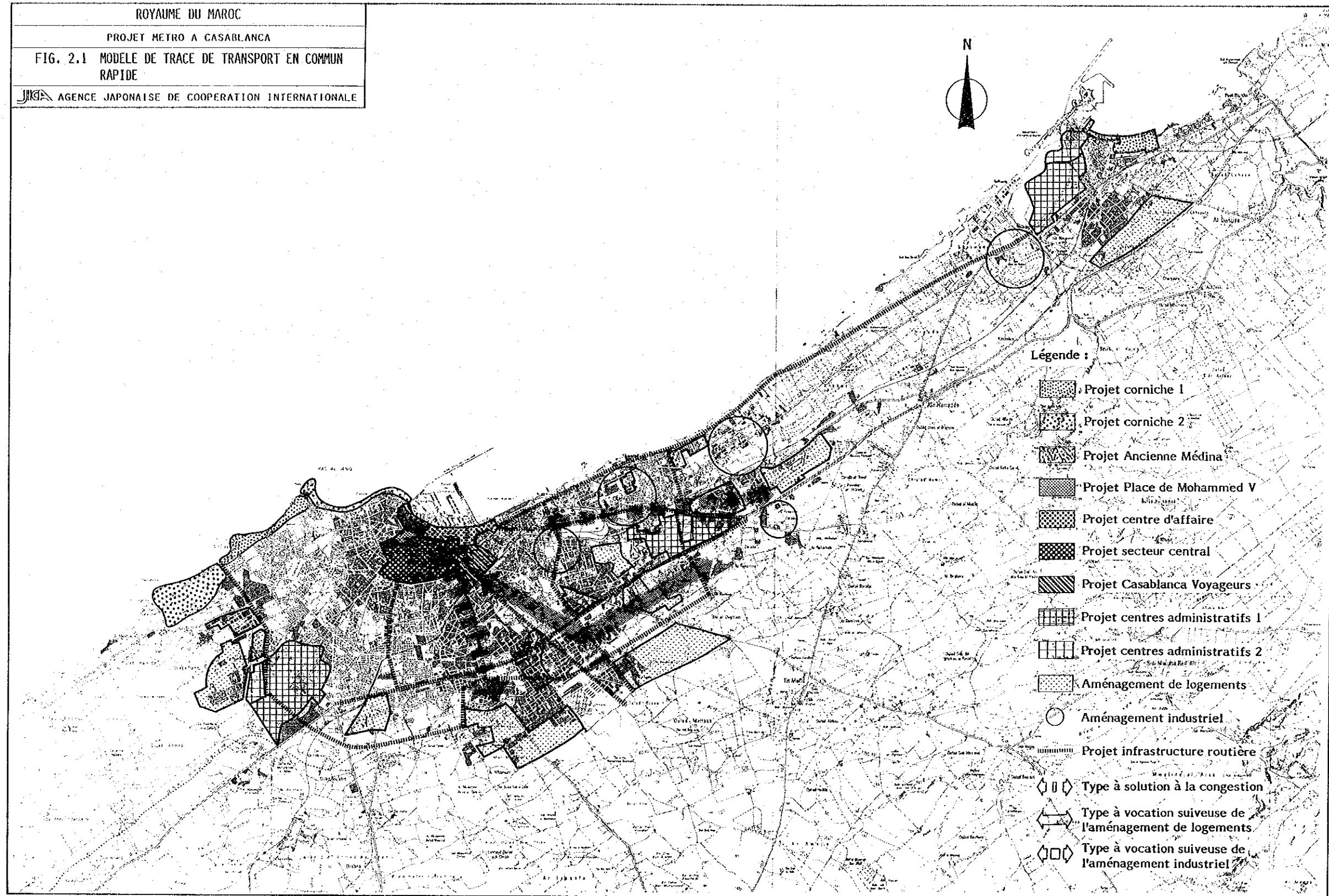
Le Tableau 2.1 représente les résultats de l'examen de ces quatre tracés. Ce sont les deux tracés A et B qui ont été retenus comme tracés de base devant être objet d'étude pour la construction d'un transport en commun rapide.

ROYAUME DU MAROC

PROJET METRO A CASABLANCA

FIG. 2.1 MODELE DE TRACE DE TRANSPORT EN COMMUN RAPIDE

JICA AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE



ROYAUME DU MAROC
PROJET METRO A CASABLANCA
FIG. 2.2 SCHEMA DES TRACES DE BASE
JICA AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE

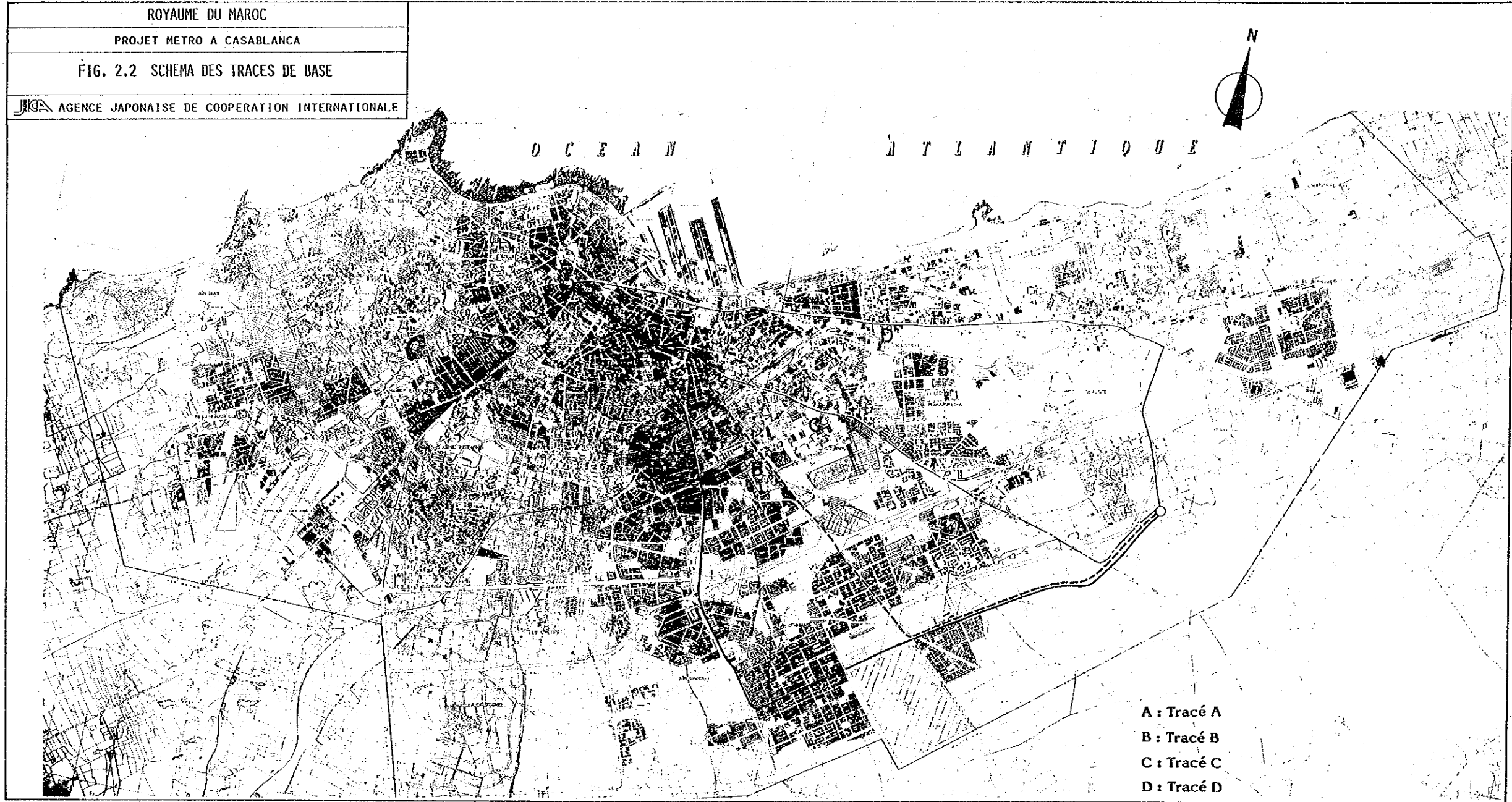


Tableau 2.1 Comparaison des solutions

	A	B	C	D
Longueur totale	15,2	12,9	11,0	11,8
Etapas, etc.	Place Oued el Makhazine Boulevard de Paris Place de la Victoire Route de Médiouna Cité Jemaâ Avenue A Préfecture de Ben M'sick Sidi Moumene	Place Oued el Makhazine Boulevard de Paris Place de la Victoire Route des Ouled Ziane Préfecture de Ben M'sick Avenue A Sidi Moumene	Place Oued el Makhazine Boulevard de Paris Place de la Victoire Boulevard Ibn Tachfine RN 106 Sidi Moumene	Place Oued el Makhazine Avenue F. A. R. Avenue Pasteur Avenue Moulay Ismer Route de Rabat Aïn Sebaâ Sidi Moumene
Longueur de la voie (km) (souterraine + aérienne)	15,2 (1,9 + 13,3)	12,7 (2,9 + 9,8)	11,0 (3,0 + 8,0)	11,8 (0 + 11,8)
Population riveraine en unité	1 700 000	1 100 000	820 000	630 000
Caractéristique du tracé	Solution à la congestion plus vocation suiveuse de l'aménagement	Solution à la congestion plus vocation suiveuse de l'aménagement	Vocation suiveuse de l'aménagement	Vocation suiveuse de l'aménagement
Demande de transport (personnes/jour)	205 000	133 000	99 000	76 000
Nombre requis de voitures	72 (une rame de 18)	48 (une rame de 12)	36 (une rame de 9)	32 (une rame de 8)
Coût de construction en million de DH	2 041	1 819	1 565	1 220
Frais de gestion et d'exploitation en million de DH	1 607	1 200	1 035	980
Nombre total de voyageurs en million	2 271	1 466	1 082	839
Revenu total en million de DH	6 812	4 399	3 247	2 517
Coût total de l'entreprise par utilisateur en DH	1,61	2,06	2,40	2,62
Rapport recettes-frais	1,867	1,457	1,249	1,144

Nota : Calcul comparatif en prenant pour hypothèse le monorail

3. PREVISION DE LA DEMANDE

Pour la prévision de la demande de la présente étude, les éléments suivants ont été considérés :

- 1) Répartition de la population future selon le Schéma Directeur D'Aménagement et d'Urbanisation
- 2) Utilisation future des terrains
- 3) Répartition future des industries

La population future du Grand Casablanca a été établie comme indiqué au Tableau 3.1.

Tableau 3.1 Population future du Grand Casablanca urbain

(Unité : 1 000 personnes)

	1982	1982-1985	1985	1985-1990	1990	1990-1995	1995	1995-2000	2000	2000-2005	2005
Taux d'augmentation (%)		3,30		3,17		3,05		2,92		2,80	
Population	2 318		2 555		2 986		3 470		4 007		4 600

Pour la prévision, une étendue de 1,0 à 1,5 km de part et d'autre de la voie du transport en commun rapide qui sera introduite, est considérée comme sphère d'influence et une enquête sur les déplacements de personnes a été effectuée. Le nombre d'utilisateurs futurs par tracé estimé à partir des résultats de cette enquête à l'aide du modèle désagrégé est tel que représenté au Tableau 3.2.

Tableau 3.2 Résultat de prévision pour TCR

Année	Article	Tracé A	Tracé B
1985	Nombre de voyageurs journalier	149 000	103 000
	Nbre maxi de passagers en section : un jour	31 500	25 800
	heure de pointe	6 590	4 770
1993 (Lors de la mise en service)	Nombre de voyageurs journalier	192 000	125 000
	Nbre maxi de passagers en section : un jour	43 900	31 900
	heure de pointe	8 590	5 730
2005	Nombre de voyageurs journalier	205 000	133 000
	Nbre maxi de passagers en section : un jour	48 500	34 600
	heure de pointe	9 420	6 260

Nota :

- i) Nombre de voyageurs journalier est celui pour un trajet double.
- ii) Nombre maxi de passagers en section (heure de pointe) est celui pendant une heure à l'heure de pointe et pour un trajet simple.

4. ETABLISSEMENT DES SOLUTIONS ET CHOIX DE LA SOLUTION OPTIMALE

4.1 Etablissement des solutions

Pour introduire le TCR comme moyen de transport urbain dans le Grand Casablanca, les études portaient sur ses systèmes et ses tracés concrétisés à

partir des tracés de base A et B. Elles ont donné pour résultat 13 solutions possibles (Tableau 4.1).

L'évaluation du point de vue socio-économique et technologique a été faite sur ces 13 solutions (Tableaux 4.2 et 4.3), parmi lesquelles 7 solutions ont été sélectionnées en accord avec le gouvernement marocain, comme celles dignes d'être étudiées plus en détail pour le choix de la solution optimale.

Tableau 4.1 Tableau descriptif des solutions

Désignation de la solution	A-1	A-2	A-3	A-4	A-4'	A-5	A-6
Niveau du parcours	tout aérien	souterrain + aérien	souterrain + aérien	souterrain + aérien	souterrain + au sol + aérien	tout aérien	tout aérien
Système	monorail	monorail	roues pneumatiques	roues pneumatiques	roues métalliques	roues métalliques	monorail
Principaux lieux desservis	<ul style="list-style-type: none"> - Place Oued el Makhazine - Boulevard de Paris - Place de la Victoire - Route de Médiouna - Avenue A - Avenue Driss El Harti - Sidi Moumene 					<ul style="list-style-type: none"> - Place Oued el Makhazine - Avenue F. A. R. - Rue Mohammed Smiha - Place de la Victoire - Route de Médiouna - Avenue Driss El Harti - Sidi Moumene 	
Longueur ligne (km) (souterraine + au sol + aérienne)	15,2 (0 + 0 + 15,2)	15,2 (1,9 + 0 + 13,3)	15,2 (1,9 + 0 + 13,3)	15,2 (3,3 + 0 + 11,9)	15,2 (7,0 + 2,2 + 6,0)	15,9 (0 + 0 + 15,9)	15,9 (0 + 0 + 15,9)
Nombre de stations	18	18	18	18	17	18	18
Demande en transport (pers./jour)	205 000	205 000	205 000	205 000	205 000	205 000	205 000
Coût total (million de DH)	3 382	3 648	3 583	3 810	3 672	3 036	3 498
1. Coût de construction (million de DH)	1 816	2 041	2 001	2 160	2 215	1 662	1 870
2. Coûts de gestion et d'exploitation, de 1993 à 2022 (million de DH)	1 566	1 607	1 582	1 650	1 457	1 374	1 628

Tableau 4.1 Tableau descriptif des solutions (suite)

Désignation de la solution	B-1	B-1'	B-2	B-3	B-4	B-5	Remarques
Niveau du parcours	souterrain + aérien	souterrain + au sol + aérien	souterrain + aérien	tout aérien	tout aérien	tout aérien	
Système	monorail	roues métalliques	roues pneumatiques	monorail	roues pneumatiques	roues métalliques	
Principaux lieux desservis	<ul style="list-style-type: none"> - Place Oued el Makhazine - Boulevard de Paris - Place de la Victoire - Rond-point Dakar - Route des Ouled Ziane - Avenue 10 Mars 1982 - Avenue Driss El Harti - Sidi Moumene 			<ul style="list-style-type: none"> - Place Oued el Makhazine - Avenue F. A. R. - Place Mirabeau - Boulevard de la Résistance - Rond-point Dakar - Route des Ouled Ziane - Avenue 10 Mars 1982 - Avenue Driss El Harti - Sidi Moumene 			
Longueur ligne (km) (souterraine + au sol + aérienne)	12,7 (2,9 + 0 + 9,8)	12,7 (3,9 + 4,0 + 4,8)	12,7 (2,9 + 0 + 9,8)	13,3 (0 + 0 + 13,3)	13,3 (0 + 0 + 13,3)	13,3 (0 + 0 + 13,3)	
Nombre de stations	16	17	16	17	17	17	
Demande en transport (pers./jour)	133 000	133 000	133 000	133 000	133 000	133 000	en l'an 2005
Coût total (million de DH)	3 019	2 682	2 930	2 699	2 712	2 440	Coût de construction + coût de gestion et d'exploitation
1) Coût de construction (million de DH)	1 819	1 598	1 746	1 508	1 520	1 374	Calcul de coûts de travaux bruts seuls
2) Coûts de gestion et d'exploitation, de 1993 à 2022 (million de DH)	1 200	1 084	1 184	1 191	1 192	1 066	Total sur 30 ans

Tableau 4.2 Résultats de sélection relative au tracé A

Rubrique d'évaluation		A-1	A-2	A-3	A-4	A-4'	A-5	A-6
Fiabilité		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Capacité de transport		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Caractéristique technique	① Vitesse commerciale	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	② Pente maximale	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	③ Rayon de courbe minimal	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Confort	① Bruit intérieur	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	⊙
	② Vibration du matériel roulant	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Sécurité		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Maintenabilité	① Rail, etc.	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	② Matériel roulant, etc.	○	○	○	○	⊙	⊙	○
Tenue face au climat et au temps		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Accessibilité	① Population riveraine	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	② Utilisateurs	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Aspect économique	① Coût de construction	○	△	△	△	△	⊙	○
	② Coût gestion et d'exploitation	○	△	△	△	○	⊙	○
Esthétique		○	○	○	○	⊙	▲	○
Environnement	① Bruit	○	⊙	⊙	⊙	⊙	▲	○
	② Ensoleillement	○	⊙	⊙	⊙	⊙	○	⊙
	③ Vie privée	▲	△	△	○	⊙	△	△
Liaison avec les modes de transport existants	① Voie	○	○	○	○	○	⊙	⊙
	② Autobus	○	○	○	○	○	⊙	⊙
Entraves au trafic routier		○	⊙	○	○	⊙	○	⊙
Evaluation			⊙		⊙	⊙		⊙

Légende : ⊙ : Excellent, ○ : Bon, △ : Normal, ▲ : Médiocre

Tableau 4.3 Résultats de sélection relative au tracé B

Rubrique d'évaluation		B-1	B-1'	B-2	B-3	B-4	B-5
Fiabilité		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Capacité de transport		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Caractéristique technique	① Vitesse commerciale	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	② Pente maximale	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	③ Rayon de courbe minimal	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Confort	① Bruit intérieur	⊙	○	⊙	⊙	⊙	○
	② Vibration du matériel roulant	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Sécurité		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Maintenabilité	① Rail, etc.	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	② Matériel roulant, etc.	○	⊙	○	○	○	⊙
Tenue face au climat et au temps		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Accessibilité	① Population riveraine	○	○	○	○	○	○
	② Utilisateurs	○	○	○	○	○	○
Aspect économique	① Coût de construction	△	○	△	○	○	⊙
	② Coût gestion et d'exploitation	▲	△	▲	▲	▲	△
Esthétique		⊙	○	○	○	△	△
Environnement	① Bruit	⊙	⊙	⊙	○	○	△
	② Ensoleillement	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	③ Vie privée	⊙	⊙	⊙	○	○	○
Liaison avec les modes de transport existants	① Voie	○	○	○	⊙	⊙	⊙
	② Autobus	△	△	△	○	○	○
Entraves au trafic routier		⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙
Evaluation		⊙	⊙				⊙

Légende : ⊙ : Excellent, ○ : Bon, △ : Normal, ▲ : Médiocre

4.2 Etablissement de la solution optimale

Le descriptif des sept variantes retenues ci-haut est donné au Tableau 4.4. Les résultats de leur évaluation sont repris au Tableau 4.5, mais les résultats concrets de chaque variante sont les suivants :

L'accent a été mis sur les aspects suivants :

- 1) Peu d'incidence sur le Projet d'aménagement de l'Axe de Médiouna
- 2) Viabilité économique suffisante du Projet en tant qu'entreprise public
- 3) Promotion d'un développement futur harmonique de la ville de Casablanca

Comme postes d'évaluation, les indices financiers et sociaux de chaque cas ont été établis comme indiqué au Tableau 4.5.

Pour le projet d'aménagement de l'Axe de Médiouna, celui-ci est étudié par le Gouvernement marocain, parallèlement à l'étude du TCR par JICA en tant qu'élément du projet d'urbanisation de Casablanca. Les orientations du Gouvernement marocain ont été précisées, dans le sens du poids important à accorder au projet d'aménagement de l'Axe de Médiouna, pour la construction du TCR.

- (1) En considération de ce point de vue, les tracés A-4' et B retrouvent en position privilégiée et les autres sont moins bons.
- (2) Si une évaluation financière est portée à A-4' et B, en bonne position d'après (1) ci-haut, ce sont les variantes A-4' et B-5 qui sont les mieux placées.
- (3) L'évaluation sociale de A-4' et B-5 révèle la supériorité de A-4'.
- (4) A-4' est très nettement supérieure à B-5 en ce qui concerne le nombre total d'utilisateurs.

De ces résultats, la solution optimale devant être adoptée pour la construction du TCR à la ville de Casablanca sera A-4'.

Tableau 4.4 Description des solutions

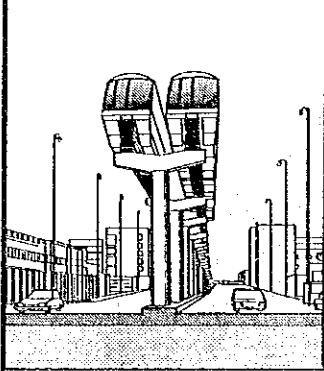
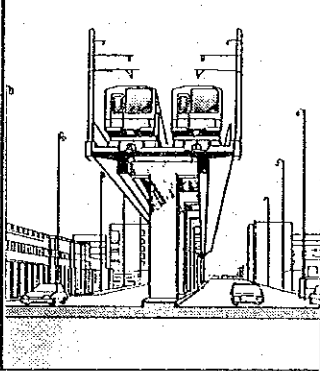
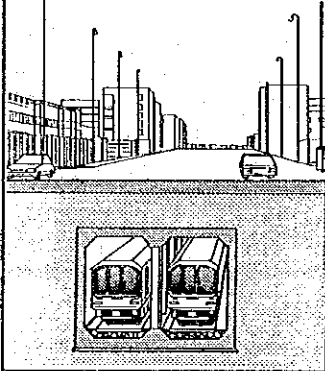

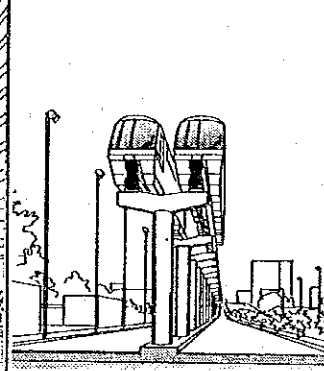
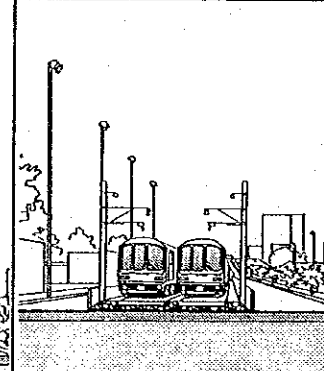
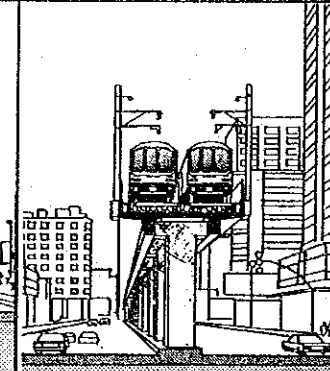
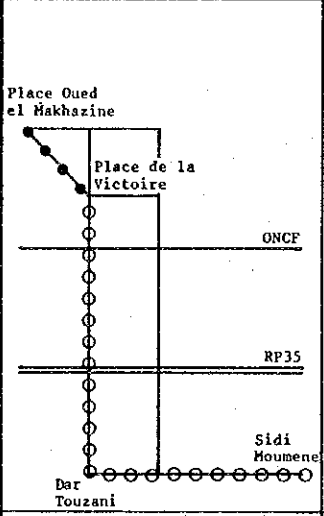
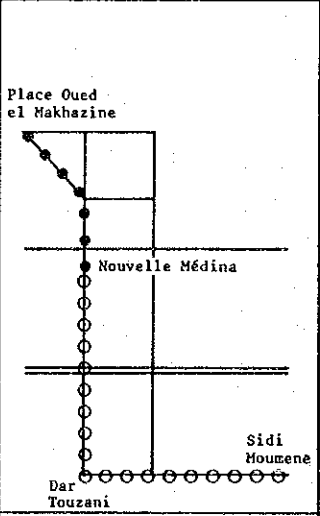
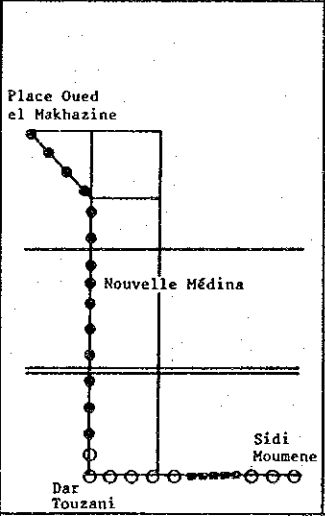
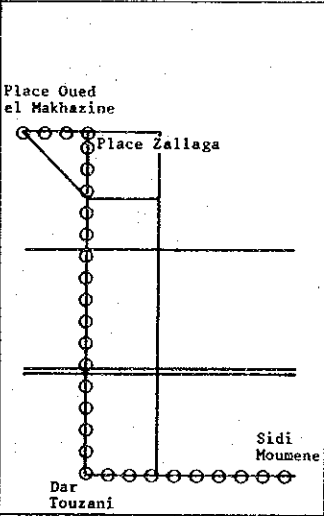
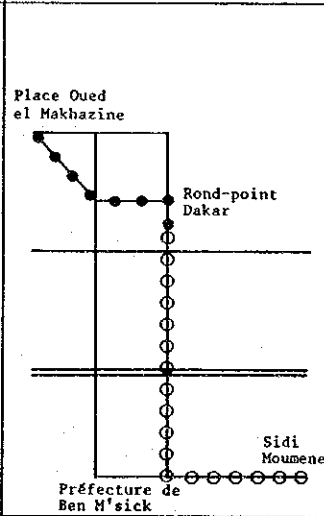
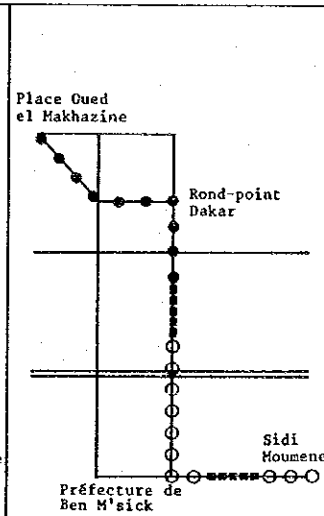
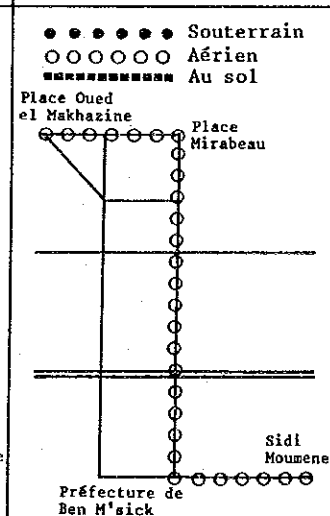
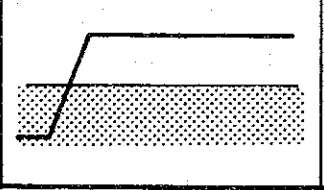
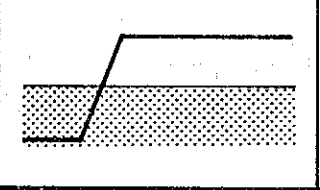
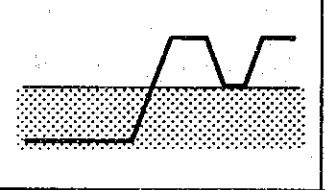
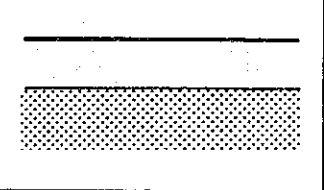
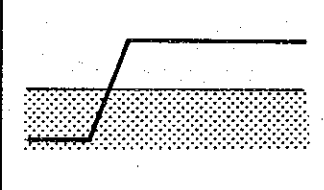
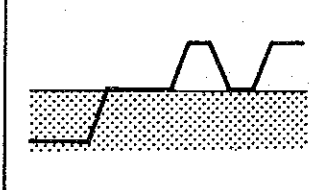
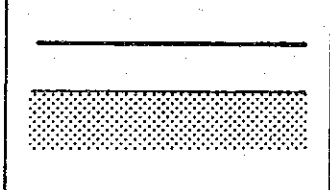
A - 2	A - 4	A - 4'	A - 6	B - 1	B - 1'	B - 5
Monorail	Roues pneumatiques	Roues métalliques	Monorail	Monorail	Roues métalliques	Roues métalliques
						
<ul style="list-style-type: none"> . Place Oued el Makhazine . Boulevard de Paris . Place de la Victoire . Route de Médiouna . Avenue A . Avenue Driss El Harti . Sidi Moumene 			<ul style="list-style-type: none"> . Place Oued el Makhazine . Avenue F.A.R. . Rue Mohammed Smiha. . Place de la Victoire. . Route de Médiouna . Avenue Driss El Harti . Sidi Moumene 		<ul style="list-style-type: none"> . Place Oued el Makhazine . Avenue F.A.R. . Place Mirabeau . Boulevard de la Résistance. . Rond-point Dakar . Route des Ouled Ziane . Avenue 10 Mars 1982 . Avenue Driss El Harti . Sidi Moumene 	
						
<p>●●●●●● Souterrain ○○○○○○ Aérien ■■■■■■■■ Au sol</p>						
						

Tableau 4.5 Résultats d'évaluation des solutions

Solution	A2	A4	A4'	A6	B1	B1'	B5	
Système	Monorail	Chemin de fer sur pneumatiques	Chemin de fer à roues métalliques	Monorail	Monorail	Chemin de fer à roues métalliques	Chemin de fer à roues métalliques	
Niveau de parcours	souterrain + aérien	souterrain + aérien	souterrain + au sol + aérien	aérien	souterrain + aérien	souterrain + au sol + aérien	aérien	
Longueur du tracé (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)	13,2	
Population riveraine (1 000 personnes)	1 700	1 700	1 700	1 700	1 100	1 100	1 100	
<taux>	<100>	<100>	<100>	<100>	<65>	<65>	<65>	
Total utilisateurs (million de personnes)	2 271	2 271	2 271	2 271	1 466	1 466	1 466	
Impact sur le plan d'aménagement de l'Axe de Médiouna	Oui	Oui	Non	Oui	Non	Non	Non	
Indices financiers	Recettes totales (million de DH)	(6 812) 1 993	(6 812) 1 993	(6 812) 1 993	(6 812) 1 993	(4 399) 1 289	(4 399) 1 289	(4 399) 1 289
	Dépenses totales (million de DH)	(3 852) 2 221	(4 026) 2 335	(3 894) 2 303	(3 685) 2 077	(3 201) 1 894	(2 842) 1 679	(2 577) 1 481
	Coûts de construction (million de DH)	(2 245) 1 752	(2 376) 1 860	(2 437) 1 912	(2 057) 1 605	(2 001) 1 562	(1 758) 1 380	(1 511) 1 186
	Frais de gestion et d'exploitation (million de DH)	(1 607) 469	(1 650) 475	(1 457) 391	(1 628) 475	(1 200) 332	(1 084) 299	(1 066) 295
	Rapport recettes/dépenses	0,90	0,85	0,87	0,96	0,68	0,77	0,87
	Evaluation financière	○	○	○	⊙	△	△	○
Indices sociaux	Esthétique	○	○	⊙	○	⊙	○	△
	Environnement :							
	- Bruit	⊙	⊙	⊙	○	⊙	⊙	△
	- Obstacle à l'ensoleillement	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	- Vie privée	△	○	⊙	△	⊙	⊙	○
	Liaisons avec les moyens de transport existants :							
	- Chemin de fer	○	○	○	⊙	○	○	⊙
- Autobus	○	○	○	⊙	△	△	○	
Obstacles au trafic routier	⊙	○	⊙	⊙	⊙	○	⊙	
Evaluation sociale	△	△	⊙	○	○	△	△	
Solution optimale			★					

Nota : 1) La population riveraine est celle en l'an 2005.

2) Le total des utilisateurs et les frais de gestion et d'exploitation sont la somme de ceux prévisibles sur 30 ans (1993 à 2022).

3) Prix : montant actuel de 1986 estimé aux prix de 1986, actualisé avec le taux d'actualisation de 6,5 % ;
() : montant calculé avec les prix de 1986

Légende : ⊙ : très bien, ○ : bien,
△ : passable, ▲ : médiocre

5. PLAN DE CONSTRUCTION

Le plan de construction des installations et équipements pour la solution optimale est décrit ci-après :

5.1 Tracé

Pour le tracé de la solution optimale, déterminé après l'examen minutieux, la Figure 5.1 donne sa représentation graphique et le Tableau 5.1 sa description générale.

Tableau 5.1 Description générale du tracé

Division des zones desservies	de la Place Oued el Makhazine à l'Autoroute RP35	de l'Autoroute RP35 à la Dar Touzani	de Dar Touzani à la Route secondaire 102	de la Route secondaire 102 à Sidi Moumene	Nota
Caractéristiques					
Principaux lieux entrant dans l'itinéraire	Place Oued el Makhazine Boulevard de Paris Avenue Lalla Yacout Place de la Victoire Route de Médiouna Autoroute RP35	Autoroute RP35 Espace vert à l'ouest de la Route Principale Numéro 7 Dar Touzani	Dar Touzani Avenue Driss El Harti Devant le Marché de Gros Côté de la Préfecture de Ben M'sick Devant l'Université de Hassan II Route secondaire 102	Route secondaire 102 Avenue N (route en projet) Vestige de la carrière	
Niveau de parcours	souterrain	souterrain + aérien	au sol + aérien	aérien	
Longueur du tracé (km)	5,4 (toute souterraine)	2,2 (souterraine 1,6 + aérienne 0,6)	5,8 (au sol 2,0 + aérienne 3,8)	1,7 (toute aérienne)	au total 15,1 km
Nombre de stations	9 (toutes souterraines)	2 (1 souterraine + 1 aérienne)	5 (2 au sol + 3 aériennes)	1 (aérienne)	au total 17 stations
Rayon minimal de courbe sur plan horizontal (m)	200	100	200	200	
Pente maximale (‰)	34,5	39,2	37,5	40,0	
Remarques	<ul style="list-style-type: none"> - Le parcours entièrement souterrain ne gêne pas la circulation routière. - Il ne gêne pas le plan d'aménagement de l'Axe de Médiouna. - Cette section d'environ 3 km sera constituée d'un tunnel à couche épaisse de mort-terrain, puisqu'elle passe par dénivellation tant au-dessous du canal d'écoulement enterré sous le Boulevard de la Résistance et le Boulevard El Fida qu'au-dessous du chemin de fer ONCF et de l'Autoroute RP35 réalisés en fossé. 	<ul style="list-style-type: none"> - Le tracé sous l'espace vert (plan V17) longeant à l'ouest la Route Principale Numéro 7 change de niveau du souterrain à l'aérien près de Dar Touzani. Le plan V17 doit donc être modifié en partie. - L'acquisition du terrain et le déplacement des immeubles (3 stations-service) sont nécessaires pour cette section. 	<ul style="list-style-type: none"> - La section de parcours au sol de 2 km après l'Avenue 10 Mars 1982 jusqu'aux environs de l'Université de Hassan II est tracée au centre de la route. - Les chaussées des voies montante et descendante de la route dans la section au sol diffèrent entre elles en l'hauteur d'environ 2 m. La route en passage à niveau doit être bien traitée dans l'étude soigneuse. 	<ul style="list-style-type: none"> - Le tracé passe au-dessus de l'Avenue N en projet. Il faut donc des consultations détaillées avec les organismes concernés. - Le vestige de la carrière est le plus approprié comme emplacement du garage-atelier. 	

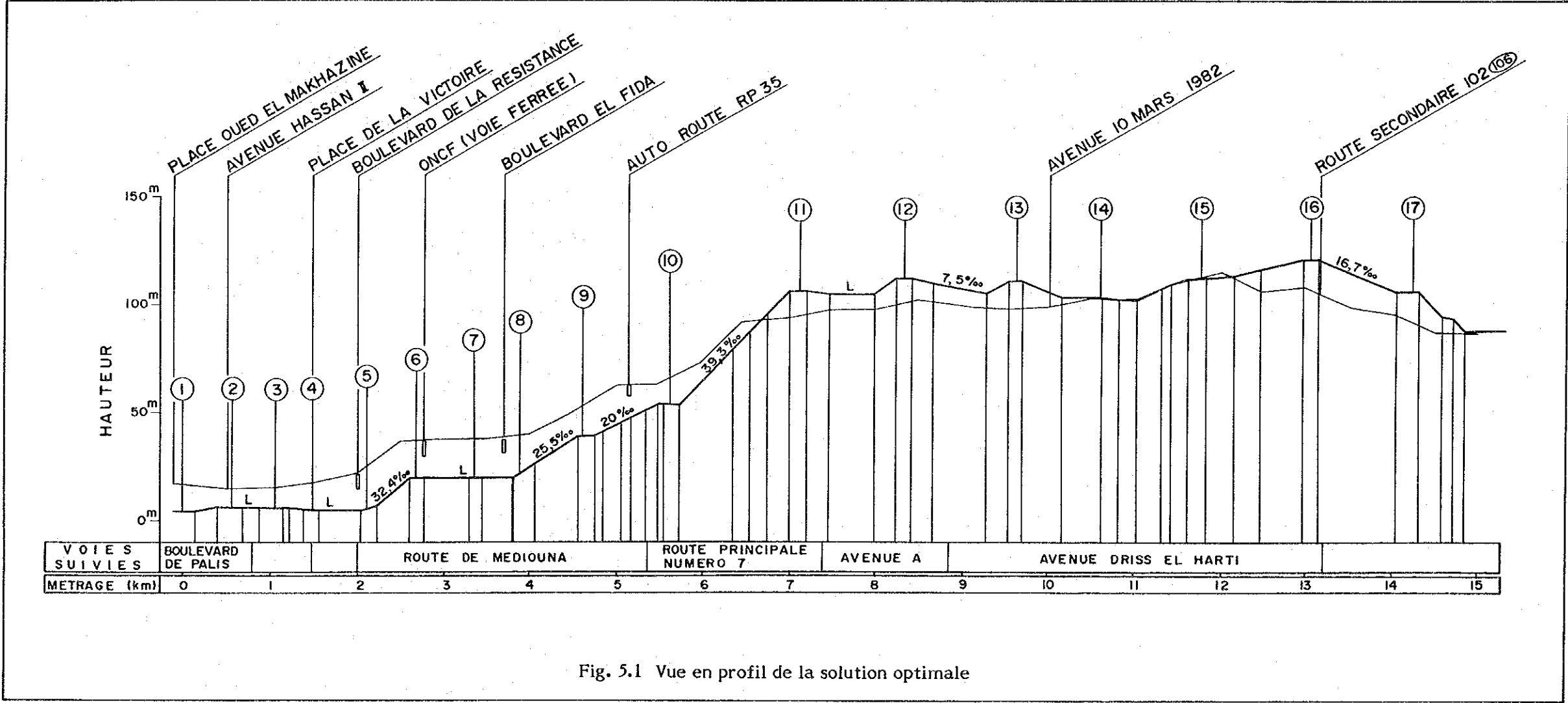


Fig. 5.1 Vue en profil de la solution optimale

5.2 Plan de transport

Le Tableau 5.2 donne la description générale du plan de transport élaboré d'après la demande de transport et le profil du tracé retenu.

Tableau 5.2 Plan de transport

Caractéristiques	Année			
	1993	1995	2000	2005
Utilisateurs journaliers (pour trajet double) (1 000 personnes/jour)	192,2	196,8	200,9	205,2
Trafic maximal en section par heure de pointe (pour trajet simple) (personnes/h)	8 590	8 890	9 150	9 420
Système de bloc	automatique			
Vitesse maximale de marche (km/h)	80			
Temps de parcours :				
- Descendant	30' 00"			
- Montant	29' 30"			
Vitesse commerciale (km/h)	28,4			
Nombre de trains par heure de pointe (pour une direction)	12	12	13	14
Intervalle de service aux heures de pointe	5' 00"	5' 00"	4' 40"	4' 20"
Nombre total de trains par jour (pour trajet double)	152	152	160	176
Coefficient d'occupation des places (assises + debout) aux heures de pointe (%)	186	193	183	175
Nombre requis de matériels (Nombre de rames)	64 (16)	64 (16)	68 (17)	72 (18)

Nota : 1) Les trains sont exploités de 5 h à 23 h.
2) Ils s'arrêtent à chaque station pendant 30 secondes.

5.3 Plan du matériel roulant

Compte tenu de la demande de transport, du profil de tracé et des autres conditions locales, le matériel à utiliser pour le Projet étudié aura les performances et caractéristiques principales indiquées au Tableau 5.3. Le schéma d'encombrement du matériel roulant est donné sur la Figure 5.2.

Tableau 5.3 Performances et caractéristiques principales du matériel roulant

Performances et caractéristiques	Description
1. Performances du matériel roulant	
- Vitesse maximale	80 km/h
- Accélération	3,0 km/h/s
- Décélération (d'urgence)	3,0 (3,5) km/h/s
2. Composition de la rame	2M 2R (Rc · M · M · Rc)
3. Dimensions du matériel roulant (long x large x haut)	16 x 2,6 x 3,5 m
4. Nombre de passagers	
- Nombre fixé (debout : 0,35 m ² / personne) par voiture	96
- Nombre maximal (debout : 0,1 m ² /personne) par voiture	236
- Coefficient d'occupation des places (assises + debout) maximal	246 %
5. Poids mort	M : environ 29 tonnes Rc : environ 26 tonnes
6. Carrosserie	Construction légère en inox
7. Captation électrique	par pantographe
8. Commande	à onduleur VVVF
9. Freinage	Frein pneumatique à commandement électrique utilisant à la fois le frein à récupération (avec frein de sécurité)

Légende : M -- automotrice ; R, Rc -- remorque

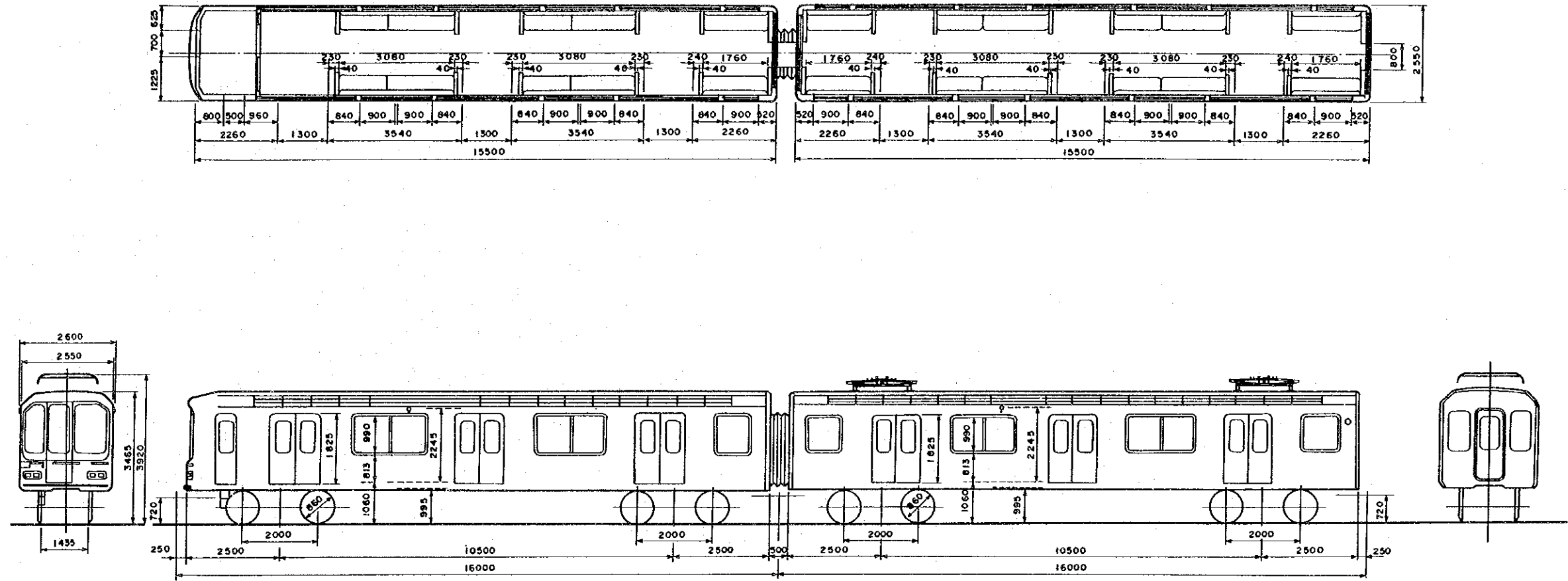


Fig. 5.2 Schéma d'encombrement du matériel roulant

5.4 Plan des installations et équipements

(1) Normes de construction

Les normes techniques applicables à la réalisation du TCR seront telles qu'indiquées au Tableau 5.4.

Tableau 5.4 Synoptique des normes de construction

Caractéristiques	Description	Remarques
1. Ecartement de voie	1 435 mm	
2. Courbes		
1) Rayon mini de courbe sur plan horizontal		
- Ligne principale	200 m	De 100 m, quand inévitable
- Courbe liée à la bifurcation de ligne principale	185 m	Tenir compte de rayon de courbe correspondant à la bifurcation n° 10.
- Courbe longeant le quai	500 m	
- Voie de service	125 m	De 100 m, quand inévitable
- Courbe liée à la bifurcation de voie service	118 m	Tenir compte de rayon de courbe correspondant à la bifurcation n° 8.
2) Développement de la courbe de raccord	L1 = 0,6 C L2 = 0,008 CV L3 = 0,009 CdV	Les courbes tridimensionnelles seront utilisées. C : dévers (mm) V : vitesse des trains (km/h) Cd : insuffisance de dévers (mm)
3) Distance linéaire entre courbes de raccord	16 m	Identique à la longueur du matériel
4) Dévers	$C = 11,3 V^3/R$	Dévers maxi = 140 mm Insuffisance de dévers maxi = 60 mm R : rayon de courbe (m)
5) Rayon mini de courbe sur plan vertical	3 000 m	A la rigueur, un rayon de 2 000 m est acceptable. Ce rayon est négligé pour un changement de déclivité ne dépassant pas 1 %.
3. Pent		
1) Pente maxi		
- Ligne principale	40/1 000	
- Enceinte de station	10/1 000	
- Voie de service	40/1 000	
4. Construction des voies	Ballast en graviers	
1) Epaisseur du ballast	200 mm	
2) Entre-voie	3 200 mm	

(2) Ouvrages de génie civil

Divisée en sections souterraine, au sol et aérienne, la ligne considérée aura des ouvrages très variés. La Figure 5.3 donne les esquisses des ouvrages typiques aux sections souterraine et aérienne.

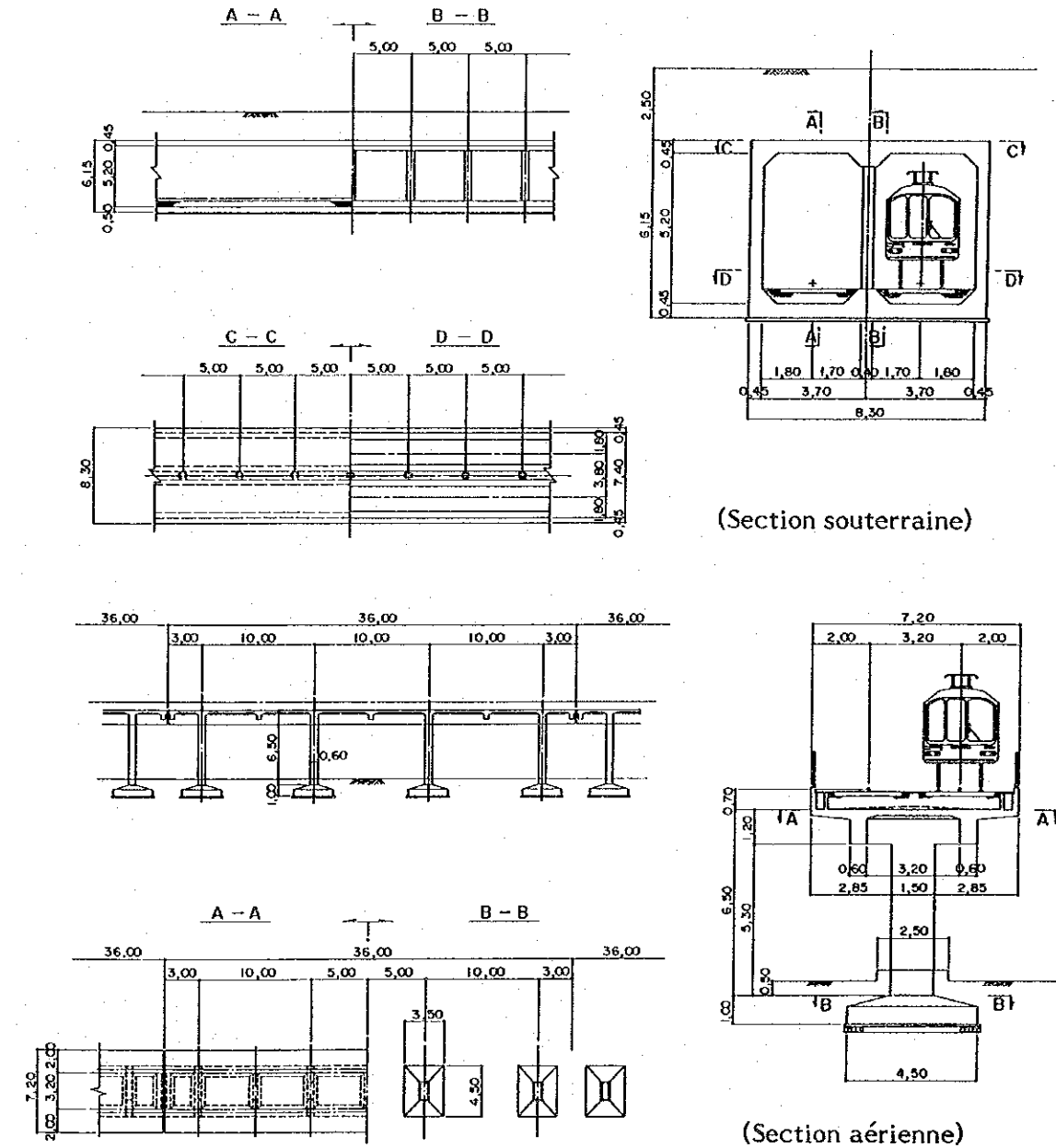


Fig. 5.3 Esquisses des ouvrages de génie civil

(3) Installations de station

Regroupées selon le nombre d'utilisateurs par station estimé pour l'an 2005, les stations auront respectivement un bâtiment de taille suivante :

- Grande station : stations n° 2, 10, 11 et 16
- Station normale : stations autres que les susdites

Le quai sera du type extérieur en principe, sauf la tête de ligne, le terminus et les stations au sol qui auront le quai central. La largeur du quai sera de 5 m pour les grandes stations et de 4 m pour les stations normales, celle du quai central étant de 6 m.

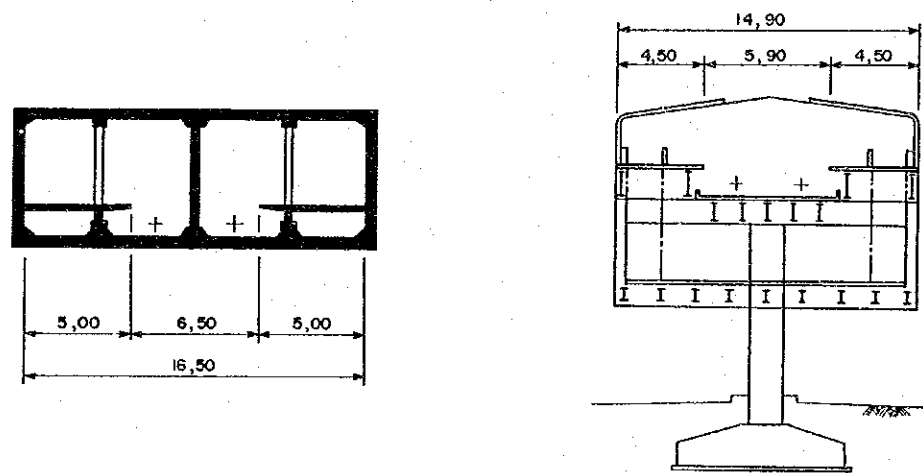


Fig. 5.4 Coupe-type du bâtiment de station

Parmi les stations souterraines à partir de la tête de ligne à la station n° 10, les stations n° 5 à 8, se trouvant à une profondeur importante au-dessous de la surface, seront équipées d'ascenseurs.

La coupe des stations typiques, souterraine et aérienne, est donnée à la Figure 5.4 et la vue en plan du bâtiment d'une station aérienne à la Figure 5.5.

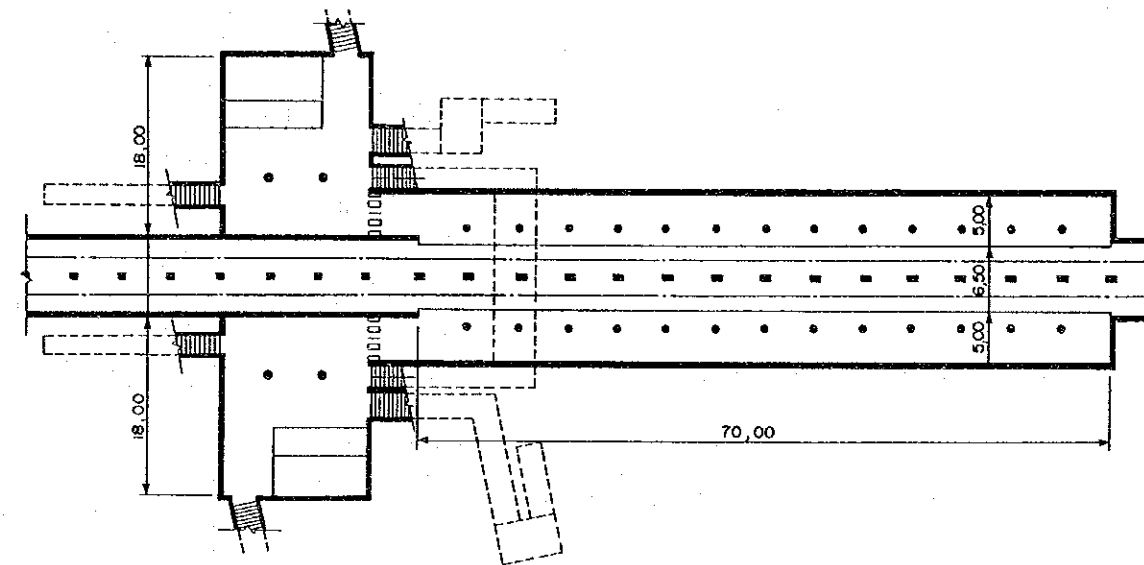


Fig. 5.5 Vue en plan du bâtiment de station

(4) Installations électriques

1) Sous-station

L'alimentation sera parallèle sous 1 500 V c. c. avec la régulation de tension conforme à CEI 38. L'électricité sera fournie par la RAD sur 2 lignes de distribution privées individuelles sous 20 kV triphasé 50 Hz. La Figure 5.6 représente le schéma d'alimentation.

2) Ligne de contact

La ligne aérienne unique sera, pour les sections en tunnel, constituée rigide par la combinaison d'une monture en alliage d'aluminium et d'un fil de trolley en cuivre. Elle sera faite d'une caténaire simple pour les sections plein air.

3) Distribution

L'alimentation des installations de signalisation/télécommunication, des stations et des autres sera assurée par 2 lignes de distribution sous 6,6 kV triphasé à partir des transformateurs de distribution installés dans les sous-stations aux deux extrémités du tracé.

Les tunnels seront équipés d'un éclairage, de source d'alimentation pour travail, de pompe d'épuisement, etc.

Le garage-atelier aura une installation de distribution réservée à l'alimentation du bâtiment administratif, de l'atelier, etc.

4) Signalisation

Le système retenu est la signalisation au niveau de la voie avec le cantonnement automatique à circuit de voie continu.

Un enclenchement de relais sera installé à la tête de ligne, au terminus et à la station de manœuvre intermédiaire.

Les systèmes ATS (arrêt automatique des trains) et CTC (dispatching centralisé de marche des trains) seront installés pour la sécurité du service à fréquence élevée.

Le garage-atelier aura un enclenchement électronique, un poste central de CTC, etc.

Une protection du passage à niveau assurera la sécurité de celui-ci aux sections de parcours au sol.

Les grandes lignes de la signalisation sont montrées sur la Figure 5.7.

5) Télécommunication

Un réseau téléphonique automatique à commutation électronique sera installé ainsi que deux réseaux téléphoniques de commandement dont l'un est réservé à l'exploitation et l'autre à l'énergie électrique.

Un système radio pour trains assurera la communication avec ceux-ci, utilisant l'onde d'espace pour les sections plein air et LCX pour les sections en tunnel.

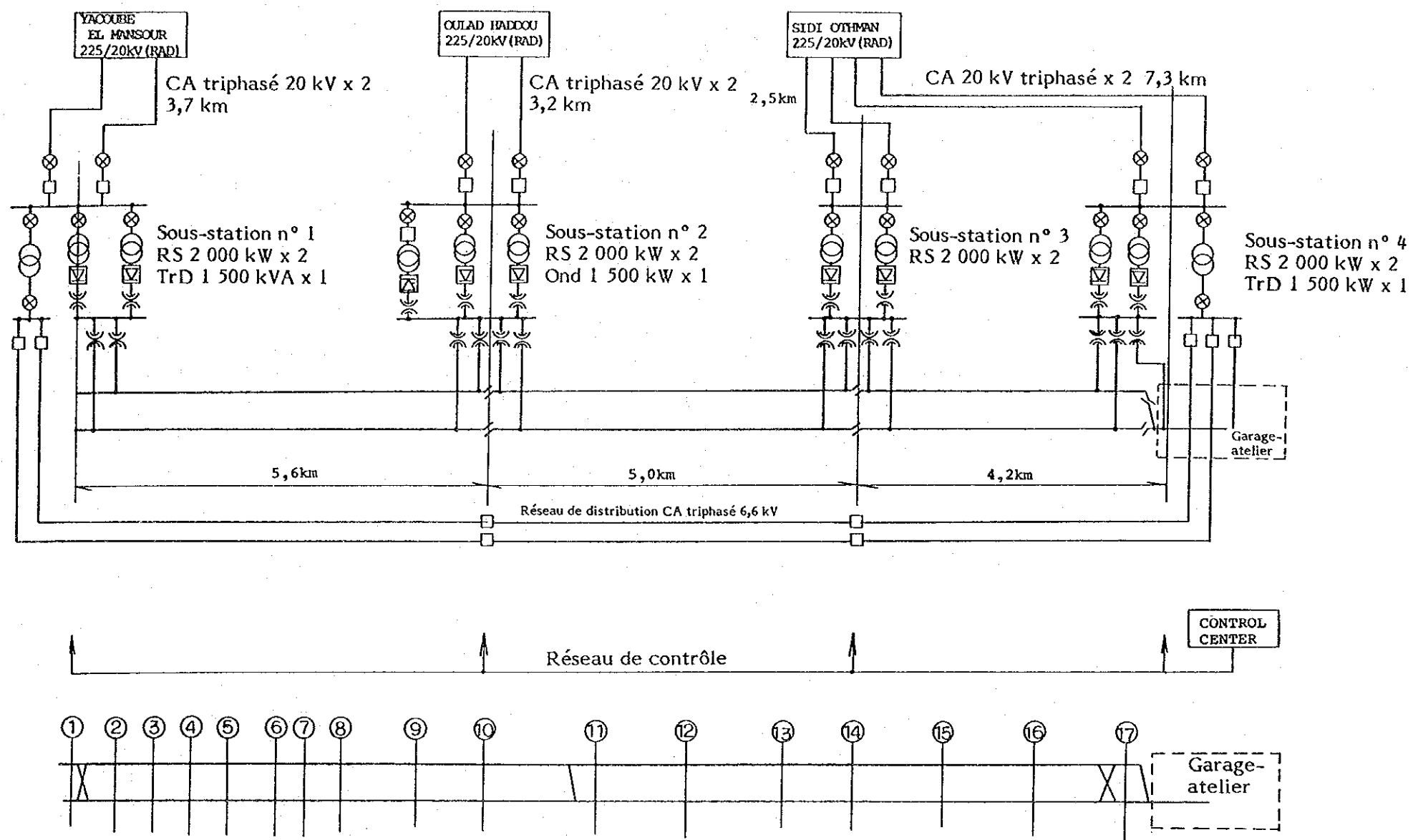
Pour la lutte contre l'incendie, les stations souterraines auront des systèmes d'avertissement d'incendie automatique et de radiodiffusion.

(5) Garage-atelier

L'aperçu du garage-atelier est donné au Tableau 5.5.

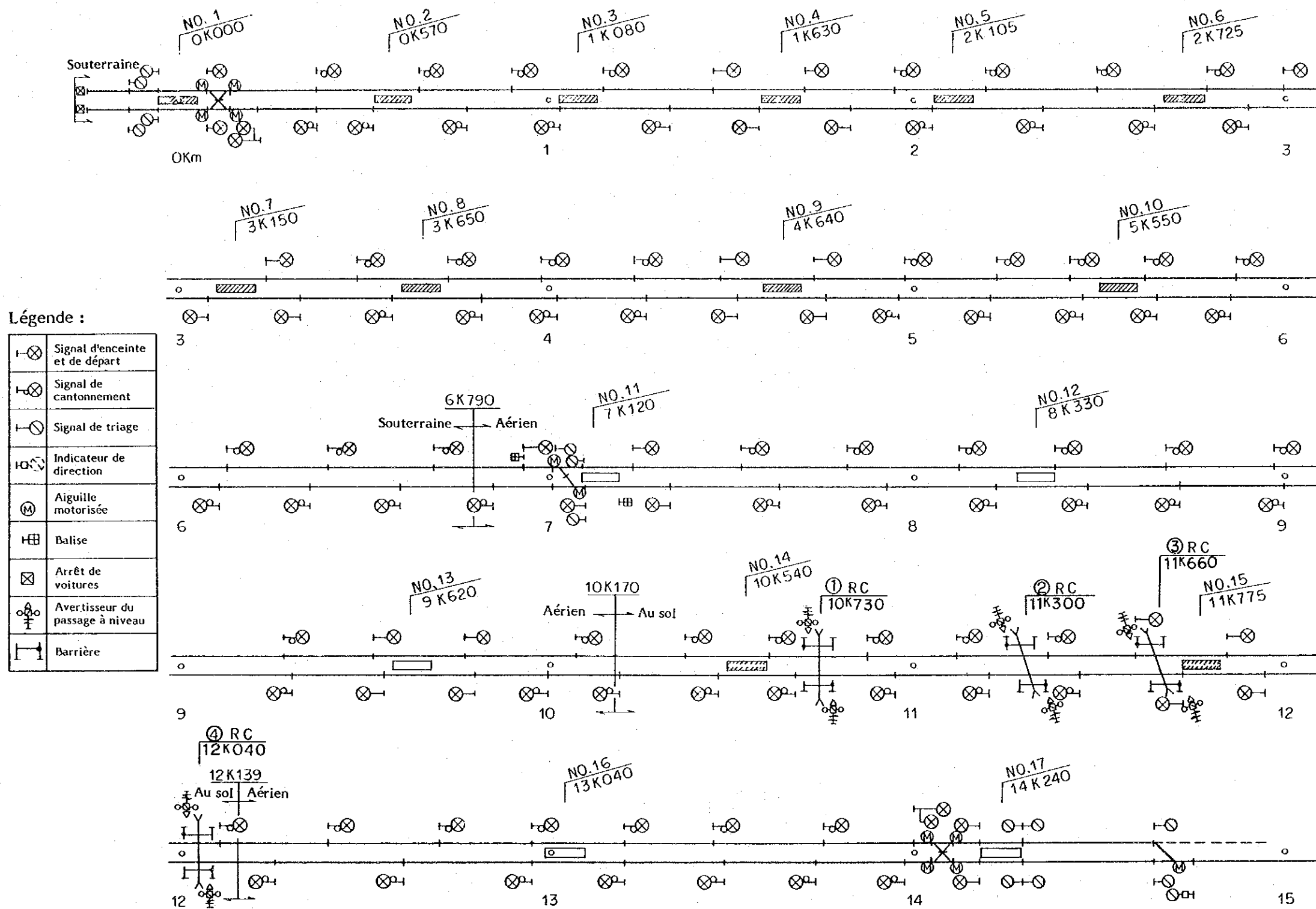
Tableau 5.5 Aperçu du garage-atelier

Caractéristiques	Description
1. Emplacement	Vestige de la carrière dans la Commune Urbaine de Sidi Moumene
2. Dimension	Superficie du terrain : 70 000 m ² Superficie des bâtiments : 18 000 m ²
3. Nombre de matériels roulants postés	à la mise en service : 64 (16 rames) à l'an 2005 : 72 (18 rames)
4. Layout	Voir la Figure 5.8.



- Légende :
- ⊗ : Isolateur
 - : Disjoncteur (CA)
 - ⊙ : Transformateur
 - ⊠ : Redresseur
 - ⊡ : Onduleur
 - ⤵ : Disjoncteur grande vitesse CC
 - RS : Redresseur au silicium
 - OND : Onduleur
 - TrD : Transformateur de distribution

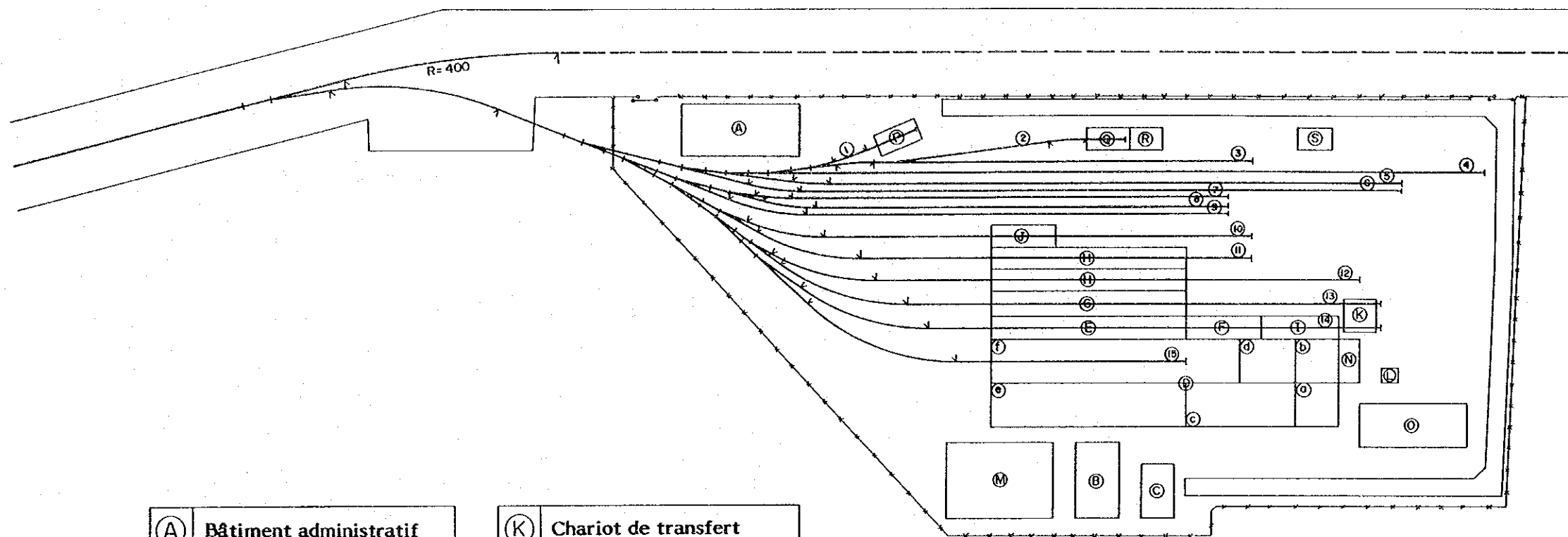
Fig. 5.6 Plan du système d'alimentation



Légende :

	Signal d'enceinte et de départ
	Signal de cantonnement
	Signal de triage
	Indicateur de direction
	Aiguille motorisée
	Balise
	Arrêt de voitures
	Avertisseur du passage à niveau
	Barrière

Fig. 5.7 Schéma de principe des installations de signalisation



(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 manœuvre
(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 manœuvre
(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. 5.8 Disposition des installations des garages-ateliers

5.5 Plan de gestion et d'exploitation

(1) Opérateur du TCR

Le TCR, à caractère public et social fort élevé, doit maintenir un niveau de service approprié et l'harmonie avec le principal moyen de transport actuel, l'autobus.

De ce point de vue, l'opérateur du TCR devra être constitué en un organisme public du Grand Casablanca.

(2) Plan d'effectifs

Le projet du plan de transport basé sur la demande de transport fait estimer le nombre d'effectifs suivant :

(Unité : nombre de personnes)

Organisation		Nombre d'effectifs
Administratif	Administrateur	2
	Administration générale	32
	Transport	24
	Travaux (matériel, installations, électricité)	22
		80
Technique	Station	263
	Conduite	100
	Entretien de matériel	48
	Entretien des installations	42
	Entretien d'électricité	22
		475
Total		555

(3) Coûts de gestion et d'exploitation

D'après les résultats des chemins de fer privés du Japon et compte tenu des conditions locales du Maroc, les coûts de gestion et d'exploitation sont estimés, pour les années représentatives, comme suit :

(Unité : million de DH)

Année	1993	1995	2000	2005
Coûts de gestion et d'exploitation	39,9	40,0	41,2	43,2

5.6 Plan de réalisation

Vu la nécessité pressante de réaliser le Projet considéré, le plan de réalisation a été élaboré en posant comme préalable la signature avec l'entrepreneur d'un contrat clé en main qui permet de rendre le délai d'exécution assez court.

(1) Coût de construction et plan d'investissement

Le coût de construction entraîné par la réalisation du TCR est tel qu'indiqué au Tableau 5.6. Le plan d'investissement annuel est donné au Tableau 5.7.

Le coût de construction a été calculé aux conditions préalables suivantes :

- Il ne comprend pas les droits de douane sur les matériaux et matériels importés et les taxes à la valeur ajoutée payables au Maroc.
- Il comprend les frais techniques et les provisions.
- Le calcul est daté de l'année 1986.
- La plus grande partie possible des travaux pouvant faire l'objet de l'approvisionnement local est réglée en monnaie marocaine et le reste en devises étrangères.
- Les prix des matériaux et matériels à importer sont calculés sur la base CAF.

Tableau 5.6 Frais de construction

(Unité : million de DH)

Poste de frais	Monnaie marocaine	Devises étrangères	Total
1. Génie civil/bâtiment	833,0	344,5	1 177,5
2. Electricité/mécanique	90,2	163,4	253,6
3. Matériels roulants	3,6	465,9	469,5
4. Garage-atelier	132,2	143,7	275,9
5. Technique	20,6	168,0	188,6
6. Provisions	157,2	24,0	181,2
Total	1 236,8 (49 %)	1 309,5 (51 %)	2 546,3 (100 %)

Nota : prix de l'année 1986

Tableau 5.7 Plan d'investissement annuel

(en million de DH)

Poste de frais	Année	1988			1989			1990			1991			1992			1999			2004			Total					
		Monnaie	DH	Devises	Total	DH	Devises	Total	DH	Devises	Total	DH	Devises	Total	DH	Devises	Total	DH	Devises	Total	DH	Devises	Total					
1. Génie civil et bâtiment					168,7	42,3	211,0	322,1	147,3	469,4	342,2	154,9	497,1											833,0	344,5	1 177,5		
2. Electricité et mécanique								11,1		11,1	30,1	86,3	116,4	49,0	77,1	126,1								90,2	163,4	253,6		
3. Matériels roulants								0,4	51,8	52,2	1,2	155,3	156,5	1,6	207,0	208,6	0,2	25,9	26,1	0,2	25,9	26,1	3,6	465,9	469,5			
4. Garage-atelier					5,0		5,0	23,6	3,7	27,3	68,6	77,5	146,1	35,0	62,5	97,5								132,2	143,7	275,9		
Total des corps principaux					173,7	42,3	216,0	357,2	202,8	560,0	442,1	474,0	916,1	85,6	346,6	432,2	0,2	25,9	26,1	0,2	25,9	26,1	1 059,0	1 117,5	2 176,5			
5. Technique						51,0	51,0	7,7	52,5	60,2	5,4	20,5	25,9	5,0	27,4	32,4	2,5	12,0	14,5		2,3	2,3		2,3	2,3	20,6	168,0	188,6
6. Provisions								27,3	0,8	28,1	57,5	1,1	58,6	64,2	9,1	73,3	8,2	13,0	21,2					157,2	24,0	181,2		
Total général						51,0	51,0 (2,0%)	208,7	95,6	304,3 (12,0%)	420,1	224,4	644,5 (25,3%)	511,3	510,5	1 021,8 (40,1%)	96,3	371,6	467,9 (18,4%)	0,2	28,2	28,4 (1,1%)	0,2	28,2	28,4 (1,1%)	1 236,8	1 309,5	2 546,3 (100%)

(Prix de l'année 1986)

(2) Calendrier des travaux

Les préparations et les travaux de construction du TCR se dérouleront comme indiqués au Tableau 5.8, d'après lequel il faut 5 ans avant la mise en

service à partir du lancement du Projet. Les travaux atteindront un maximum en l'année 1991 où sera investi un montant correspondant à environ 40 % du coût total de construction.

Tableau 5.8 Calendrier de réalisation

Travaux	Année								Remarques
	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993		
A. Préparations									
A-1 Appel d'offres									
A-2 Soumission et contrat									Contrat clé en main
B. Levé et étude détaillée									
C. Acquisition du terrain et indemnisation									Exécution par la partie marocaine
D. Travaux de génie civil									
D-1 Ouvrages de génie civil									
D-2 Voie ferrée									
D-3 Ouvrages de station									
D-4 Garage-atelier									
D-5 Autres									
E. Travaux d'équipement électrique et mécanique									
E-1 Sous-station									
E-2 Electricité									
E-3 Signalisation et télécommunication									
E-4 Equipement mécanique (Station)									Escalier roulant, ventilateurs, etc. 64 matériels auxquels s'ajouteront 4 en l'année 2000 et 4 en 2005.
F. Matériel roulant									
G. Marche d'essai									
H. Création de l'opérateur et formation professionnelle									
H-1 Création de l'opérateur									
H-2 Etablissement des règles et statuts									
H-3 Embauchage des effectifs									
H-4 Formation professionnelle									
I. Réorganisation des itinéraires d'autobus									
J. Plan financier									

Note : Les traits en pointillé représentent les préparations des matériaux et matériels, ceux gros l'exécution des travaux.

6. ANALYSES ECONOMIQUE ET FINANCIERE

6.1 Analyse économique

(1) Calcul de EIRR

Les résultats de calcul de EIRR par hypothèse sont les suivants :

Tableau 6.1 Taux rentabilité interne économique par hypothèse

	Hypothèse de base	Hypothèse 1	Hypothèse 2	Hypothèse 3	Hypothèse 4	Hypothèse 5	Hypothèse 6
Taux de croissance	3 %	2 %	4 %	3 %	3 %	3 %	2 %
Tarif de transport	3 DH	3 DH	3 DH	2 DH	4 DH	3 DH	3 DH
Coûts de construction						+ 10 %	+ 10 %
EIRR	9,2 %	8,6 %	9,8 %	8,8 %	9,4 %	8,3 %	7,8 %

(2) Analyse de sensibilité

Les valeurs d'élasticité de EIRR par rapport aux variations des taux de croissance, du volume de transport et des coûts de construction sont les suivantes. On peut dire que la sensibilité par rapport à l'EIRR est élevée pour les coûts de construction et faible pour le taux de croissance économique et le volume de transport.

Rubrique	Valeur d'élasticité
Taux de croissance économique	0,193
Volume de transport	0,136
Coûts de construction	1,052

(3) Evaluation

D'après les résultats ainsi obtenus, l'EIRR pour l'hypothèse de base est de 9,2 %. Le Projet est largement faisable, si l'on tient compte du fait que les coûts relatifs à l'aménagement du réseau routier dans le cas sans le Projet

sont exclus de l'analyse, que l'on peut s'attendre à des avantages d'économie en frais supérieurs aux valeurs calculées et de la caractéristique selon laquelle un transport urbain destiné uniquement aux voyageurs représente moins d'avantage qu'un chemin de fer général.

D'après les résultats de l'analyse de sensibilité, la valeur d'élasticité des coûts de construction est élevée, car de 1,052 et leur accroissement représente un grand impact sur la faisabilité du Projet. Aussi, il serait nécessaire, lors de la réalisation du Projet de veiller à la réduction des coûts de construction et à la prévention du dépassement des coûts.

6.2 Analyse financière

(1) Evaluation selon FIRR

Le FIRR du Projet est de 4,3 % pour l'hypothèse de base, de 2,4 % pour l'hypothèse 1 où il est le plus bas. Aussi l'approvisionnement en capitaux doit se faire avec un coût moyen des capitaux d'emprunt (taux d'intérêt composé) égal ou inférieur à 4,3 %.

Les résultats de l'analyse de sensibilité relative au FIRR sont tels que représentés ci-dessous, la sensibilité du tarif de transport et des coûts de construction par rapport à FIRR est extrêmement grande :

Rubrique	Valeur d'élasticité
Tarif	1,123
Coût de construction	1,654

D'après l'analyse de sensibilité, la valeur d'élasticité du coût de construction est élevée, pour l'hypothèse de base, puisqu'elle est de 1,654. Une augmentation du coût de construction entraîne une diminution importante de la valeur de EIRR. Aussi, il convient pour la réalisation du Projet, de veiller plus particulièrement à la réduction du coût de construction et à la prévention du dépassement des coûts.

(2) Evaluation selon DSCR

Après avoir examiné le DSCR pour chaque hypothèse, il s'avère qu'en ce qui concerne l'approvisionnement des capitaux du Projet, un seul cas suivant peut rendre le projet, financièrement faisable :

Part en devises étrangères : taux d'intérêt d'emprunt 4 %

Part en DH : totalité en dotation

Si la totalité de la part en DH est acquise en dotation, un an après la mise en service, le bénéfice net sera positif, mais si seule la moitié de la part en DH est acquise en dotation, il faudra dans toutes les hypothèses, recourir aux emprunts à court terme.

Ces résultats sont repris au Tableau 6.2.

Tableau 6.2 Résultats de l'analyse financière
(cas où le DSCR n'est pas inférieur à 1,0)

	Hypothèse de base	Hypothèse 1	Hypothèse 2	Hypothèse 3	Hypothèse 4
Tarif de transport	3 DH	2 DH	4 DH	3 DH	4 DH
Coût de construction	—	—	—	+ 10 %	+ 10 %
FIRR	4, 3 %	2, 4 %	5, 6 %	4, 1 %	4, 9 %
Approvisionnement de capitaux cas a					
Approvisionnement de capitaux cas b	○ : 8,5		○ : 10,7		
Approvisionnement de capitaux cas c					
Approvisionnement de capitaux cas d			□ : 4,5		
Approvisionnement de capitaux cas e	○ : 8,5	□ : 4,0	○ : 10,7	○ : 7,4	○ : 9,5
Approvisionnement de capitaux cas f	□ : 5,5		□ : 7,7	□ : 4,2	□ : 6,5

Légende : ○ : cas où le recours aux emprunts à court terme n'est pas nécessaire
□ : cas où le recours aux emprunts à court terme est nécessaire
Chiffres avec ○, □ : taux d'intérêt des devises où le DSCR = 1

(3) Conclusion

D'après l'analyse financière, le Projet est financièrement faisable aux conditions suivantes :

- 1) Possibilité d'introduction des capitaux à un taux d'emprunt inférieur à 4 % pour la part en devises étrangères
- 2) Possibilité d'acquisition en totalité des fonds d'Etat pour la part en monnaie nationale

D'après les résultats de l'analyse de sensibilité, même si le tarif est maintenu à 2 DH ou si le coût de construction augmente de 10 %, ce Projet est faisable avec ces conditions.

Si, par ailleurs, il est possible d'avoir un tarif égal ou supérieur à 3 DH, l'une des deux conditions devient possible :

- 1) Tolérance jusqu'à 7,4 % maximum pour le taux d'intérêt d'emprunt en devises étrangères
- 2) Acquisition jusqu'à la moitié de la part en monnaie nationale de fonds onéreux

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Fig. 2.1	Modèle de trace de transport en commun rapide	Tableau 2.1	Comparaison des solutions
Fig. 2.2	Schéma des traces de base	Tableau 3.1	Population future du Grand Casablanca urbain
Fig. 5.1	Trace de la solution optimale	Tableau 3.2	Résultat de prévision pour TCR
	Vue en profil de la solution optimale	Tableau 4.1	Tableau descriptif des solutions
Fig. 5.2	Schéma d'encombrement du matériel roulant	Tableau 4.2	Résultats de sélection relative au tracé A
Fig. 5.3	Esquisses des ouvrages de génie civil	Tableau 4.3	Résultats de sélection relative au tracé B
Fig. 5.4	Coupe-type du bâtiment de station	Tableau 4.4	Description des solutions
Fig. 5.5	Vue en plan du bâtiment de station	Tableau 4.5	Résultats d'évaluation des solutions
Fig. 5.6	Plan du système d'alimentation	Tableau 5.1	Description générale du tracé
Fig. 5.7	Schéma de principe des installations de signalisation	Tableau 5.2	Plan de transport
Fig. 5.8	Disposition des installations des garages-ateliers	Tableau 5.3	Performances et caractéristiques principales du matériel roulant
		Tableau 5.4	Synoptique des normes de construction
		Tableau 5.5	Aperçu du garage-atelier
		Tableau 5.6	Frais de construction
		Tableau 5.7	Plan d'investissement annuel
		Tableau 5.8	Calendrier de réalisation
		Tableau 6.1	Taux rentabilité interne économique par hypothèse
		Tableau 6.2	Résultats de l'analyse financière (cas où le DSCR n'est pas inférieur à 1,0)

