

7.5.3 Choix du type du pont

(1) Choix du type du pont principal

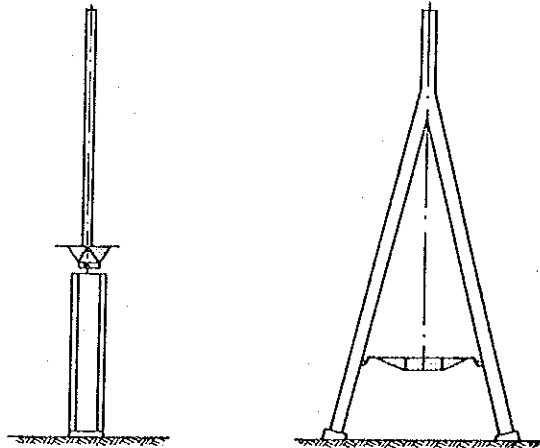
1) Choix de type de la structure

a) Configuration des tours

Comme l'indique la Figure 7.5.3.1, les tours du pont à haubans se classent généralement en deux types de configuration comportant, soit un seul plan de haubanage, soit deux plans de haubanage. Le type à un seul plan de haubanage donne lieu à l'ancrage des haubans au milieu du tablier, de telle sorte que ce type a l'inconvénient d'élargir le terre-plein central, mais il a l'avantage esthétique de donner un espace libre aux chauffeurs de voiture.

Les tours à un seul plan de haubanage sont figurées par un mât ou par un pylône en Y inverse. Comme la chaussée de l'ouvrage de ce projet a une grande largeur par rapport à la hauteur de sa tour, le pylône en Y inverse qui a une grande ouverture à sa partie inférieure n'est pas favorable du point de vue à la fois structurel et esthétique. D'autre part, la tour à mât unique, qui impose l'élargissement du terre-plein central pour sa mise en place, donne une solution légèrement moins économique, mais elle a un avantage à la fois structurel et esthétique. C'est ainsi qu'on se décide à adopter la tour à mât unique portant un seul plan de haubanage pour l'ouvrage d'art de ce projet.

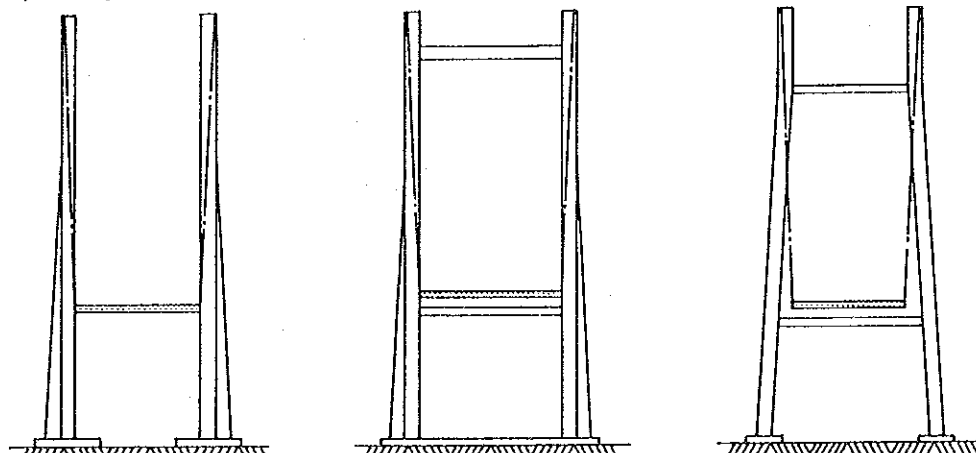
A) Suspension par un seul plan de haubanage



Mât unique indépendant

Pylône en Y inverse

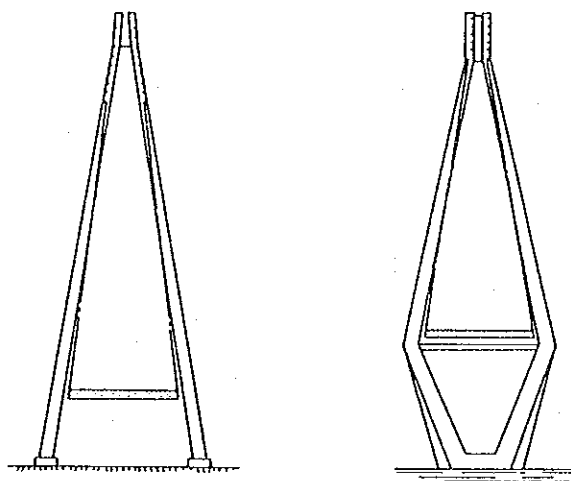
B) Suspension par deux plans de haubanage



Deux mâts indépendants

Pylône à portique

Pylône en H



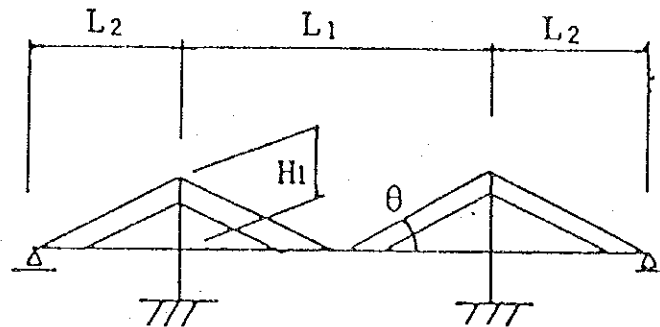
Pylône en A

Pylône en V inverse

Fig. 7.5.3.1 CONFIGURATION DES TOURS

b) Hauteur de la tour

Le rapport de la hauteur de la tour sur la portée de la travée centrale est normalement placé entre $1/4$ et $1/6$. L'ouvrage de ce projet est pourtant conçu pour avoir sa tour légèrement plus haute, permettant ainsi d'assurer la tension efficace de ses haubans et son aspect esthétique. C'est la raison pour laquelle la valeur H/L est mise à $1/4$.



c) Types d'appui de la poutre principale

Les types d'appui de la poutre principale au niveau de la tour comprennent généralement l'appui flottant ne comportant pas un appareil d'appui au niveau de la tour, celui à poutre continue comportant un appareil d'appui au niveau de la tour et celui à combinaison rigide (cadre) de la tour et de la poutre (Figure 7.5.3.2).

On adopte pour ce projet l'appui à poutre continue comportant au niveau de l'appareil d'appui un butoir visqueux, ce qui permettra de réduire l'influence de la variation de température et de la rétraction à sec sur la tour.

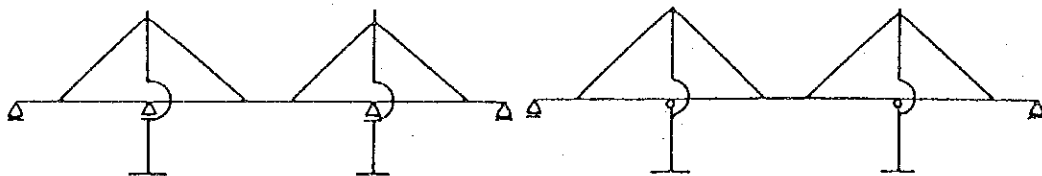


Fig. 7.5.3.2 TYPES D'APPUI DE LA POUTRE PRINCIPALE

d) Section de la poutre principale

Porté par un seul plan de haubanage, l'ouvrage de ce projet ne bénéficiera pas de la croissance d'une résistance à la torsion par haubanage au niveau de sa poutre principale. C'est ainsi qu'il convient de mettre la section de sa poutre principale en forme de caisson capable d'assurer la résistance nécessaire à la torsion, pour donner à cette poutre la résistance à la torsion ainsi que la stabilité de contreventement.

Au fur et à mesure que la hauteur de poutre diminue, la longueur de la voie d'accès devient plus petite, donc considérée plus économique. A cet égard, cette hauteur est mise à 2,0 m (Le rapport de la hauteur de poutre sur la portée de la travée centrale est mis à 1/75).

e) Disposition des haubans

Les haubans peuvent être disposés a) en radiation, b) en éventail et c) en harpe. La disposition en radiation a l'avantage d'une efficacité de suspension qui permet de réduire le poids de haubans, par contre elle a l'inconvénient d'un ancrage compliqué et concentré en tête de la tour. La disposition en harpe augmente légèrement le poids de haubans, mais elle donne un aspect esthétique et permet de mettre en oeuvre la tour et la poutre principale en même temps, de telle sorte qu'elle rend efficace le procédé des travaux de haubanage, et elle a également l'avantage de mettre en oeuvre leur ancrage de façon uniforme.

La disposition en éventail présente une forme intermédiaire entre les deux dispositions indiquées ci-dessus. Il convient donc d'adopter pour l'ouvrage de ce projet la disposition de haubans en harpe en raison de son esthétique et de sa mise en oeuvre excellente.

(2) Choix du type du viaduc d'accès

1) Objectif

En ce qui concerne le viaduc d'accès, la conception s'effectue, en fonction des travées, pour le pont en béton (celui à poutre simples en béton précontraint et celui à poutre en cadres) et le pont en acier (celui à poutre en I continue et celui à poutre-caisson continue), et les travées optimales sont à obtenir en vue de minimiser leur coût de construction. Il convient alors de choisir le type le moins coûteux parmi ces types de pont avec les travées optimales.

2) Prémisses à étudier

a) Type de pont

Les cinq types de pont indiqués ci-dessous font l'objet de cette étude, à savoir: pour le pont en béton, l'ouvrage à poutre en T de post-contrainte et celui à poutre-caisson de post-contrainte sont étudiés pour une travée entre 20 m et 50 m et l'ouvrage à poutre en cadres en béton précontraint pour une travée entre 60 m et 120 m. Pour le pont en acier, l'ouvrage à poutre en I continue et celui à poutre-caisson continue sont étudiés pour une travée entre 40 m et 80 m.

b) Type de l'appui et de la fondation

Les piles sont constituées par section rectangulaire en béton pour le pont en béton et par colonne en cadres de béton pour le pont en acier dont la réaction est légère. Par ailleurs, la fondation s'effectue au moyen de pieux coulés sur place, dont la longueur est de 100 m.

c) Tirant d'air

Le tirant d'air au niveau du viaduc d'accès est mis en moyenne à 20 m.

d) Prix unitaires

D'après une enquête effectuée, les prix unitaires en Tunisie correspondent à environ 70% de ceux du Japon. Cette étude portant sur la comparaison relative entre les types de pont, la différence des prix unitaires entre les deux pays est jugée relativement petite, donc on peut adopter les prix unitaires du Japon pour ce projet.

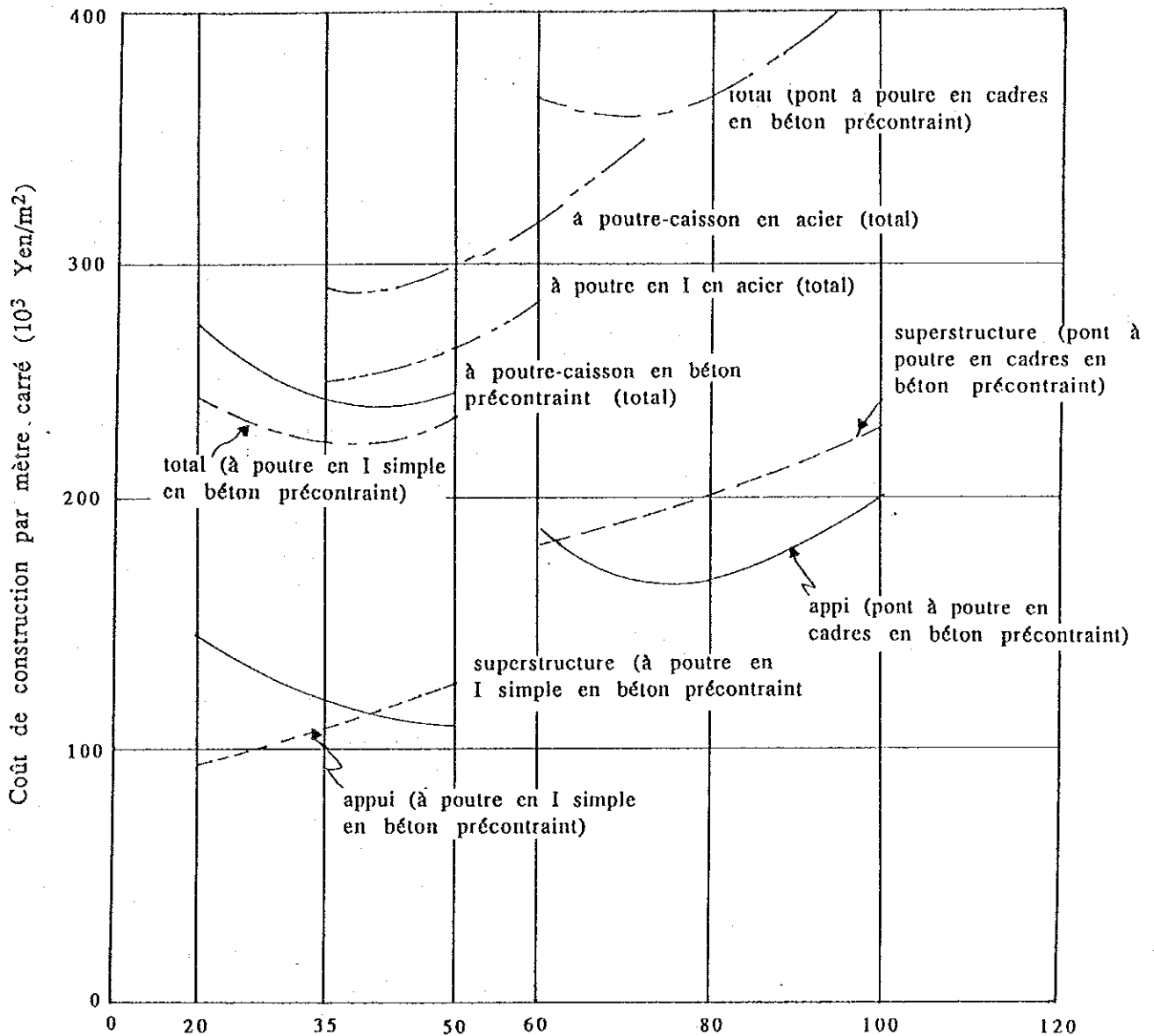
(3) Résultats de cette étude

La Figure-7.5.3.3 présente une corrélation entre la portée de travée et le coût de construction par type de pont.

- 1) Dans l'hypothèse d'un libre choix des portées de travée, le pont le plus économique est celui à poutre en I en béton précontraint et puis vient celui à poutre-caisson en béton précontraint. La portée la plus économique se place entre 35 m et 40 m pour ces deux ponts.
- 2) Une travée à rayon en plan de 50 m limite sa portée supérieure à 30 m en considération d'un effet de torsion sur le pont à poutre-caisson en béton précontraint. Cette travée a donc une portée de 30 m.
- 3) Le pont à poutre en cadres en béton précontraint est applicable pour une grande portée de sa travée. La portée économique de sa travée est placée entre 75m et 80m.
- 4) Pour la portée de travée inférieure à 50m, le pont en acier est plus cher que celui à poutres en béton précontraint. Néanmoins il conviendrait d'adopter le pont en acier pour une travée dont la portée est entre 50m et 75m, considérée peu économique pour la travée applicable au pont à poutres en béton précontraint. Dans l'hypothèse où l'on peut disposer librement les piles d'un viaduc d'accès pour faire une portée de sa travée inférieure à 40 m suivant ses conditions de franchissement, le choix de type de l'ouvrage peut être récapitulé comme indiqué ci-dessous.

- a) Le pont à poutre en I en béton précontraint est le meilleur pour l'ouvrage linéaire dont la portée de travée est à choisir sans conditions.
- b) Le pont à poutre-caisson en béton précontraint est le meilleur pour l'ouvrage courbe dont la portée de travée est à choisir sans conditions.

Fig. 7.5.3.3 CORRELATION ENTRE LA PORTEE DE TRAVEE ET LE COUT DE CONSTRUCTION PAR TYPE DE PONT



7.5.4 Conception générale

(1) Conception générale de l'ouvrage principal

1) Définition des caractéristiques principales

a) Répartition en travées

Le travée centrale de l'ouvrage de ce projet a une portée de 150 m. En règle générale, le rapport de la travée latérale sur celle centrale, placé entre 0,4 et 0,5 environ, convient à la structure et l'économie.

Il existe une Voie Express actuellement en service du côté de La Goulette (sur la rive nord du chenal), au niveau du franchissement par l'ouvrage de ce projet. Pour éviter cette Voie Express, il y a lieu de mettre à 75 m la portée la travée latérale correspondante. Donc le rapport indiqué ci-dessus est porté à 0,5, soit une valeur convenable pour le montage par encorbellements successifs à l'aide d'un équipage mobile.

La travée latérale du côté de Radès a une portée de 75 m de même que du côté de La Goulette, pour assurer la symétrie structurelle.

b) Constitution de la section transversale et effet sur section (moment de flexion) au niveau de l'appui

En ce qui concerne le pont à haubans en béton précontraint, la constitution de sa section transversale et son effet sur section sont montrés dans les Figures-7.5.4.1 et 7.5.4.2.

c) Position de la semelle

Les terrains superficiels étant meubles, les sols sont peu résistants dans le plan horizontal. C'est ainsi que la semelle, positionnée près des terrains superficiels, entraînerait un moment de flexion extraordinaire aux pieux, dont le nombre serait alors nécessairement augmenté. Par contre, celle qui serait positionnée en profondeur entraînerait l'augmentation d'un coût de batardeau provisoire et d'une

quantité de déblai excavé, alors que la diminution du moment de flexion aux pieux entraînerait la réduction du nombre de pieux, ce qui lui donnerait par conséquent l'avantage économique sur la semelle positionnée près des terrains superficiels. C'est la raison pour laquelle dans le cas de ce projet, il convient de positionner le fond de la semelle à E.L.-7,5 m, là où les terrains sont relativement stables.

d) Longueur et diamètre du pieu

Comme le mentionne le paragraphe concernant l'étude géotechnique, les substratums porteurs se trouvent à 100 m de profondeur au niveau de franchissement par l'ouvrage de ce projet. Du fait que les substratums porteurs se trouvent à grande profondeur, il y a lieu d'envisager les deux cas; 1) faire des pieux flottants, non-pénétrés dans les substratums porteurs, 2) faire des pieux porteurs, pénétrés dans les substratums porteurs. La force porteuse à long terme des pieux flottants semble peu sûre, de telle sorte que pour le présent les pieux porteurs plus sûrs sont à adopter du point de vue technique et économique, et leur longueur est fixée à 100 m. Quant à leur méthode de mise en oeuvre, un système de forage à circulation inverse de boues est à adopter, ce qui est encore possible même pour des pieux de 100 m de long.

Le diamètre de pieux pour la fondation est fixé à $\varnothing 2,0$ m du point de vue économique, à la suite de l'étude comparative des différents diamètres.

(2) Conception générale du viaduc d'accès

1) Définition des caractéristiques principales

a) Répartition en travées

i) Du côté de Radès

Le viaduc d'accès a une longueur de 400 m à partir de l'extrémité de l'ouvrage principal jusqu'à la voie d'accès sur le terre-plein. Il peut alors se répartir en 10 travées d'une portée de 40 m, sur lesquelles sont posée une poutre simple en I. Ces travées, dont la portée se place à la limite supérieure de celle de travée économique, sont d'ailleurs jugées esthétiques.

ii) Du côté de La Goulette

Comme le mentionne le paragraphe 7.5.3 (2), les tronçons linéaires du viaduc d'accès à l'ouvrage principal sont constitués par combinaison des travées de 40 m et 35 m à poutre en béton précontraint pour éviter la Voie Express, et les tronçons en courbe au niveau de l'échangeur sont constitués par une travée de l'ordre de 30 m à poutre-caisson en béton précontraint. En outre, les tronçons adjacents au terre-plein consistent en travée de 30 m. En ce qui concerne les autres tronçons, ils se répartissent en travées de 40 m environ tant qu'ils ne sont pas restreints par la Voie Express.

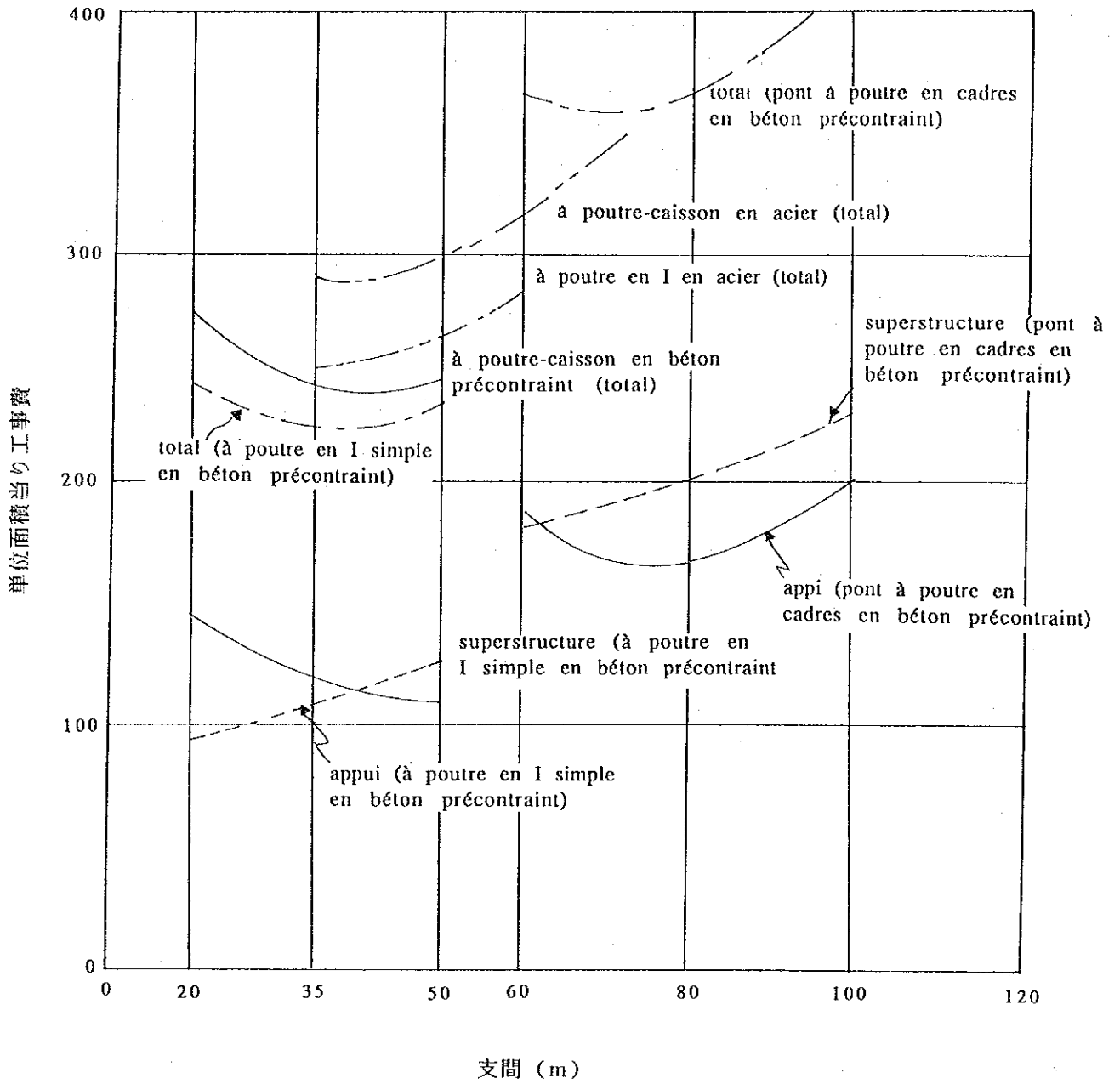
b) Position de la semelle

De même que pour l'ouvrage principal, il convient essentiellement de positionner le fond de la semelle à E.L.-7,5 m. Pourtant, dans le cas où le nombre de pieux ne sera pas augmenté par une surélévation de la semelle, il y a un intérêt économique à surélever la semelle jusqu'à ce que l'épaisseur du remblai sur cette semelle soit de l'ordre de 1,0 m.

c) Diamètre du pieu

Le diamètre du pieu est fixé à 1,5 m à la suite de l'étude sur ses résultats positifs d'exécution. La longueur du pieu est fixée à 100 m de même que pour l'ouvrage principal.

図 7.5.3.2 主桁の支持形式



7.5.5 Estimation des quantités

Tableau synthétique des matériaux

Matériaux	Unité	Ouvrage principal	Viaduc d'accès				Total
			Côté Radés	Côté La Goulette	Francissement Petit canal	Sous-total	
Superstructure	Béton	σck = 350	-	9584	-	9584	9584.0
	Béton	σck = 400	4636	1015	149	5800	11351.0
	Armature		454	1855	19	2328	3196.0
	Acier de précontrainte longitudinal	t	170.0	324.8	7	513.8	673.0
	Acier de précontrainte vertical	t	-	-	-	-	0.7
	Acier de précontrainte transversal	t	40.8	75.8	-	116.6	185.0
	Hauban	t	152.6	-	-	-	152.6
	Coffrage	m ²	17157	26760	37789	823	65372.0
	Echafaudage	m ³	-	-	-	-	-
	Soutènement	m ³	-	109429	-	-	109429.0
Appui	Béton	σck = 240 kg/cm ²	6530	11315	686	18531.0	26323.0
	Armature		1045	1810	56	2911.0	4158.0
	Coffrage		5394	9636	624	15654.0	22362.0
	Echafaudage		-	13737	-	13737.0	20509.0
	Soutènement		-	2892	-	2892.0	6090.0
	Pieu coulé ø2000	m	3072	-	-	-	3072.0
	Pieu coulé ø1500	m	1146	13847	600	18847.0	19993.0
	Pieu coulé sur place ø2000	m ³	9652	-	-	-	9652.0
Fondation	Pieu coulé sur place ø1500	m ³	2025	24468	1060	33303.0	35328.0
	Pieu coulé sur place ø2000	t	772	-	-	-	772.0
	Pieu coulé sur place ø1500	t	182	2202	95	2991.0	3173.0
	Forage ø1500	m ³	10394	10146	1288	33172.0	43566.0
	Forage ø2000	m ³	10394	10146	1288	33172.0	43566.0

7.6 PROJET D'EXECUTION

7.6.1 Généralités

Le projet d'exécution pour la construction d'un pont de franchissement du goulet de Radès-La Goulette, qui suit l'importance des ponts optimaux proposés au paragraphe 7.5.3, fait appel aux conditions locales, à une méthode d'exécution optimale et aux matériaux et matériels de construction disponibles en Tunisie, ainsi qu'à la qualification d'ouvriers locaux. Etant donné qu'un grand pont à haubans en béton est prévu, avec les travaux spécifiques tels que l'implantation de pieux longs coulés sur place, on suppose que sa construction sera entreprise par quelque constructeur général bien expérimenté de l'Europe ou du Japon.

7.6.2 Matériaux de construction

Une enquête sur les matériaux de construction a été faite aux directions concernées de l'Administration et auprès d'un certain nombre de laboratoires et d'entrepreneurs de construction pour savoir si ces matériaux seront disponibles en Tunisie ou devront être importés de certains pays étrangers. Les quantités requises de ces matériaux principaux sont calculées d'après la conception générale pour la construction d'un pont de franchissement du goulet de Radès-La Goulette et elles sont montrées dans le Tableau-7.6.2.1.

Tableau-7.6.2.1 MATÉRIAUX PRINCIPAUX DE CONSTRUCTION

No.	Matériaux	Quantité requise	Origine
1.	Ciment	31,000 t	Tunisie
2.	Armature	11,000 t	Tunisie
3.	Agrégat grossier	100,000 t	Tunisie
4.	Agrégat fin	65,000 t	Tunisie
5.	Adjuvant du béton	100 t	Tunisie
6.	Barre en acier de précontrainte	250 t	Etranger
7.	Toron de précontrainte	600 t	Etranger
8.	Haubanage	153 t	Etranger
9.	Profilé d'acier	3,000 t	Etranger
10.	Matériaux de remblai	170,000 m ³	Tunisie
11.	Matériaux de sous-couche	20,000 m ³	Tunisie
12.	Asphalte	500 t	Tunisie
13.	Pierre pour la défense à la mer	3,000 m ³	Tunisie

(1) Matériaux locaux

1) Ciment

Plusieurs sortes de ciment sont produites dans les cimenteries de Gabès, Bizerte et de 5 autres villes en Tunisie. La production annuelle de ciment est de l'ordre de 4,4 millions de tonnes, excédant les besoins domestiques en Tunisie. Le prix unitaire du ciment est de 54 DT/tonne (en sac), moins cher que celui en provenance de l'étranger.

2) Agrégat (granulat)

Des roches pour agrégats grossiers seront extraites dans les carrières à proximité de Jebel Ressay à environ 20 km au Sud-Est et de Jebel Khelidia à environ 20 km au Sud de Tunis. Ayant une grande résistance physique, ces agrégats seront utilisables pour le pont en béton précontraint. Une société privée est autorisée à installer son usine de concassage pour produire les agrégats.

3) Matériaux de remblai

Les matériaux de remblai, qui ne sont pas disponibles près du site de ce projet, seront obtenus à Korbous situé à environ 35 km à l'Est de Tunis. Ce matériau (sable) est de bonne qualité. L'Indice Portant Californien (C.B.R - California Bearing Ratio) en est à peu près 15. On peut envisager de transporter ces matériaux de Korbous par voie maritime, mais cela ne permettrait pas aux barges et remorqueurs d'accoster facilement au site et viendrait à en augmenter leur coût. Ce n'est donc pas faisable. Des sols sableux seront obtenus à proximité de Jebel Ressay situé à environ 20 km au Sud-Est de Tunis. Des déblais dégagés d'une carrière voisine seront, eux-aussi, utilisables comme matériaux de remblai.

4) Pierre pour la défense à la mer

Des pierres pour la défense à la mer sont extraites à proximité de Nahli à environ 15 km au Nord-Ouest de Tunis. Elles sont constituées de calcaire, mais ne sont pas dures. Elles sont couramment utilisées à Tunis et dans ses environs comme matériaux pour la défense à la mer.

5) Armature

L'armature est à la fois produite et importée pour être mise en vente par un monopole étatique ELFOULADH en Tunisie. Il n'existe pourtant pas les installations de production en série d'armature qui puissent répondre dans le bref délai aux grands besoins domestiques dûs à la mise en oeuvre d'un grand projet éventuel. Il y aura donc lieu de produire et mettre en stock l'armature suivant le planning des travaux de construction.

6) Autres matériaux locaux

On peut se procurer l'asphalte (bitume), la brique, le contre-plaqué, l'adjuvant du béton, etc... sur le marché tunisien. Le gaz-oil, l'essence et l'huile de moteur sont eux-aussi suffisamment disponibles sur le marché tunisien, même s'ils sont importés des pays étrangers.

(2) Matériaux importés

Les matériaux indisponibles sur le marché tunisien qui sont listés ci-dessous proviendront du marché européen ou japonais.

- Ouvrage en acier préfabriqué
- Câble de précontrainte, toron de précontrainte et ancrage de précontrainte
- Profilé en acier
- Plaque et tôle en acier

Lorsque ces matériaux sont importés en Tunisie, ils sont soumis aux droits douaniers (impôts sur l'importation) de 20 à 50% sur la valeur C.A.F. En outre, dans le cas où l'on s'approvisionnerait pour ces matériaux sur les marchés européen et japonais, il faudrait respectivement 1,5 mois et 3 mois pour les acheter, embarquer et transporter jusqu'au site du projet.

7.6.3 Matériels de construction

Il n'existe pas en Tunisie de société de location à long terme des matériels de construction. Les entrepreneurs de construction locaux possèdent les matériels de construction routière, mais ils ne possèdent pas ceux de type spécifique à la construction d'un grand pont. On suppose donc que les matériaux principaux à cet usage seront apportés de l'étranger et remontés après la fin des travaux.

7.6.4 Installations de construction

Il s'agit de la centrale à béton, l'aire de fabrication pour le pont préfabriqué en béton précontraint, l'aire de stockage, l'entrepôt, l'atelier de dépannage, le parc de matériels de construction, les bureaux et camps de l'entrepreneur de construction, etc... Ces différentes installations doivent être arrangées sur des terrains libres à l'Ouest ainsi qu'au Sud du port de Radès. Les terrains libres à l'Ouest du port de Radès, qui ont été déjà remblayés et pourvus d'une route d'accès à ce port,

peuvent être préconisés. La superficie requise pour ces installations est approximativement estimée à 40.000 m².

7.6.5 Conditions des travaux

(1) Nombre de jours disponibles pour travaux

Le nombre de jours disponibles pour travaux par mois a été calculé sur la base des statistiques sur les jours pluvieux relevés dans le passé à Tunis. Le nombre total de jours disponibles pendant une année est de 261 et celui de jours disponibles par mois est en moyenne de 21,6, avec 19 en hiver et 22 en été. Le nombre de jours disponibles par mois est montré en détail dans le Tableau-7.6.5.1.

(2) Alimentation électrique

C'est la STEG (Société Tunisienne d'Electricité et de Gaz) qui peut fournir l'électricité en Tunisie. La centrale électrique de Radès, qui se situe près du site de ce projet, fournit 2 différents voltages: 90kV et 225kV. Ces deux lignes électriques traversent le chenal. Le voltage est abaissé en définitive à 30kV et 6,6kV, qui sont distribués par des lignes à basse tension jusqu'à proximité du site de ce projet.

(3) Eaux industrielles

L'eau de circulation pour les pieux forés avec circulation inverse de boues a pour origine le chenal franchi par un ouvrage en projet, et les autres eaux à l'usage des travaux sont amenées par la conduite d'eau aux environs du site de ce projet.

Tableau 7.6.5.1 JOURS DISPONIBLES POUR TRAVAUX PENDANT UN AN

Mois	Nombre de Jours	Dimanche et Jours fériés	Nombre de Jours pluvieux	Nombre de jours Disponibles
Jan.	31	5	6	20
Fév.	28	4	5	19
Mar.	31	6	5	20
Avr.	30	8	4	18
Mai	31	5	2	24
Juin	30	4	1	25
Juill	31	9	0	22
Août.	31	5	0	26
Sept.	30	5	2	23
Oct.	31	5	4	22
Nov.	30	4	4	22
Déc.	31	5	6	20
	365	65	39	261

Remarque:

Jours pluvieux

= (jours avec précipitation > 10mm) + (jours avec précipitation < 10mm x 1/2)

(4) Qualité technique des ouvriers locaux

Il y a beaucoup d'entrepreneurs agréés en ville ou dans la banlieue de Tunis. Les entrepreneurs listés à l'Annexe 7.6.5.1 sont disposés à embaucher un nombre suffisant d'ouvriers qualifiés et à s'engager largement pour la construction des routes et petits ponts. Ces ouvriers ont l'expérience de prendre part à la construction des routes et petits ponts en Tunisie et à l'étranger et leur qualité technique semble suffisante pour la construction des ponts en béton. C'est ainsi qu'on n'a besoin d'experts étrangers que pour les travaux spécifiques à la mise en oeuvre de ponts en béton précontraint, de ceux à haubans et de pieux longs et larges à forer avec circulation inverse.

7.6.6 Méthode d'exécution

(1) Pont à haubans en béton précontraint (ouvrage principal)

L'ouvrage principal est un pont à haubans en béton précontraint à trois travées continues (75 m + 150 m + 75 m) et ses poutres principales et ses piles sont conjuguées en rigidité. Pour la mise en oeuvre de ces piles, l'échafaudage est d'abord mis en place sur le sol et le coffrage en grands panneaux d'acier est ensuite effectué pour bétonner un par un les tronçons d'une pile. Au fur et à mesure de l'achèvement de ces tronçons, ce coffrage est levé à l'aide d'une grue à tour. Sa tour principale et sa poutre principale sont en même temps mises en oeuvre. Cette tour a pour fonction structurelle d'ancrer les haubans, donc une précision est exigée pour y installer leurs gaines servant à leur passage et à l'ancrage. C'est ainsi que cette tour consiste en une structure en béton armé et que son ossature en acier, ayant été assemblée avec ces gaines à l'atelier, est plantée sur place à la verticale, ce qui nous permettra d'assurer la précision d'ancrage des haubans. La poutre principale est mise en oeuvre par encorbellements successifs (cantilever) à l'aide de deux équipages mobiles. Etant donné que les haubans sont espacés de 7,0 m (un bloc) sur le tablier alors qu'un cycle de l'équipage mobile est de 3,5 m, un bloc est mis en oeuvre en deux cycles (30 jours).

Au cours de la mise en oeuvre d'un bloc, les travaux de mise sous tension des haubans sont les suivants; 1) Tension provisoire: hissage des poutrelles de soutènement avant le bétonnage. 2) Tension définitive: mise sous tension de la poutre principale après le bétonnage. Les travaux indiqués ci-dessus sont exécutés en même temps de part et d'autre de la tour, au moyen des vérins placés du côté de la tour principale. La méthode d'exécution est montrée dans la Figure-7.6.6.1.

(2) Pont à poutres en T en béton précontraint (viaduc d'accès)

Le viaduc d'accès est un pont à poutre simple en T en béton précontraint (côté sud $10 \times 40,00 = 400,00$ m : côté nord $3 \times 37,50 = 112,5$ m). Etant donné le poids de la poutre en béton précontraint

et la hauteur des travaux, le procédé de montage des poutres adopté tient compte de: l'absence de nécessité au sol d'engins lourds, le temps de montage court, le déplacement facile des matériels de montage et un procédé sûr.

On place à gauche et à droite d'une travée à monter, d'abord deux poutrelles provisoires, sur lesquelles se placent deux portiques de montage. Par déplacement sur ces poutrelles de ces deux portiques, la poutre en béton précontraint peut enjamber la travée à monter, ensuite elle se déplace en travers et descend enfin sur un appareil d'appui. En ce qui concerne le déplacement des matériels à la suite du montage, on fixe ces portiques sur les poutrelles ci-dessus et puis ces deux poutrelles sont déplacées en même temps d'une pile à une autre à l'aide d'un dispositif de déplacement de poutrelles. La méthode d'exécution est montrée dans le Figure-7.6.6.2.

(3) Pont à poutre-caisson courbe en béton précontraint (viaduc d'accès)

Chaque section courbe de la rampe d'accès au viaduc est un pont à poutre-caisson courbe en béton précontraint, dont le tirant d'air est si faible qu'on adopte une méthode de montage sur soutènement.

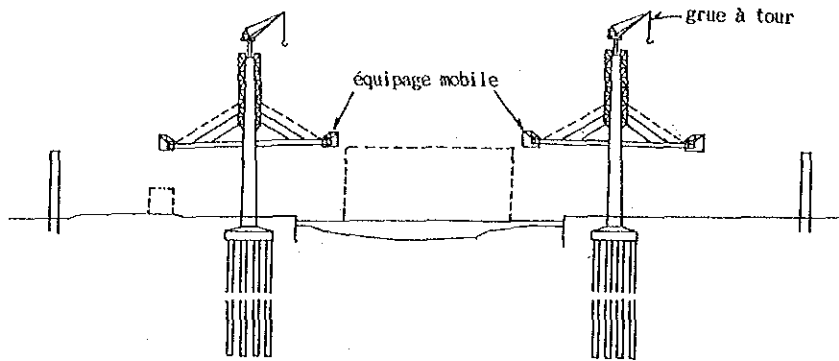
(4) Pieux coulés sur place

Les sols à proximité du site de ce projet sont constitués de couches alternées de sable vasard et d'argile. Le substratum portant est en marne douce, trouvée à environ 100 m de profondeur. C'est ainsi qu'on adopte les pieux coulés sur place (forage à circulation inverse de boues) qui sont capables de se mettre en oeuvre jusqu'à environ 100 m de profondeur. Cette mise en oeuvre, présentée dans la Figure-7.6.6.3, comporte les phases suivantes: 1) forage par une perforateuse à circulation inverse de boues, 2) mise en place d'une corbeille ferrillée, 3) bétonnage par un tube à trémie. Il y a pourtant lieu de prendre en compte les points suivants puisque la portée d'usage de ces pieux sera plus longue qu'à l'ordinaire.

- Pour l'évacuation des sables excavés, le système d'élévation pneumatique (voir l'Annexe 7.6.6.1) est à employer à la place du système conventionnel d'aspiration par pompe, dont la capacité

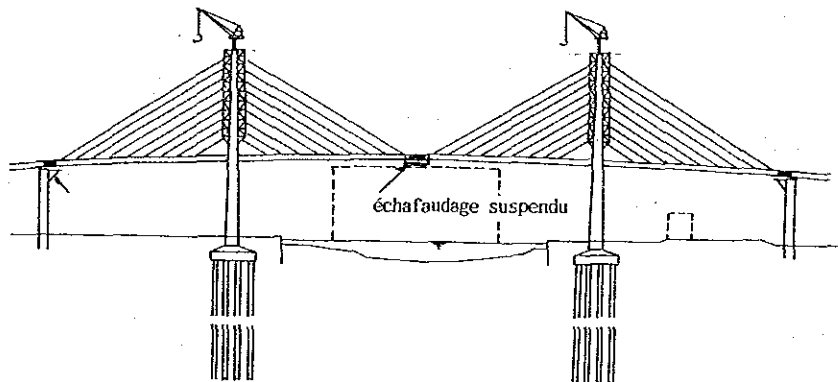
serait insuffisante. Il faut donc l'équiper encore d'un compresseur d'air à haute pression.

- Pour améliorer la précision de forage vertical de ces pieux longs, on utilise une tour de forage et un stabilisateur de forage (voir l'Annexe 7.6.6.2).
- Il convient d'effectuer jour et nuit le forage de ces pieux pour diminuer une perte de temps en cycle de forage.
- Un appareil de traitement des boues est utilisé pour évacuer les boues accumulées au fond de ces pieux lors de la mise en place du ferrailage.
- Lorsque les pieux longs forés à circulation inverse de boues sont mis en oeuvre dans un sol contenant une couche argileuse de grande épaisseur, le poids spécifique de l'eau boueuse est élevé, de telle sorte qu'il faudra prendre en compte une méthode économique pour le traitement de l'eau boueuse. C'est la raison pour laquelle il faut disposer d'un bassin de décantation et d'une quantité d'eau d'alimentation plus de deux fois plus importante que d'habitude, mais aussi installer un appareil de traitement des eaux boueuses.



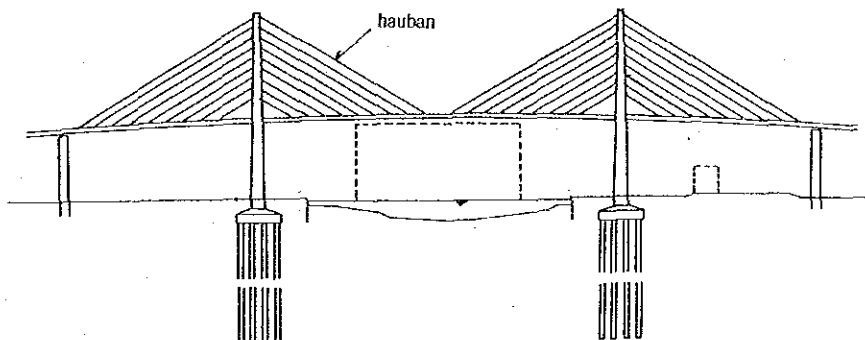
(1) Mise en oeuvre par encorbellements successifs, à l'aide des équipages mobiles

La tour principale et la poutre principale sont mises en oeuvre en même temps. La première est mise en oeuvre sur l'échafaudage. À l'aide d'une grue à tour et le béton à cet usage est distribué sous pression par un véhicule de pompage. La dernière est mise en oeuvre en même temps de part et d'autre de la première par les équipages mobiles et son bétonnage est identique à celui de la première.



(2) Fermeture de la poutre au milieu de la travée centrale et à l'extrémité de la travée latérale

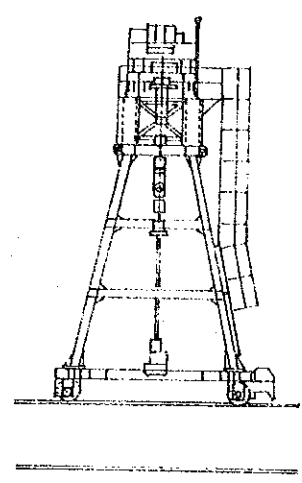
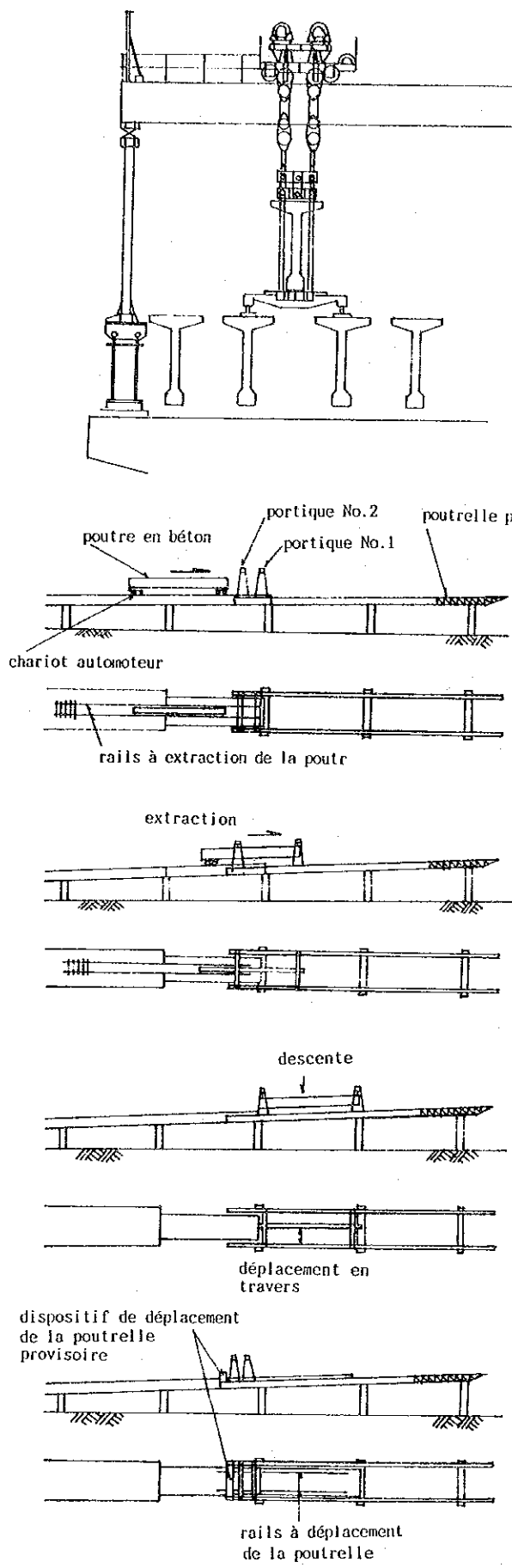
À la suite de réglage de la tension des haubans, la poutre est fermée entre ses voussoirs, au milieu de la travée centrale, sur l'échafaudage suspendu. D'autre part, la fermeture de la poutre à l'extrémité de la travée latérale est effectuée par soutènement, sur un console dépassant d'une à cette travée.



(3) Réglage de la tension des haubans

Après la fermeture de la poutre principale, les équipages mobiles sont démontés et le réglage de la tension des haubans est effectué en définitive. Par la suite, le coulis de ciment est injecté dans leurs gaines de protection.

Figure-7.6.6.1 Mise en oeuvre d'un pont à haubans en béton précontraint



(1) Montage des portiques et transport de la poutre en béton précontraint

Les poutrelles provisoires et les portiques sont tous les deux assemblés sur l'ouvrage en élévation, ensuite mis en place par un camion-grue. La poutre est à extraire de l'aire de fabrication au point de montage, à l'aide d'un chariot automoteur sur rails.

(2) Extraction de la poutre en béton précontraint

Par mise en route associée du portique No.1 et du chariot automoteur, cette poutre est à extraire jusqu'à une position où le portique No.2 se charge d'un bout en aval de cette poutre.

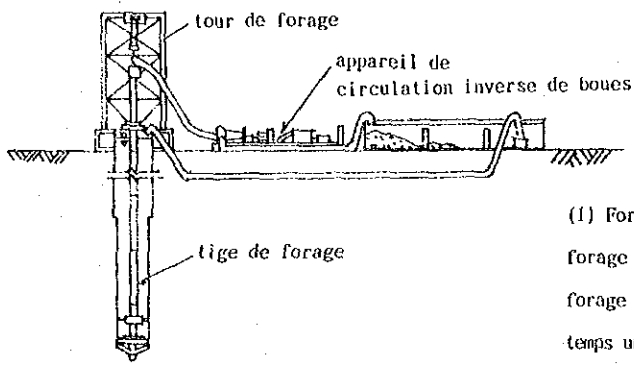
(3) Mise en place de la poutre en béton précontraint

Par mise en route associée de ces deux portiques, cette poutre est déplacée à la fois en long et en travers jusqu'à une position déterminée pour être ensuite descendue sur un appareil d'appui. L'anti-boulversement est fixé à cette poutre.

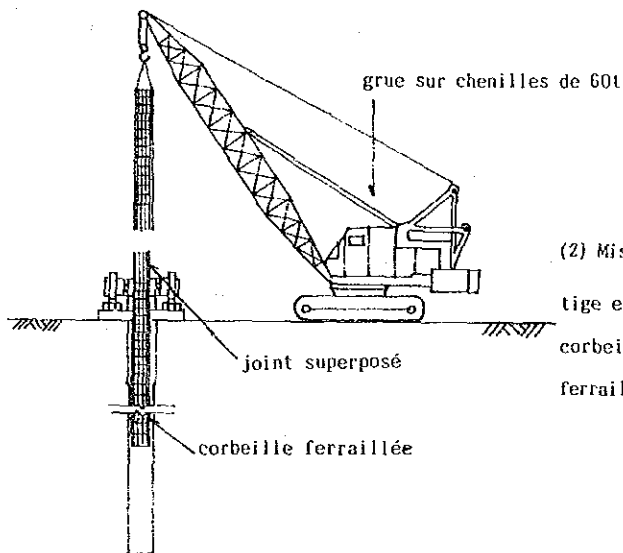
(4) Déplacement des poutrelles

Les rails sont posés sur la poutre montée pour le déplacement des poutrelles provisoires. Par la suite, un dispositif de déplacement de ces poutrelles est fixé sur ces rails, dont l'appareil d'entraînement fait avancer l'ensemble de ces poutrelles.

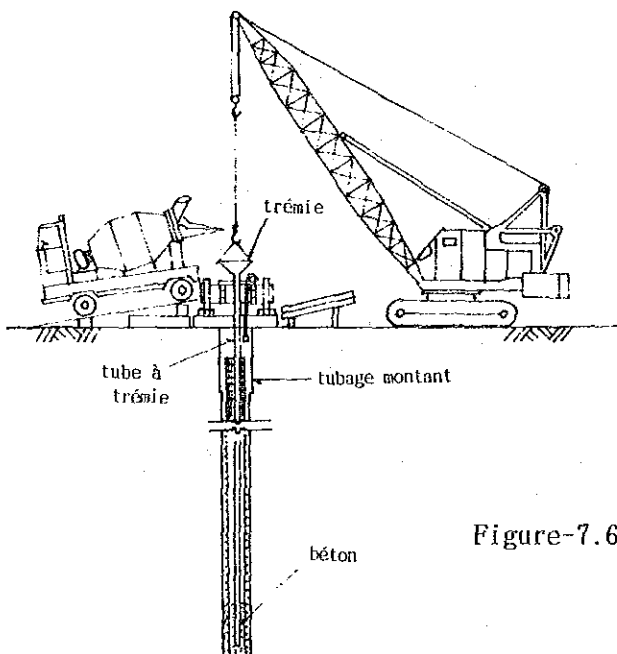
Figure-7.6.6.2 Procédé de montage de la poutre



(1) Forage Mettre en place une tour de forage et procéder au forage jusqu'à une profondeur prévue en allongeant une tige de forage par un appareil de circulation inverse. Utiliser en même temps un système de pompage pneumatique pour le forage inférieur à 50 m. Mesurer la précision verticale du forage à l'aide d'un appareil de mesure ultrasonore.



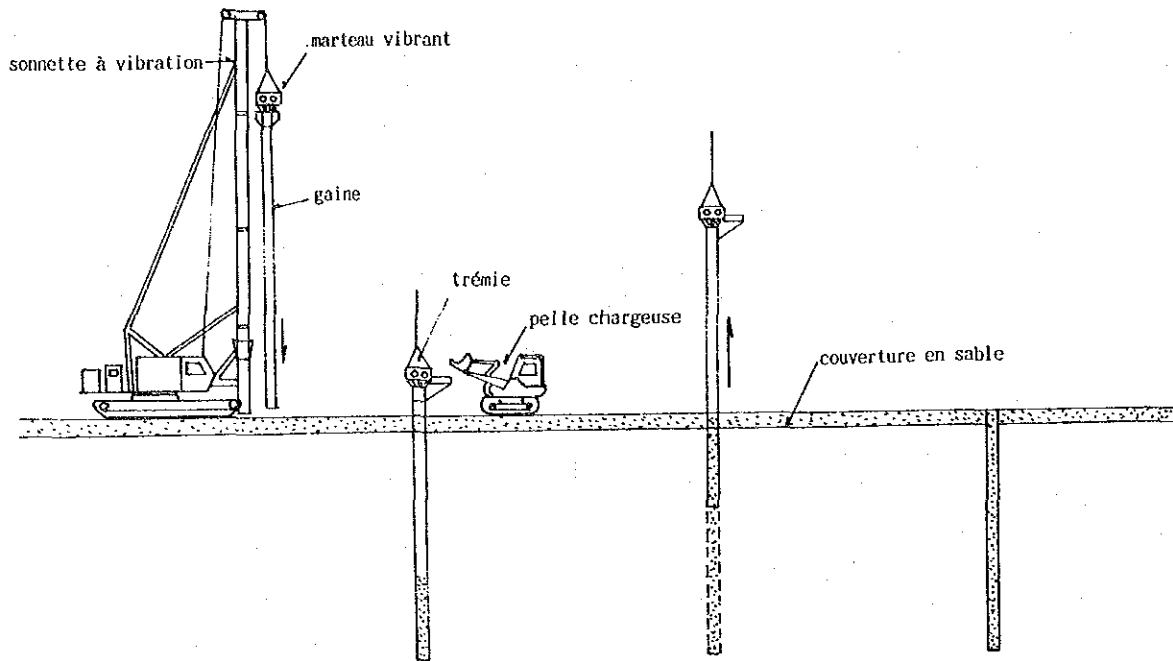
(2) Mise en place de la corbeille ferrillée Soulever cette tige et enlever cette tour après le forage. Mettre en place la corbeille ferrillée par une grue sur chenilles. Joindre le ferrillage l'un sur l'autre.



(3) Bétonnage Effectuer à fond le traitement de boues par une centrifugeuse d'eaux boueuses à la suite de la mise en place du ferrillage. Fixer une trémie pour couler du béton et retirer un tube à trémie en mesurant le niveau de la surface de bétonnage. Retirer un tubage montant par un vérin mécanique à la suite de bétonnage.

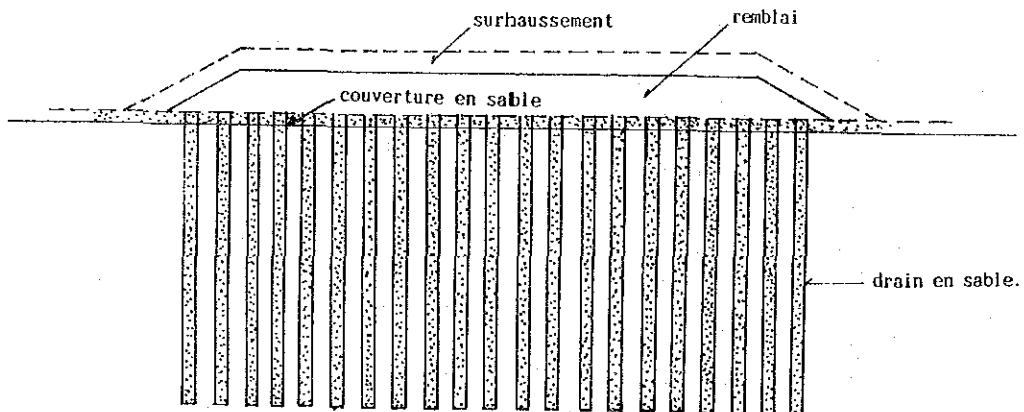
Figure-7.6.6.3 Procédé de mise en oeuvre d'un pieu coulé sur place

(1) Mise en oeuvre du drain vertical en sable



- (a) Commencer à enfoncer une gaine par une sonnette à vibration
 (b) Enfoncer cette gaine à une profondeur prévue et mettre dedans du sable
 (c) Retirer cette gaine en formant un pieu de sable.
 (d) Ce pieu est complètement formé après son enlèvement

(2) Remblai à pré-chargement



Transporter du remblai par un camion à benne basculante après la mise en place des pieux de consolidation en sable, ensuite niveler ce remblai par un bulldozer pour terrain humide. Enlever le surhaussement et former le remblai pour la rampe d'accès après l'achèvement de tassement.

Figure-7.6.6.4 Procédé de mise en oeuvre des pieux de sable

(5) Stabilisation d'assises

Etant donné que le remblai sous les voies d'accès du côté nord et sud est exécuté sur des terrains argileux meubles, la stabilisation d'assises est à effectuer à l'aide d'une méthode de drain vertical en sable. Cette méthode consiste à placer un certain nombre de colonnes souterraines en sable à un intervalle requis (1,5 m), ensuite à imposer une charge de remblai (Pré-chargement) sur ces terrains pour faire évacuer de l'eau de ces terrains argileux dans ces colonnes en sable, qui servent alors de conduite d'évacuation de l'eau pour l'évacuer sur le sol. La consolidation forcée des terrains argileux est ainsi effectuée plus rapidement. Cette méthode est montrée dans la Figure-7.6.6.4.

7.6.7 Planning des travaux de construction

La durée de construction est prévue pour trois ans et demi (42 mois), en prenant en considération la difficulté de mise en oeuvre d'un pont à haubans en béton précontraint ainsi que des pieux de plus de 100 m coulés sur place, l'importance de cet ouvrage comprenant le viaduc d'accès avec l'échangeur et le nombre de jours disponibles pour les travaux. Avant la construction, on prévoit une période d'1 an (12 mois) pour la conception détaillée, et une de 6 mois pour les appels d'offres et le contrat.

Le planning des travaux de construction est établi dans l'hypothèse où:

- a) Les travaux commencent en avril 1993 et les aménagements et préparations sur site sont achevés dans un délai de 3 mois. La mise en oeuvre de la fondation (pieux coulés sur place) sous les piles de l'ouvrage principal commence en juillet 1993.
- b) Ayant une grande longueur, les pieux coulés sur place exigent leur forage à long terme, ce qui nous obligera à travailler jour et nuit compte tenu de l'efficacité de forage.
- c) Le pont à haubans en béton précontraint et ses viaducs d'accès sont mis en oeuvre parallèlement, tandis que l'ouvrage à poutre en T en

béton précontraint pour un viaduc d'accès du côté nord est mis en oeuvre à la suite de l'achèvement du pont à haubans.

- d) Toute la construction est terminée à la fin du mois de juillet 1996 (37 mois).
- e) Après le démantèlement des installations en site, ce projet est à terminer avant le mois de septembre 1996.

Selon l'hypothèse indiquée ci-dessus, le planning des travaux est montré dans la Figure-7.6.7.1.

CHAPITRE 8 TOTALISATION DU COUT DU PROJET

CHAPITRE 8 TOTALISATION DU COUT DU PROJET

8.1 CONDITIONS FONDAMENTALES DE LA TOTALISATION DU COUT DU PROJET

Ce coût consiste en coût de construction, d'Ingénieur-Conseil (conception détaillée et ingénierie), d'acquisition des terrains et de compensation, coût administratif du Ministère de l'Equipement et de l'Habitat et imprévu. Ce coût est schématisé dans la Figure-8.1.1 et totalisé dans l'hypothèse où:

- a) Ce coût serait calculé sur la base des prix en janvier 1990.
- b) Le cours du change serait de 0.87 dinars tunisiens ou 150 yens japonais le dollar américain.
- c) Ce coût serait divisé en parts en devise, en monnaie locale et en impôts, et calculé en dinars tunisiens.
- d) La construction, exigeant une haute technicité en raison de son importance, aurait recours aux appels d'offres internationaux en vue de la sélection des contractants.

8.2 COUT DE CONSTRUCTION

Il est divisé en coût direct et indirect.

8.2.1 Coût direct de construction

Il comprend les frais des ouvrages principaux et installations provisoires. Il se décompose en frais de personnel, coût des matériaux et des matériels, et il est calculé sur la base des quantités mises en oeuvre obtenues lors de la conception générale.

1) Frais de personnel

Ils sont calculés sur la base des résultats positifs de certains projets réalisés qui ont été recueillis au Ministère de l'Equipement et de l'Habitat et auprès d'un certain nombre d'entrepreneurs de

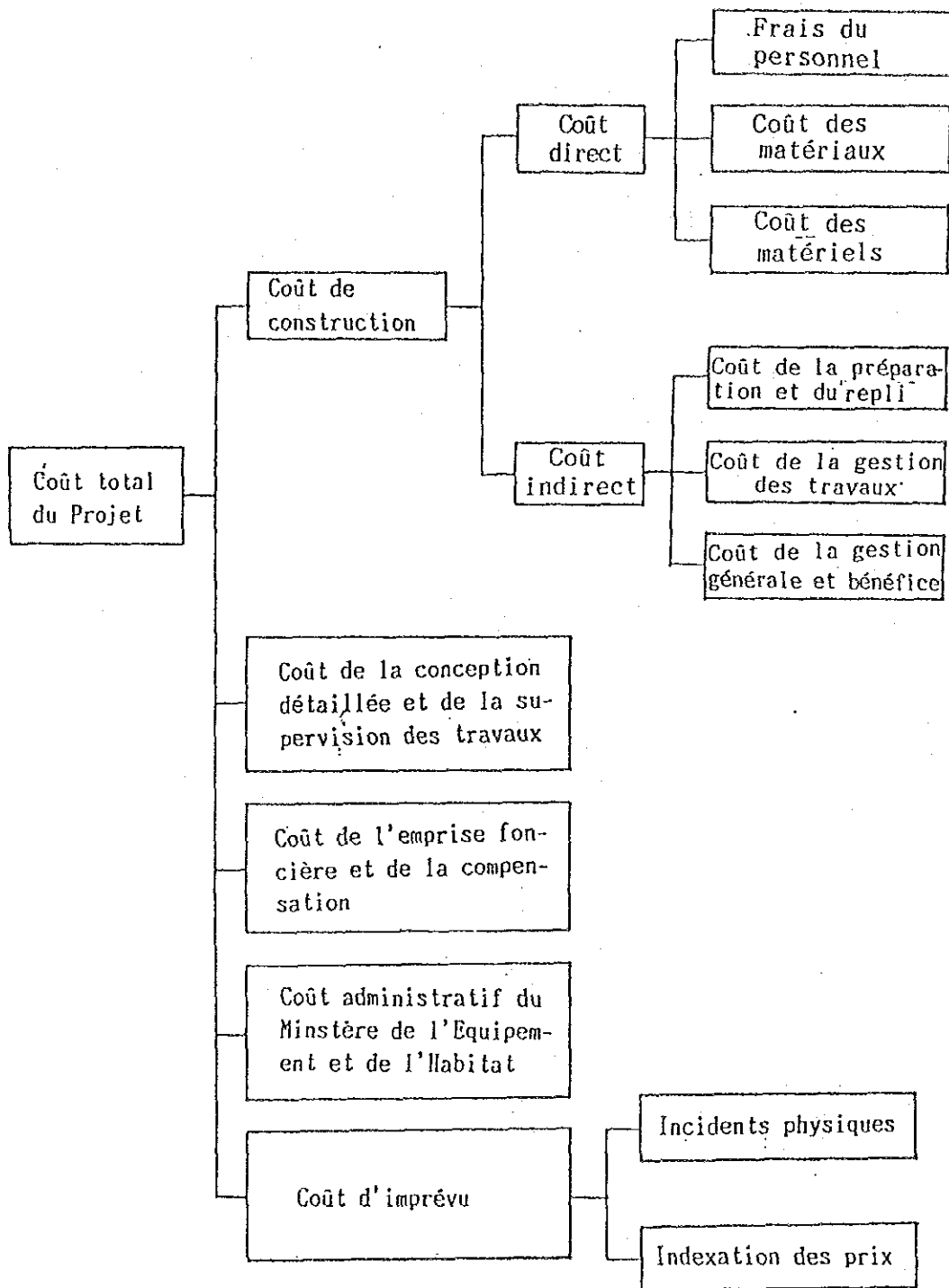


Figure 8.1.1 ORGANIGRAMME DU COUT DU PROJET

construction en ville de Tunis. Les coûts des ouvriers sont montrés dans le Tableau 8.2.1.1.

2) Coût des matériaux

Le coût des matériaux de construction disponibles en Tunisie est estimé sur la base d'une enquête orale auprès de certains entrepreneurs et des données trouvées au Ministère de l'Équipement et de l'Habitat, ainsi qu'en se référant aux devis estimatifs de certains fournisseurs. Par ailleurs, quant aux armatures, on adopte les prix de vente d'un fournisseur d'État ELFOULADH. Pour les matériaux de construction indisponibles en Tunisie, ils sont à importer des pays voisins d'Europe, dont les prix sont considérés comme ceux d'approvisionnement au Japon. Les origines d'approvisionnement et les prix de ces matériaux sont présentés dans le Tableau-8.2.1.2.

3) Coût des matériels

Il n'existe pas en Tunisie de société de location à long terme des matériels de construction. D'ailleurs, les entrepreneurs de construction locaux possèdent leurs propres matériels d'usage général, mais ils ne disposent pas de grands matériels spécifiques pour la construction d'un ouvrage d'art. Cela suppose donc que ceux-ci auront été apportés en Tunisie et seront remontés après la construction par les contractants. Le coût des matériels de construction est figuré dans le Tableau-8.2.1.3.

4) Parts en devise, en monnaie locale et en impôts

Pour le frais de personnel, le coût des matériaux et celui des matériels, les prix unitaires sont décomposés en parts en devise, en monnaie locale et en impôts, qui seront à totaliser pour obtenir chacun de ces prix unitaires. Le rapport des parts en devise, en monnaie locale et en impôts sur chaque prix unitaire est montré dans le Tableau-8.2.1.4, dont le fondement est présenté à l'Annexe 8.2.1.1.

Tableau 8.2.1.1 COUT DES OUVRIERS

No.	Désignation	Unité	Paye (DT)
1.	Ingénieur de génie civil	M/D	75.0
2.	Contremaître de génie civil	dite	20.0
3.	Opérateur d'engins	dite	16.0
4.	Arpenteur, sondeur	dite	18.0
5.	Electricien	dite	15.0
6.	Technicien	dite	15.0
7.	Soudeur	dite	15.0
8.	Ferrailleur	dite	12.5
9.	Charpentier	dite	12.5
10.	Plombier	dite	12.5
11.	Manoeuvre	dite	8.0

Tableau 8.2.1.2 COUT DES MATERIAUX

No.	Désignation de matériaux	Unité	Prix Unitaire (DT)
1.	Ciment	Tonne	54,000
2.	Armature	Tonne	450,000
3.	Adjuvant du béton	Litre	1,500
4.	Toron précontraint	Tonne	2,980,000
5.	Ancrage du béton précontraint	No.	24,500
6.	Tôle d'acier	Tonne	9,400,000
7.	Poutre en H	Tonne	725,000
8.	Agrégat (granulat) grossier	Tonne	10,000
9.	Agrégat (granulat) fin	Tonne	6,000
10.	Sable	Mètre cubique	6,000
11.	Gravier d'enrochement	Mètre cubique	10,000
12.	Gaz-oil	Litre	0.290
13.	Essence	Litre	0.470
14.	Huile de moteur	Litre	1,200
15.	Asphalte	Tonne	147,000

Tableau-8.2.1.3 LE NOMBRE ET LE PRIX HORAIRE DES MATERIELS PRINCIPAUX

No.	Matériels	Capacité	Nombre	Prix unitaire (DT)
1.	Grue sur chenilles	30 t	1	161
2.	Grue sur chenilles	60 t	2	102
3.	Camion-grue	30 t	2	51
4.	Grue à tour	180t-m	2	640 (D)
5.	Equipage mobile	W=17m	4	410 (D)
6.	Perforatrice à circulation inverse de boues	75 kw	2	59
7.	Sonnette des pieux de sable	30 kw	2	88
8.	Compresseur d'air	14 kgf/cm ²	2	168
9.	Bulldoser	15 t	2	31
10.	Excavatrice	0.7 m ³	2	32
11.	Tracto-pelle	1.4 m ³	1	23
12.	Camion à benne basculante	11 t	10	14
13.	Vibro-marteau	60 kw	2	28
14.	Génératrice	250 kVA	2	86 (D)
15.	Niveleuse	3.1 m	1	22
16.	Rouleau à pneus	20 t	1	15.4
17.	Rouleau tricycle	10 t	1	15.7
18.	Niveleuse automotrice	3.1 m	1	22.4
19.	Finisseuse d'asphalte	6 m	1	67
20.	Véhicule de pompage à béton	90 m ³ /H	1	55

Note: (D) indique le prix journalier du matériel

Tablour-8.2.1.4 REPARTITION EN DEVISE, MONNAIE LOCALE ET IMPOTS

No.	Description	Répartition (%)		
		devise	monnaie locale	impôts (TVA)
1.	Matériels de construction	90	10	0
2.	Ouvriers	0	83	17
3.	Câbles de précontrainte	65	0	35
4.	Ancrage de précontrainte	65	0	35
5.	Profilé en H/tôle d'acier	65	0	35
6.	Ciment	48	35	17
7.	Armature	48	35	17
8.	Coffrage	66	17	17
9.	Adjuvant	66	17	17
10.	Asphalte	66	17	17
11.	Bois	66	17	17
12.	Gaz-oil	66	28	6
13.	Huile de moteur	66	28	6
14.	Essence	66	28	6
15.	Agrégat grossier	51	32	17
16.	Pierre pour défense à la mer	51	32	17
17.	Sable	55	28	17
18.	Remblai	55	28	17
19.	Béton préfabriqué	51	33	16
20.	Divers matériaux importés	65	0	35

8.2.2 Coût indirect de construction

Le coût indirect comprend le coût de la gestion des travaux, les bénéfices et le coût de la préparation et du repli.

(1) Coût de la gestion des travaux

Ce coût se décompose en a) celui de la gestion sur site, b) celui de la communication et du déplacement, c) celui des frais généraux, d) bénéfices ajoutés et e) frais divers, dont le rapport sur le coût direct de construction est de 13% compte-tenu de la construction d'un grand pont.

(2) Le rapport des bénéfices est de 7% sur le coût direct de construction.

(3) Le rapport du coût de la préparation et du repli est de 5% sur le coût direct de construction, compte tenu de la construction d'un grand pont.

C'est ainsi que le coût indirect représente 25% du coût direct.

8.3 COUT DE LA CONCEPTION DETAILLEE ET DE L'INGENIERIE

Ce coût correspond à la dépense d'Ingénieur-Conseil nécessaire pour la mise en oeuvre d'un ouvrage d'art. L'étude de faisabilité a estimé ce coût à 10% du coût de construction.

8.4 COUT DE L'ACQUISITION DES TERRAINS ET DE LA COMPENSATION

Ce coût a été estimé sur la base des prix de vente ou des résultats positifs de la compensation, pour les terrains aux environs du site de ce projet. Etant donné que les terrains sur le tracé Ouest appartiennent pour la plupart à l'Etat, les terrains privés sur le même tracé qui font l'objet d'acquisition et de compensation ont été approximativement évalués sur une carte topographique.

(1) Coût de l'acquisition des terrains

No.	Terrain	Coût (DT/m ²)	Terrains acquis (m ²)
1.	résidentiel	50	9,000
2.	commercial	30	-

(2) Coût de la compensation

No.	bâtiment	Coût (DT/m ²)	Zone compensée (m ²)
1.	en béton armé	150	330
2.	en brique	120	-
3.	en bois	50	-

8.5 COUT ADMINISTRATIF DU MINISTERE DE L'EQUIPEMENT ET DE L'HABITAT

Il s'agit d'une dépense attribuée au Ministère de l'Equipement et de l'Habitat pour administrer le projet de construction de l'ouvrage d'art et dont le rapport sur le coût de la conception détaillée et de l'ingénierie a été fixé à 10%.

8.6 COUT IMPREVU

Le calcul du coût de construction a généralement recours à des informations dépouillées au cours de l'Etude de faisabilité, tandis que ce coût totalise des facteurs imprévisibles tels que les quantités mises en oeuvre qui peuvent varier en fonction de l'étude géotechnique ainsi que des résultats de la conception détaillée ("Incident physique"), la conjoncture économique à l'intérieur et à l'extérieur de la Tunisie (par exemple: cours du change, inflation, "Indexation des prix"), etc... On suppose que la construction du pont commencera 2 ans après l'Etude de faisabilité.

La provision pour incidents physiques est estimée à 5% et celle pour indexation des prix à 10% au niveau de l'Etude de faisabilité.

8.7 COUT DU PROJET

Ce coût comprend celui de construction, celui de la conception détaillée et de l'ingénierie, celui de l'acquisition des terrains et de la compensation, celui administratif du Ministère de l'Equipement et de l'Habitat et celui d'imprévu. Ces coûts sont totalisés par une procédure présentée dans la Tableau-8.7.1. Le coût du projet est montré dans le Tableau-8.7.1 et en détail dans le tableau 8.7.2.

Tableau-8.7.1 ESTIMATION APPROXIMATIVE DU COUT DU PROJET

en milliers de DT					
No.	Désignation	Total	Part en devise	Part en monnaie locale	impôts (TVA)
1.	Coût de construction	57,140	34,190	14,320	8,630
2.	Coût de la conception détaillée et de l'ingénierie	5,720	3,420	1,430	870
3.	Coût de l'acquisition de terrains et de la compensation	500	-	430	70
4.	Coût administratif du Ministère de l'Equipement et de l'Habitat	570	-	480	90
5.	Coût imprévu	9,590	5,640	2,500	1,450
	Total	73,520	43,250	19,160	11,110

Tableau 8.7.2 ESTIMATION APPROXIMATIVE DU COUT DU PROJET POUR LA CONSTRUCTION D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT DU GOULET DE RADES-LA GOULETTE

No.	Travaux	Unite	Quantite	P. U	Total	Devis	Monnaie	Impots
1	Pont Principal							
1.1	Superstructure							
1.1.1	Beton (Scl=400kg/cm ²)	m ³	4835	131,95	637,978	373,664	191,330	72,985
1.1.2	Ferraillage	Ton	725	1128	817,800	405,711	308,720	103,370
1.1.3	Coffrage	m ²	16170	257,51	4,163,937	2,693,651	546,308	923,978
1.1.4	Matériaux de precontrainte	Ton	228	6822	1,555,416	864,345	236,579	454,493
1.1.5	Haubanage	Ton	153	16500	2,539,800	1,692,777	73,854	773,369
1.1.6	Blindage de voie ferree	m ³	3000	58	174,000	95,700	52,200	26,100
1.1.7	Annexes du pont	Ls			988,893	612,585	140,879	235,429
	Sous-total				10,877,824	6,138,131	1,549,670	2,589,723
					100,00%	61,95%	14,25%	23,81%
1.2	Appui							
1.2.1	Pieu coule sur place (02,0m)	m	3072	947	2,909,184	1,836,277	812,826	260,377
1.2.2	Pieu coule sur place (01,5m)	m	1145	562	643,490	403,146	182,301	58,043
1.2.3	Beton (Scl=240kg/cm ²)	m ³	1790	78,2	609,178	281,642	252,931	94,544
1.2.4	Beton (Scl=400kg/cm ²)	m ³	715	131,95	94,344	55,257	28,294	10,793
1.2.5	Ferraillage	Ton	1390	981,9	1,364,841	668,226	512,634	183,981
1.2.6	Coffrage	m ²	1690	54,7	420,543	230,933	131,409	58,343
1.2.7	Forage	m ³	10400	47,36	492,544	319,907	54,771	117,915
1.2.8	Revetement des rives	m ²	4050	23,08	93,474	50,457	23,957	19,059
	Sous-total				6,627,698	3,825,847	1,999,123	603,050
					100,00%	57,73%	30,16%	12,12%
	Total du pont principal				17,505,522	10,564,278	3,548,792	3,392,774
					100,00%	60,35%	20,27%	19,38%
2	Viaduc d'accès							
2.1	Superstructure (Ouvrage à poutres en T en beton precontraint)							
2.1.1	Beton (Scl=400kg/cm ²)	m ³	5650	117,95	666,418	381,924	205,190	79,237
2.1.2	Ferraillage	Ton	587	925,59	543,321	216,894	242,050	84,378
2.1.3	Coffrage	m ²	34170	30,7	1,049,019	527,237	415,936	105,846
2.1.4	Matériaux de precontrainte	Ton	271	7178	1,945,238	1,121,430	247,240	576,763
2.1.5	Montage	Nos	121	4469	540,749	356,191	158,223	26,334
2.1.6	Annexes du pont	Ls			474,474	260,368	126,864	87,256
	Sous-total				5,219,219	2,864,043	1,395,502	959,814
					100,00%	54,87%	26,74%	18,39%
2.2	Superstructure (Ouvrage à poutre-caisson en beton precontraint)							
2.2.1	Beton (Scl=350kg/cm ²)	m ³	9580	126,87	1,215,415	696,554	374,226	144,513
2.2.2	Ferraillage	Ton	1722	979,76	1,687,147	722,605	718,218	246,323
2.2.3	Coffrage	m ²	30380	81,34	2,471,109	1,581,758	586,394	303,205
2.2.4	Matériaux de precontrainte	Ton	340	6290	2,138,600	1,180,079	326,778	631,748
2.2.5	Annexes du pont	Ls			751,227	418,075	200,562	132,578
	Sous-total				8,263,498	4,598,823	2,206,178	1,458,362
					100,00%	55,65%	26,70%	17,65%
2.3	Appui							
2.3.1	Pieu coule sur place (01,5m)	m	18250	562	10,256,500	6,425,697	2,905,666	925,136
2.3.2	Beton (Scl=240kg/cm ²)	m ³	15950	82,91	1,322,415	593,632	528,966	199,817
2.3.3	Ferraillage	Ton	2264	872,9	1,976,246	868,758	810,063	297,425
2.3.4	Coffrage	m ²	15030	42,23	634,717	303,014	212,630	119,073
2.3.5	Forage	m ³	31880	47,36	1,509,837	980,639	167,894	361,455
	Sous-total				15,699,714	9,171,740	4,625,219	1,902,906
					100,00%	58,42%	29,46%	12,12%
	Total du viaduc d'accès				29,182,431	16,634,606	8,226,900	4,321,082
					100,00%	57,00%	28,19%	14,81%
3	Voie d'accès							
3.1.1	Remblai	m ³	170000	11,26	1,914,200	1,400,048	449,071	64,891
3.1.2	Stabilisation d'assises	m ²	56700	35,06	1,987,902	1,476,614	448,669	62,619
3.1.3	Chaussée	m ²	77800	11,27	876,806	646,118	202,016	28,672
3.1.4	Defense a la mer	m ²	18090	11,54	208,759	112,688	53,505	42,566
3.1.5	Dalot	No.	100	1278	127,800	64,041	47,286	16,473
3.1.6	Petit ouvrage (L=20m)	m ²	346	780	269,880	136,586	89,546	43,775
3.1.8	Annexes de voie	Ls			1,077,069	767,219	258,019	51,799
	Sous-total				6,462,416	4,603,311	1,548,113	310,795
					100,00%	71,23%	23,96%	4,81%
	Total de voie d'accès				6,462,416	4,603,311	1,548,113	310,795
					100,00%	71,23%	23,96%	4,81%
4	Cout des installations provisoires communes				3,986,278	2,385,165	999,285	601,849
5	Total du cout de Construction				57,136,647	34,187,359	14,323,091	8,626,499
					100,00%	59,83%	25,07%	15,10%

CHAPITRE 9 EVALUATION ECONOMIQUE

CHAPITRE 9 EVALUATION ECONOMIQUE

9.1 GENERALITES

L'évaluation économique de ce projet consiste à faire une étude comparative entre ses coûts et avantages pour évaluer combien ce projet pourra contribuer à l'économie nationale en Tunisie.

Les coûts de ce projet correspondent à une quantité de ressources (y comprises les mains-d'oeuvre) consommées par la mise en oeuvre de ce projet, ne comportant pas la part de transfert tel que les impôts puisque les impôts correspondent à une dépense à l'égard des contribuables alors qu'ils correspondent à un revenu à l'égard de leur gouvernement, donc ils correspondent à ± 0 à l'égard de la totalité de l'économie nationale.

Il est impossible de quantifier en monnaie tous les avantages produits par ce projet. La présente étude a donc quantifié les 4 avantages suivants:

- (1) Avantages pour l'utilisateur (économie des frais et temps de roulement)
- (2) Economie d'une dépense relative aux bacs due à leur désaffectation.
- (3) Effet de circulation monétaire due à l'investissement de ce projet.
- (4) Valeur résiduelle au terme de l'évaluation.

9.2 COUT DE CONSTRUCTION

Le coût de construction est montré dans le tableau 9.2.1 où les parts en monnaie locale et en devise étrangère ne comprennent pas les impôts, mais présentent les valeurs économiques.

Tableau 9.2.1 COUT DE CONSTRUCTION (HORS TAXES)

En milliers de Dinars

	Montant total		(1992)		(1993)		(1994)		(1995)		(1996)	
	Part en devise	Part en monnaie locale	Part en devise	Part en monnaie locale	Part en devise	Part en monnaie locale	Part en devise	Part en monnaie locale	Part en devise	Part en monnaie locale	Part en devise	Part en monnaie locale
Coût de construction	34 200	14 300			6 015	2 515	13 382	5 595	11 638	4 866	3 166	1 324
Coût de la conception détaillée et de l'ingénierie	3 420	1 430	1 026	429	431	108	934	390	814	340	215	91
Coût de l'acquisition des terrains et de la compensation		425				425						
Coût administratif du Ministère de l'Équipement et de l'Habitat		480		144		60		131				31
Coût d'imprévu	1 881	832	51	29	322	159	716	306	623	266	169	72
Total	39 501	17 467	1 077	602	6 768	3 339	15 032	6 422	13 074	5 586	3 550	1 518
		56 968		1 679		10 107		21 454		18 660		5 068
				2.95%		17.74%		37.66%		32.76%		8.9%

9.3 COUT DE L'ENTRETIEN ET DE LA GESTION

Pour l'ouvrage d'art, ce coût se répartit en entretien et gestion ordinaires et en réparation.

Correspondant au coût pour la brigade de l'entretien préventif contre l'endommagement de l'ouvrage, ce coût est estimé par le mode de EKM (Equivalent Maintenance Kilometer of road : kilométrage équivalent à l'entretien routier) consistant à multiplier par une constante le coût kilométrique d'entretien-gestion de la voirie. Le budget pour l'entretien et la gestion des réseaux routiers en ville de Tunis est de 1.110 dinars tunisiens/km pour l'exercice 1989. C'est ainsi que le coût de l'entretien et de la gestion pour l'ouvrage d'art est le suivant:

<u>Ouvrage d'art</u>	<u>Prix uni. EKM(DT/km)</u>	<u>Constante Ouvrage</u>	<u>Coût d'entretien- Gestion par m(DT/m)</u>
en béton	1.110	0,010	11,10
en acier	1.110	0,040	44,40

Coût de l'entretien et de la gestion (pour l'ouvrage d'art):

$$11,10 \text{ DT/m} \times 1.600\text{m} = 17.760 \text{ DT/an}$$

Coût de l'entretien et de la gestion (pour la voirie):

$$1,10 \text{ DT/m} \times 2.200\text{m} = 2.420 \text{ DT/an}$$

$$\text{Total} = 20,180 \text{ DT/an}$$

En ce qui concerne la réparation, la réfection de la chaussée se fait tous les 10 ans.

$$\text{Coût de la réparation; } 7,6 \text{ DT/m}^2 \times 58.000\text{m}^2 = 440.800 \text{ DT}$$

Les coûts d'entretien et de gestion indiqués ci-dessus sont en valeur économique excluant les impôts.

9.4 AVANTAGES POUR L'USAGER

9.4.1 Coût d'exploitation des véhicules

Le coût d'exploitation des véhicules se compose de deux termes:

- Le coût proportionnel au kilométrage qui comprend: la consommation de carburant et d'huile, l'usure des pneumatiques, les frais d'entretien et de réparation.
- Le coût fixe annuel qui comprend les frais d'amortissement, d'intérêt, l'assurance et éventuellement les charges salariales et les frais généraux.

Pour estimer ces coûts, nous avons actualisé les dernières études réalisées en Tunisie.

Nous donnons ci-après les coûts retenus par catégorie de véhicule.

En tenant compte du nombre d'heures moyen d'utilisation par type de véhicule, nous avons converti le coût fixe annuel en un coût par heure.

Les coûts sont donnés en valeur économique (hors taxes) et en valeur financière (TTC).

COÛT D'EXPLOITATION DES VÉHICULES

Type de véhicule	Coût kilométrique (en millimes/km)		Coût horaire (en dinars/heures)	
	HT	TTC	HT	TTC
Voitures particulières	41.5	79.0	-	-
Taxis	41.9	69.9	3.6	10.7
Camionnettes	40.1	65.5	1.0	1.5
Camions légers	134.4	82.9	2.5	3.1
Camions lourds	177.6	241.5	4.9	6.0
Ensembles articulés	217.7	302.7	7.2	8.6
Autocars	194.9	267.9	10.5	12.6

Pour les voitures particulières, nous n'avons retenu que le coût kilométrique qui correspond au coût ressenti par l'utilisateur. Le terme proportionnel au temps sera calculé en estimant la valeur du temps des usagers.

9.4.2 Valeur du temps

La valeur du temps est un des éléments du coût généralisé. Les valeurs accordées au temps par les voyageurs ont donc une importance déterminante pour estimer l'intérêt d'ouvrages dont l'objectif principal est précisément la diminution du temps de transport.

L'estimation des valeurs du temps est effectuée à partir du revenu horaire moyen par actif, comme cela est admis généralement.

L'exploitation de l'enquête a montré que le revenu moyen par tête des passagers des véhicules légers était de:

- 79,5 DT/mois pour le motif professionnel
- 102,2 DT/mois pour le motif personnel

Le revenu horaire moyen par actif est ensuite calculé comme suit:

$$\text{Revenu horaire} = \frac{\text{Revenu mensuel/tête} \times \text{Nombre personnes/ménage}}{\text{Nombre d'actifs/ménage} \times \text{Nombre d'heures/mois}}$$

Le nombre de personnes du ménage est en moyenne de 5.2 et le nombre d'actifs par ménage de 1,5.

Le nombre d'heures de travail par mois étant en général de 180 heures, on obtient comme valeur du revenu horaire par actif:

- 1,531 DT/h pour le motif professionnel
- 1,968 DT/h pour le motif personnel

La Banque Mondiale recommande les pourcentages suivants par motif:

- Travail-travail : de 50% à 100% du revenu horaire.
- Domicile-travail : de 25% à 50% du revenu horaire.
- Personnel : de 0 à 25% du revenu horaire.

Nous avons retenu les pourcentages suivants selon le motif:

- Travail-travail : 75%
- Domicile-travail : 33%
- Personnel : 20%

L'enquête a montré que les trajets en véhicules légers se répartissaient en 35% de trajets pour motif personnel et 65% de trajets pour motif professionnel.

D'autre part, les trajets pour motif professionnel comprennent 44% de trajets domicile-travail et 56% de trajets travail-travail.

En appliquant ces différents pourcentages, on trouve une valeur du temps par passager de:

0,69 DT/h

Compte-tenu du nombre de passagers moyen par véhicule déterminé lors de l'enquête, la valeur du temps par véhicule sera de:

- 1,36 Dinars/h pour les voitures particulières (1,97 passagers).
- 1,27 Dinars/h pour les taxis (1,84 passagers).

Pour les autocars de tourisme, nous avons réduit d'un tiers la valeur du temps par passager et en considérant un nombre moyen de passagers de 22,8 on obtient une valeur du temps de 10,5 Dinars/h par véhicule.

9.4.3 Valeurs des données d'entrée du modèle

Après avoir défini les coûts kilométriques et les coûts horaires par type de véhicule et connaissant la répartition des u.v.p. par type de véhicule, il est alors aisé de calculer les valeurs des coefficients "Cdist" et "Ctime" par u.v.p. Ces coefficients sont les données d'entrée du modèle d'affectation.

Ce calcul a été réalisé en coût hors taxes, et taxes comprises.

DONNEES D'ENTREE DU MODELE D'AFFECTION

	HT	TTC
Coût kilométrique en Dinars/km (Cdist)	0,0648	0,0947
Coût horaire en Dinars/heure (Ctime)	2,38	3,57

Le coût horaire est la somme du coût horaire d'exploitation des véhicules et de la valeur du temps.

Dans le futur, la valeur du temps augmentera comme le revenu par tête, c'est-à-dire comme le PIB par tête.

Cette croissance sera de:

- 1,2% par an jusqu'en 1994.
- 1,7% par an de 1994 à 2004.
- 1,9% par an de après 2004.

9.4.4 Avantages pour l'utilisateur

Ils sont obtenus par la formule suivante;

$$UB = WOUC - WUC \dots \dots (9.4.4.1)$$

- où UB : Avantages pour l'utilisateur par véhicule
- WOUC : Coûts à la charge de l'utilisateur "sans projet"
- WUC : Coûts à la charge de l'utilisateur "avec projet"

Les coûts à la charge de l'utilisateur sont formulés comme suit:

$$UC = VOC \times Km + TV \cdot H \dots \dots (9.4.4.2)$$

- où UC : Coûts à la charge de l'utilisateur par véhicule
- VOC : Coût kilométrique de circulation du véhicule
(VOC = 0,0648 DT, en 1989, sans impôts)
- TV : Valeur du temps horaire (TV = 2,38 DT, en 1989, sans impôts)
- H : Temps de circulation du véhicule

Le coût de circulation du véhicule et la valeur du temps ont été en définitive convertis en chiffres de 1990 par insertion d'un taux d'inflation de 6%.

Le montant total annuel des avantages (en valeur 1990, sans impôts), qui a été obtenu en multipliant par le volume de trafic les avantages pour l'utilisateur par U.V.P., est montré ci-dessous:

en 1996	-	7 452 000 DT
en 2006	-	12 417 000 DT
en 2016	-	20 698 000 DT

Tableau 9.4.4-1 AVANTAGES POUR L'USAGER (PRIX EN 1990)(1/1)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)		
7	1	LA	GOULETTE	PORT	13	12	1	0.051	0.891	0.893	-0.002	0.048	1.489	0
8	1	LA	GOULETTE	PORT	28	16	12	0.608	1.188	1.022	0.166	0.775	1.857	0
9	1	LA	GOULETTE	PORT	40	11	9	0.456	0.875	0.919	-0.044	0.412	1.668	24
10	1	LA	GOULETTE	PORT	23	15	28	1.415	1.110	1.104	0.005	1.421	1.880	8
11	1	LA	GOULETTE	PORT	36	8	28	1.417	0.633	1.024	0.009	1.426	3.279	140
12	1	LA	GOULETTE	PORT	35	7	28	1.421	0.593	0.569	0.023	1.444	1.049	201
13	1	LA	GOULETTE	PORT	34	5	29	1.466	0.527	0.432	0.095	1.561	0.913	26
16	1	LA	GOULETTE	PORT	21	20	1	0.059	1.505	1.509	-0.004	0.056	0.669	380
17	1	LA	GOULETTE	PORT	51	23	28	1.415	1.796	1.790	-0.005	1.421	2.542	2
18	1	LA	GOULETTE	PORT	29	21	8	0.397	1.441	1.376	0.065	0.462	2.980	16
20	1	LA	GOULETTE	PORT	33	21	12	0.608	1.545	1.379	0.166	0.775	2.469	1
26	2	LA	GOULETTE	VILLE	15	14	1	0.051	1.028	1.031	-0.002	0.048	2.446	9
27	2	LA	GOULETTE	VILLE	31	19	12	0.608	1.335	1.159	0.166	0.775	1.797	0
28	2	LA	GOULETTE	VILLE	22	13	9	0.456	1.013	1.057	-0.044	0.412	2.116	9
29	2	LA	GOULETTE	VILLE	45	17	28	1.415	1.247	1.241	0.005	1.421	1.728	21
30	2	LA	GOULETTE	VILLE	39	11	28	1.417	0.770	0.761	0.009	1.426	2.117	229
31	2	LA	GOULETTE	VILLE	37	9	28	1.421	0.730	0.706	0.023	1.444	2.47	46
32	2	LA	GOULETTE	VILLE	36	7	29	1.466	0.664	0.569	0.095	1.561	1.172	14
35	2	LA	GOULETTE	VILLE	24	23	1	0.059	1.642	1.646	-0.004	0.056	0.948	51
36	2	LA	GOULETTE	VILLE	54	26	28	1.415	1.933	1.927	0.005	1.421	2.801	2
37	2	LA	GOULETTE	VILLE	32	24	8	0.397	1.579	1.514	0.065	0.462	3.239	154
39	2	LA	GOULETTE	VILLE	35	23	12	0.608	1.682	1.516	0.166	0.775	2.728	6
45	3	KHEREDDINE		16	15	1	0.051	1.097	1.099	-0.002	0.048	1.926	2.705	0
46	3	KHEREDDINE		32	20	12	0.608	1.364	1.228	0.166	0.775	1.878	1.878	0
47	3	KHEREDDINE		23	14	9	0.456	1.081	1.125	-0.044	0.412	2.246	2.246	2
48	3	KHEREDDINE		46	18	28	1.415	1.315	1.310	0.005	1.421	1.857	2.931	0
49	3	KHEREDDINE		40	12	28	1.417	0.839	0.830	0.009	1.426	2.247	3.369	33
50	3	KHEREDDINE		38	10	28	1.421	0.798	0.775	0.023	1.444	2.864	2.864	0
51	3	KHEREDDINE		37	9	29	1.466	0.733	0.638	0.095	1.561	1.302	1.302	2
53	3	KHEREDDINE		25	24	1	0.059	1.711	1.715	-0.004	0.056	1.077	1.077	3
54	3	KHEREDDINE		55	27	28	1.415	2.001	1.996	0.005	1.421	2.986	2.986	0
55	3	KHEREDDINE		33	25	8	0.397	1.647	1.582	0.065	0.462	3.320	3.320	0
64	4	LE	KRAM		17	16	1	0.051	1.166	1.168	-0.002	0.048	2.858	0
65	4	LE	KRAM		33	21	12	0.608	1.462	1.296	0.166	0.775	2.056	5
66	4	LE	KRAM		25	16	9	0.456	1.150	1.194	-0.044	0.412	2.376	185
67	4	LE	KRAM		47	20	28	1.415	1.364	1.379	0.005	1.421	1.987	0
68	4	LE	KRAM		41	13	28	1.417	0.908	0.898	0.009	1.426	2.577	45
69	4	LE	KRAM		39	12	28	1.421	0.867	0.844	0.023	1.444	1.568	21
70	4	LE	KRAM		39	10	29	1.466	0.801	0.706	0.095	1.561	1.73	195
73	4	LE	KRAM		26	25	1	0.059	1.779	1.783	-0.004	0.056	2.377	0
74	4	LE	KRAM		56	28	28	1.415	2.071	2.064	0.005	1.421	3.060	3
75	4	LE	KRAM		34	26	8	0.397	1.716	1.651	0.065	0.462	3.499	0
77	4	LE	KRAM		38	26	12	0.608	1.819	1.653	0.166	0.775	2.964	87
83	5	SALAMBO		19	18	1	0.051	1.234	1.236	-0.002	0.048	3.759	2.964	0
84	5	SALAMBO		34	22	12	0.608	1.531	1.365	0.166	0.775	2.137	2	
85	5	SALAMBO		26	17	9	0.456	1.218	1.262	-0.044	0.412	2.505	33	
86	5	SALAMBO		49	21	28	1.415	1.435	1.447	0.005	1.421	2.117	29	
87	5	SALAMBO		42	14	28	1.417	0.976	0.967	0.009	1.426	2.506	200	
88	5	SALAMBO		21	13	28	1.421	0.936	0.912	0.023	1.444	1.677	192	
89	5	SALAMBO		40	11	29	1.466	0.870	0.775	0.095	1.561	3.005	5	
91	5	SALAMBO		27	26	1	0.059	1.848	1.852	-0.004	0.056	1.561	36	
92	5	SALAMBO		57	29	28	1.415	2.139	2.133	0.005	1.421	3.190	1	
93	5	SALAMBO		35	27	8	0.397	1.784	1.719	0.065	0.462	3.628	183	
95	5	SALAMBO		39	27	12	0.608	1.888	1.722	0.166	0.775	3.117	3	
99	6	KARTHAGE		36	24	12	0.608	1.613	1.447	0.166	0.775	3.094	57	
100	6	KARTHAGE		50	22	28	1.415	1.535	1.529	0.005	1.421	2.661	2	
													2.662	4

Tableau 9.4.4-1 AVANTAGES POUR L'USAGER (PRIX EN 1990)(2/2)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
101	6 KARTHAGE	44	16	28	1.417	1.058	1.049	0.009	1.426	1.853	2	0
102	6 KARTHAGE	59	31	28	1.415	2.221	2.215	0.005	1.421	3.784	8	0
109	7 SIDI BOU SAID	21	20	1	0.051	1.428	1.420	-0.002	0.048	2.472	1	0
110	7 SIDI BOU SAID	37	25	12	0.608	1.725	1.557	0.168	0.776	2.839	46	2
111	7 SIDI BOU SAID	28	20	9	0.456	1.412	1.456	-0.044	0.412	2.451	11	2
112	7 SIDI BOU SAID	51	24	28	1.415	1.646	1.639	0.007	1.422	2.840	24	2
113	7 SIDI BOU SAID	45	17	28	1.416	1.170	1.159	0.011	1.427	2.031	24	3
114	7 SIDI BOU SAID	43	16	28	1.420	1.129	1.104	0.025	1.445	1.895	1	0
115	7 SIDI BOU SAID	43	14	29	1.466	1.063	0.967	0.096	1.562	1.670	162	31
118	7 SIDI BOU SAID	30	29	1	0.059	2.042	2.046	-0.004	0.056	3.525	0	0
119	7 SIDI BOU SAID	60	32	28	1.415	2.332	2.325	0.007	1.422	3.962	181	12
120	7 SIDI BOU SAID	42	30	12	0.608	2.081	1.914	0.168	0.776	3.428	6	0
128	8 LA MARSA	20	19	1	0.053	1.433	1.435	-0.002	0.051	2.410	4	0
129	8 LA MARSA	36	26	11	0.544	1.732	1.571	0.161	0.705	2.872	266	10
130	8 LA MARSA	19	19	0	0.024	1.475	1.476	-0.001	0.023	2.420	2	0
131	8 LA MARSA	51	24	27	1.393	1.657	1.653	0.004	1.396	2.873	265	22
132	8 LA MARSA	45	17	27	1.394	1.180	1.173	0.007	1.401	2.064	197	22
133	8 LA MARSA	43	16	27	1.398	1.139	1.118	0.022	1.420	1.928	9	1
134	8 LA MARSA	43	14	28	1.444	1.074	0.981	0.053	1.536	1.704	87	15
137	8 LA MARSA	29	28	1	0.062	2.047	2.051	-0.004	0.058	3.463	8	0
138	8 LA MARSA	60	33	27	1.393	2.342	2.339	0.004	1.399	3.995	216	13
141	8 LA MARSA	37	30	7	0.377	1.985	1.963	0.022	0.399	3.478	28	0
149	9 GAMMARTH	39	28	11	0.544	2.088	1.927	0.161	0.705	3.461	58	2
150	9 GAMMARTH	22	21	1	0.049	1.856	1.708	0.148	0.714	3.111	12	0
151	9 GAMMARTH	53	26	27	1.393	1.794	1.598	-0.006	0.044	2.651	0	0
152	9 GAMMARTH	47	19	27	1.394	1.317	1.310	0.007	1.401	3.112	39	3
153	9 GAMMARTH	45	18	27	1.398	1.277	1.255	0.022	1.420	2.503	9	0
154	9 GAMMARTH	45	16	28	1.444	1.271	1.118	0.093	1.536	2.167	1	0
156	9 GAMMARTH	32	30	1	0.061	2.165	2.168	-0.003	0.058	1.942	4	0
157	9 GAMMARTH	62	34	27	1.393	2.650	2.476	0.004	1.396	3.716	1	0
158	9 GAMMARTH	40	32	8	0.399	2.109	2.100	0.009	0.408	4.234	63	4
159	9 GAMMARTH	43	32	11	0.566	2.212	2.064	0.148	0.714	3.717	21	0
166	10 SIDI DAUD	34	25	9	0.441	1.580	1.578	0.002	0.443	3.700	8	0
168	10 SIDI DAUD	35	24	11	0.575	1.915	1.653	0.263	0.838	2.867	60	0
169	10 SIDI DAUD	29	17	11	0.579	1.445	1.173	0.273	0.852	2.864	36	2
170	10 SIDI DAUD	42	14	28	1.406	1.020	0.981	0.039	1.446	2.055	32	3
174	10 SIDI DAUD	44	32	11	0.575	2.631	2.339	0.263	0.838	1.094	4	1
175	10 SIDI DAUD	25	24	1	0.057	1.874	1.879	-0.005	0.052	3.140	154	5
177	10 SIDI DAUD	39	30	9	0.441	1.936	1.935	0.002	0.443	3.986	1	0
186	11 AEROPORT	14	13	1	0.049	1.228	1.132	0.096	0.145	3.108	14	0
199	12 LA SOUKRA	27	26	1	0.050	1.894	1.898	-0.004	0.046	3.456	18	0
200	12 LA SOUKRA	20	19	1	0.054	1.436	1.440	-0.005	0.049	3.279	6	0
201	12 LA SOUKRA	19	18	1	0.048	1.434	1.440	-0.006	0.042	2.414	1	0
202	12 LA SOUKRA	29	20	9	0.459	1.445	1.298	0.147	0.606	2.354	0	0
206	12 LA SOUKRA	36	35	1	0.050	2.580	2.584	-0.004	0.046	2.505	28	1
216	13 LA ARIANA	14	13	1	0.049	1.214	1.118	0.096	0.145	4.354	3	0
231	14 TUNIS NORD	25	24	1	0.049	1.349	1.253	0.096	0.145	1.765	50	1
244	15 TUNIS CENTRE	20	19	1	0.049	1.027	0.931	0.096	0.145	2.456	128	1
300	22 RADES PORT	27	27	1	0.049	1.919	1.823	0.096	0.145	1.898	88	2
301	22 RADES PORT	23	22	2	0.089	1.411	1.411	0.045	0.135	3.175	9	0
303	22 RADES PORT	36	35	1	0.049	2.605	2.509	0.096	0.145	2.511	5	0
		28	28	1	0.049	2.605	2.509	0.096	0.145	4.297	4	0

Les données relatives aux avantages pour l'utilisateur par origine-destination sont présentées dans le tableau 9.4.4.1, qui montre par exemple qu'en ce qui concerne le trafic entre les ports de La Goulette et de Radès, le temps de transport est réduit de 29 minutes, les avantages pour l'utilisateur sont de 1,56 DT par véhicule et le montant total annuel des avantages pour l'utilisateur s'élève à 541 000 DT.

Explications relatives au Tableau 9.4.4.1

- (1) Temps requis sans projet (minutes)
- (2) Temps requis avec projet (minutes)
- (3) Réduction du temps avec projet (minutes)
- (4) Gain de temps (D/U.V.P)
- (5) Coût de circulation du véhicule sans projet (D/U.V.P)
- (6) Coût de circulation du véhicule avec projet (D/U.V.P)
- (7) Avantages dû à l'économie du coût de circulation (D/U.V.P)
- (8) Avantages pour l'utilisateur (D/U.V.P)
- (9) Coût à la charge de l'utilisateur sans projet (D/U.V.P)
- (10) Coût à la charge de l'utilisateur avec projet (D/U.V.P)
- (11) Avantages totaux pour l'utilisateur du trafic normal à l'horizon 1996 (1000 D/an)
- (12) Avantages totaux pour l'utilisateur du trafic induit à l'horizon 1996 (1000 D/an)

9.5 ECONOMIE DES DEPENSES RELATIVES A LA DESAFFECTATION DES BACS.

Selon les documents fournis par les autorités de l'exploitation des bacs, le budget de leur exploitation pour l'exercice 1990 est le suivant:

Frais de personnel	127.000 dinars
Frais d'entretien	435.000 dinars
<u>Frais d'amortissement</u>	<u>100.000 dinars</u>
Total	662.000 dinars

La répartition des frais d'entretien (de 435.000 dinars) se trouve dans les Tableaux 9.5.1 et 9.5.2.

Tableau 9.5.1 DEPENSES PERIODIQUES DES BACS

□ EPENSES 7- ERIODIQUES

	CARENAGE	REMORQUAGE	VISITE VERIFAS
BAC ZARZOUNA	75.000 ^D ,000	15.000 ^D ,000	5.000 ^D ,000
BAC PORTE DE TUNIS	75.000 ^D ,000	15.000 ^D ,000	5.000 ^D ,000
TOTAL	150.000 ^D ,000	30.000 ^D ,000	10.000 ^D ,000

⌊ (COUT DE L'ENTRETIEN DES 3 BACS POUR - 1990 -

- Carburant et Lubrifiants	:	101.767 ^D ,100
- Pièces d'usure	:	132.000 ^D ,000
- Dépenses Périodiques	:	190.000 ^D ,000
		<hr/>
		423.767 ^D ,100
- Réparation Matériel (D.E.M.)	:	10.000 ^D ,000
		<hr/>
TOTAL :		433.767 ^D ,100
Arrondi à :		<u>435.000^D,000</u>

Tableau 9.5.2 COUT DE L'ENTRETIEN DES 3 BACS POUR - 1990 -

ENTRETIEN DES BACS

- 1990 -

MATERIEL	CARBURANT	(1) PIÈCES D'USURE	REPARATION MATERIEL	OBSERVATIONS
3 Bacs	93.000,000			365 j/an
Renault 4	1.861,200			330 j/an 12 l/j
Fourgon	1.247,400			330 j/an 14 l/j
Élévateur	2.025,000			300 j/an 25 l/j
3 Motos pompes	3.431,000			365 j/an 20 l/j
Vedette	202,500	132.000,000	10.000,000	150 j/an 5 l/j
TOTAL :	101.767,100	132.000,000	10.000,000	

(1) * Assurance : 2.000,000

* Divers : (Peintures, dynamo, démarreurs
fusibles serpentins, pompes d'injection,
réseau électriques, matière consommables,
outillages). 40.000,000

* Pièces de rechange : 90.000,000

D'après les autorités d'exploitation des bacs, les impôts occupent 15% des frais de personnel et 17% des frais d'entretien, d'où synthétiquement $[(127 \times 0,15) + (435 + 100) \times 0,17] / 662 = 0,166$, c'est-à-dire 16,6%. Donc on a adopté un facteur de 0,83 pour convertir la valeur économique en valeur financière.

Dans le cas où l'ouvrage de franchissement ne serait pas prévu, les bacs continueraient à être en service. D'autre part la demande de trafic augmentera d'année en année, ce qui imposera l'acquisition de nouveaux bacs. C'est la raison pour laquelle la dépense de leur exploitation de 662.000 dinars suscitée ne restera pas inchangée, mais s'accroîtra en suivant l'augmentation des trafics.

9.6 EFFET MULTIPLICATEUR DE L'INVESTISSEMENT

Il est estimé par les formules suivantes:

$$\textcircled{1} \quad DP_{ij} = A_{ij} \cdot DF_{ij}$$

où DP_{ij} : Croissance de la production dans le secteur i due au passage d'une commande à ce secteur.

A_{ij} : Coefficient de la matrice inverse.

DF_{ij} : Montant de la commande passée au secteur j .

$$\textcircled{2} \quad S_i = \sum_j DP_{ij}$$

où S_i : Production additionnelle dans le secteur i .

$$\textcircled{3} \quad AV_{ii} = S_i \cdot RV_i$$

Où AV_{ii} : Augmentation de la valeur ajoutée dans le secteur i .

RV_i : Taux de la valeur ajoutée.

$$\textcircled{4} \quad TAV = \sum_i AV_{ii}$$

Où TAV : Surcroît total de la valeur ajoutée.

Les résultats de ce calcul sont montrés dans le tableau-9.6.1. En résumé, lorsqu'un investissement de 17.467.000 dinars (voir le Tableau-9.2.1) est effectué dans le secteur de la construction, cet investissement y induira une production équivalente à 24.709.200 dinars, soit 1.5 fois plus grande que l'investissement et donnera naissance à une augmentation de la valeur ajoutée égale à 38.7% de cet investissement ($6764 + 17467 = 0.387$).

Etant donné que le montant de l'investissement de 17.467.000 dinars représente la valeur économique sans impôts, l'augmentation de la valeur ajoutée de 6.764.000 dinars indique aussi une valeur économique.

Tableau-9.6.1 EFFET MULTIPLICATEUR DU A L'INVESTISSEMENT DANS LE SECTEUR DES BAT. & TRAV. PUBLICS POUR LE PROJET
(EN MILIERS DE DINARS)

SECTEURS	PRO- DUCTION		VALEURS AJOUTEES		TAUX DE VALEURS AJOUTEES		COEFFI- CIENTS INVERSES		PRO- DUCTION INDUITE		TAUX DE PRO- DUCTION INDUITE		VALEURS AJOUTEES INDUITES	
1 AGRICULTURE	567676	385073	0.678332	0.00037	6.46	1.000010	4.38							
2 PECHE	38727	22069	0.569861	0.00000	0.00	1.000000	0.00							
3 IND. AGRIC. & ALIM.	559412	60102	0.107438	0.00047	8.21	1.000010	0.88							
4 MAT. CONS. CERAM. & VER	118973	27690	0.232742	0.13593	2374.29	1.019960	552.60							
5 IND. MECAN. & ELECTR.	202379	15063	0.074430	0.07089	1238.24	1.006120	92.16							
6 CHIMIE	233334	22717	0.097358	0.00963	168.21	1.000720	16.38							
7 TEXT. HABILL. & CUIR	377169	30104	0.079816	0.00032	5.59	1.000010	0.45							
8 INDUST. DIVERSES	119110	24954	0.209504	0.02667	465.84	1.003910	97.60							
9 INDUST. EXTRACTIVES	84336	16641	0.197318	0.00511	89.26	1.001060	17.61							
10 HYDROCARBURE	429977	360556	0.838547	0.00986	172.22	1.000400	144.42							
11 ELECTRICITE & GAZ	57987	21311	0.367513	0.00978	170.83	1.002950	62.78							
12 EAU	26618	10986	0.412728	0.00127	22.18	1.000830	9.16							
13 BAT. & TRAV. PUBLICS	585618	145795	0.248959	1.00000	17467.00	1.029830	4348.57							
14 TRANSPORT	269186	42257	0.156981	0.00676	118.08	1.000440	18.54							
15 P. T. T	39405	18118	0.459789	0.00325	56.77	1.001440	26.10							
16 TOURISME	266814	126393	0.473712	0.00004	0.70	1.000000	0.33							
17 COMMERCE	373922	223484	0.597676	0.03645	636.67	1.001700	380.52							
18 SERVICE LOGEMENT	232955	167768	0.720173	0.01536	268.29	1.001150	193.22							
19 AUTRE SERVICES	526530	291877	0.554341	0.08246	1440.33	1.002740	798.43							
TOTAL	5110130	2012960			24709.20		6764.12							

SOURCE :

1. TABLEAU DES ECHANGES INDUSTRIELS DE 1980
2. TABLEAU DES COEFFICIENTS TECHNIQUES INVERSES DE 1980

9.7 ANALYSE DES COUTS ET AVANTAGES

9.7.1 Prémisse de l'analyse

(1) Période de l'évaluation

La construction de l'ouvrage commencera en 1992, et durera 5 ans. Celui-ci sera mis en service à partir du mois de mai 1996. Quant à la période de son évaluation, une durée de 30 ans sera prise en compte depuis 1992 jusqu'en 2021.

L'exploitation de cet ouvrage commencera au mois de mai de l'année 1996, donc son exploitation annuelle ne comptera que 8 mois pour l'année 1996. C'est la raison pour laquelle à l'horizon 1996 seulement on multiplie par $8/12$ les avantages pour l'usager ainsi que les avantages dûs à l'économie d'une dépense d'exploitation des bacs.

(2) Avenir des bacs

Dans le cas où l'ouvrage serait construit, les bacs existants seraient désaffectés. Le projet d'aménagement relatif aux bacs sera pourtant mis en oeuvre même pendant la construction du pont, puisque l'on ne pourra pas supporter l'inconfort des bacs avant que l'ouvrage soit mis en service en 1996.

(3) Durée de vie et valeur résiduelle

La durée de la vie de l'ouvrage est estimée simplement à 50 ans et sa valeur de récupération est estimée à 0, par ailleurs son amortissement fait appel à la dépréciation linéaire.

La période de l'évaluation étant de 30 ans, la dernière année verra une valeur résiduelle de 20 ans se produire, donc seule cette valeur résiduelle de la dernière année sera prise en compte.

(4) Prix

Les prix donnés correspondent tous à ceux en cours en 1990, et ne prennent jamais en compte la hausse des prix. Mais, on a estimé un taux d'inflation à 6% pour convertir les prix de l'horizon 1989 en ceux de 1990. Il est à noter que tous les prix sont donnés sans impôts.

Servant à éliminer les impôts, le facteur de conversion varie en fonction de la catégorie de dépense: ce facteur type de conversion est de 0.85 à l'égard des frais de personnel et de 0.83 à l'égard des frais d'entretien (voir le chapitre 9.5).

(5) Avantages procurés par le projet

Comme avantages procurés par le projet, ont été estimés, en plus des avantages pour l'utilisateur, l'économie de la dépense d'exploitation des bacs due à leur désaffectation et l'effet multiplicateur de l'investissement.

9.7.2 Taux de rentabilité interne (TRI)

Le taux de rentabilité interne et sa procédure de calcul sont montrés dans le Tableau-9.7.2. Le TRI est de 18.6% dans le cas normal (augmentation du coût: 0%, décroissance de bénéfices: 0%) et de 14.7% pour l'analyse de sensibilité (augmentation de coûts: 15%, décroissance des bénéfices: 15%)

Etant donné que le coût d'opportunité du capital (ou le taux d'intérêt au marché normal) en Tunisie est estimé à environ 12%, ce projet est jugé suffisamment faisable du point de vue économique.

Tableau-9.7.2.1 BILAN ECONOMIQUE

Augmentation des coûts: 0%. Décroissance des bénéfices: 0%

BILAN ECONOMIQUE (UNITE: MILLIER DE DINARS)

ANEE	INVESTISSEMENT	COUT D'ENTRETIEN	COUT TOTAL	AVANTAGE POUR L'USAGER	ECONOMIE SUR COUT DU BAC PLICATEUR	EFFET MULTIPLICATEUR	VALEUR RESIDUELLE	AVANTAGE TOTAL ACTUALISE	COUT TOTAL ACTUALISE	AVANTAGE TOTAL ACTUALISE
1992	1681	0	1681	0	0	200	1681	200	1681	200
1993	10106	0	10106	0	0	1201	11753	1201	8519	1012
1994	21454	0	21454	0	0	2549	32971	2549	15244	1811
1995	18663	0	18663	0	0	2217	50969	2217	11178	1328
1996	5070	14	5084	4993	534	602	55001	6129	2567	3095
1997	0	20	20	7949	856	0	53862	8805	9	3747
1998	0	20	20	8445	915	0	52723	9360	7	5358
1999	0	20	20	8942	974	0	51583	9915	6	2998
2000	0	20	20	9438	1032	0	50444	10470	5	2669
2001	0	20	20	9935	1091	0	49304	11026	4	2369
2002	0	20	20	10431	1150	0	48165	11581	4	2098
2003	0	20	20	10928	1209	0	47025	12136	3	1853
2004	0	20	20	11211	1268	0	45886	12479	3	1606
2005	0	20	20	11921	1326	0	44746	13247	2	1437
2006	0	461	461	12417	1385	0	43607	13802	42	1262
2007	0	20	20	13245	1428	0	42467	14673	2	1131
2008	0	20	20	14073	1470	0	41328	15543	1	1010
2009	0	20	20	14901	1513	0	40188	16414	1	899
2010	0	20	20	15729	1555	0	39049	17284	1	798
2011	0	20	20	16558	1597	0	37909	18155	1	707
2012	0	20	20	17386	1640	0	36770	19025	1	624
2013	0	20	20	18214	1682	0	35630	19896	1	550
2014	0	20	20	18687	1725	0	34491	20412	0	476
2015	0	20	20	19870	1767	0	33351	21637	0	425
2016	0	461	461	20698	1810	0	32212	22508	8	373
2017	0	20	20	21526	1852	0	31073	23378	0	326
2018	0	20	20	22354	1895	0	29933	24249	0	285
2019	0	20	20	23182	1937	0	28794	25119	0	249
2020	0	20	20	24010	1980	0	27654	25990	0	217
2021	0	20	20	24839	2022	0	26515	53375	0	376
TOTAL									39290	39290

AVANTAGE ACTUALISE/COUT ACTUALISE = 1.00001

T. R. I. = .18632

Tableau-9.7.2.2 BILAN ECONOMIQUE

Augmentation de coûts: 15%. Décroissance de bénéfices: 15%

BILAN ECONOMIQUE (UNITE: MILLIER DE DINARS)

ANEE	INVESTISSEMENT	COUT D'ENTRETIEN	COUT TOTAL	AVANTAGE POUR L'USAGER	ECONOMIE SUR COUT DU BAC	EFFET MULTIPlicateur	VALEUR RESIDUELLE	AVANTAGE TOTAL	COUT TOTAL ACTUALISE	AVANTAGE TOTAL ACTUALISE
1992	1933	0	1933	0	0	195	1933	195	1933	195
1993	11622	0	11622	0	0	1174	13516	1174	10133	1023
1994	24672	0	24672	0	0	2492	37917	2492	18754	1894
1995	21462	0	21462	0	0	2167	58615	2167	14223	1436
1996	5831	16	5846	4244	454	589	63252	5287	3578	3055
1997	0	23	23	6756	728	0	61941	7484	12	3770
1998	0	23	23	7178	778	0	60631	7956	10	3494
1999	0	23	23	7600	828	0	59320	8428	9	3227
2000	0	23	23	8022	878	0	58010	8900	8	2971
2001	0	23	23	8444	927	0	56700	9372	7	2728
2002	0	23	23	8866	977	0	55389	9844	6	2498
2003	0	23	23	9288	1027	0	54079	10316	5	2282
2004	0	23	23	9529	1077	0	52769	10607	4	2046
2005	0	23	23	10132	1127	0	51458	11260	4	1893
2006	0	530	530	10554	1177	0	50148	11732	78	1720
2007	0	23	23	11258	1213	0	48837	12472	3	1594
2008	0	23	23	11962	1250	0	47527	13212	3	1472
2009	0	23	23	12666	1286	0	46217	13952	2	1355
2010	0	23	23	13370	1322	0	44906	14692	2	1244
2011	0	23	23	14074	1358	0	43596	15432	2	1140
2012	0	23	23	14778	1394	0	42285	16172	1	1041
2013	0	23	23	15482	1430	0	40975	16912	1	949
2014	0	23	23	15884	1466	0	39665	17350	1	849
2015	0	23	23	16889	1502	0	38354	18392	1	785
2016	0	530	530	17593	1538	0	37044	19132	20	712
2017	0	23	23	18297	1574	0	35733	19872	1	644
2018	0	23	23	19001	1610	0	34423	20612	1	583
2019	0	23	23	19705	1647	0	33113	21352	1	526
2020	0	23	23	20409	1683	0	31802	22091	0	475
2021	0	23	23	21113	1719	0	30492	53323	0	999
TOTAL									48601	48601

AVANTAGE ACTUALISE/COUT ACTUALISE = 1 T.R.I.= .146993

9.8 IMPACTS ECONOMIQUES

Parmi tous les impacts économiques exercés par la présence de l'ouvrage de franchissement du goulet de Radès-La Goulette, sont décrits ici certains effets qui ne peuvent pas être quantifiés.

(1) Intégration des ports de Radès et de La Goulette

Le port de Radès et celui de La Goulette étant éloignés de 5km au plus, ces deux ports sont considérés comme un port unique.

L'O.N.P.T et les douanes se trouvent en effet au port de La Goulette, où sont exécutées même les affaires relatives au port de Radès. Ces deux ports sont formellement pris pour un seul port divisé en deux par un chenal à cause du manque d'un ouvrage de franchissement. Et il se produit en réalité certains inconvénients suivants:

- Lorsque les marchandises sont transportées du port de La Goulette jusqu'au sud de Tunis ou au contraire du port de Radès jusqu'au nord de Tunis, il faut faire une grande déviation, ce qui entraîne non seulement une perte de temps, mais aussi une congestion aggravée en ville.
- Les véhicules de desserte entre le port de Radès et L'O.N.P.T ou douanes sont très nombreux tous les jours et ils empruntent actuellement les bacs, dont le service est insuffisant, incertain, et en plus souvent en panne.

(2) Disparité de développement dans les régions nord et sud de Tunis

Les prix des terrains en 1990 sont en moyenne de 200 dinars par m² dans la région nord et de 20 dinars par m² dans la région sud, soit un dixième de ceux du nord. Cette différence correspondrait à la disparité de développement entre ces deux régions. Les hôtels, résidences de haute qualité, immeubles d'habitation pour les étrangers, les bureaux, etc... se trouvent pour la plupart dans la région nord; donc le développement de la région sud est sans doute retardé. Il semble que cette disparité aurait pour origine la

présence d'une zone de loisirs dans la région nord et la tradition héritée de l'époque de Carthage.

La réalisation de l'ouvrage de franchissement du goulet de Radès-La Goulette permettra de résoudre graduellement cette disparité de la manière suivante:

- Lorsque les hôtels dans la région nord sont complets en saison touristique, les visiteurs se déplacent actuellement pour chercher des hôtels en ville de Tunis, mais après l'achèvement de cet ouvrage, ils n'hésiteront pas à se déplacer vers la région sud, où la construction d'hôtels sera alors accélérée. Enfin, on arrivera à ne plus distinguer les hôtels au nord et au sud.
- La plupart des étrangers habitent dans la région nord, et leurs bureaux et boutiques sont eux-aussi situés dans cette région ou en ville de Tunis. Mais, la réalisation de cet ouvrage leur permettra d'installer des bureaux et des boutiques dans la région sud en raison de la réduction du temps nécessaire pour y aller.
- La région nord est déjà à la limite de développement puisque la mise en valeur de terres cultivées y est limitée. Par contre, le sud a une grande capacité de développement, mais il se situe à une distance horaire tellement grande du nord qu'il ne peut pas tirer facilement profit d'un potentiel de développement en provenance du nord. Une fois achevé cet ouvrage, ce potentiel pourra se réaliser rapidement.
- Il est très pénible pour les travailleurs de la région nord d'y trouver leur logement, car le loyer est élevé. En revanche, ils peuvent se loger mieux au même loyer dans la région sud, alors qu'ils ont des difficultés pour se rendre à leurs bureaux au nord. La présence de cet ouvrage pourra résoudre ce dilemme et promouvoir un grand aménagement de logements dans la région sud.
- Les résidences dans la région nord sont proches la zone de loisirs, alors que celles dans la région sud sont éloignées. En outre, celles du nord présentent un caractère de classe

supérieure et celles du sud un caractère de classe moyenne. Néanmoins une fois achevé cet ouvrage, cette disparité sera amoindrie et la tendance à une qualité supérieure gagnera de la région nord à celle du sud. Par conséquent les prix des terrains, y seront considérablement augmentés.

En conclusion, la présence de cet ouvrage permettra de faire disparaître graduellement la distinction entre le nord et le sud de la région de Tunis, ou plutôt de nous laisser considérer que la région de Tunis comporte un arrière-pays et une zone littorale.

9.9 EVALUATION ECONOMIQUE

Comme mentionné ci-avant, ce projet est très favorable du point de vue du taux de rentabilité interne. Même si ce taux n'était pas pris en compte, cet ouvrage de franchissement serait indispensable, puisque l'agglomération tunisoise ne pourrait pas suffisamment remplir son rôle de capitale de la Tunisie sans cet ouvrage. Cela correspondrait à San Francisco sans le Golden Gate, ou à Istanbul sans pont du Bosphore. Cet ouvrage de franchissement du goulet de Radès - la Goulette aurait dû être achevé depuis plus de 20 ans et il semble même étrange que cet ouvrage n'existât pas depuis longtemps.

Par ailleurs, l'effet de l'investissement sur la conjoncture économique ne devrait pas être pris à la légère dans les pays en voie de développement. Car, il existe de nombreux cas où le projet pour la construction d'un ouvrage serait promu en vue de tirer un effet de circulation monétaire (au cours de la construction) plutôt que celui de biens immobiliers (après l'achèvement de l'ouvrage).

CHAPITRE 10 PLANNING D'EXECUTION

CHAPITRE 10 PLANNING D'EXECUTION

Ce projet sera exécuté sous la responsabilité du ministère de l'Equipement et de l'Habitat. Le gouvernement tunisien pourrait choisir le constructeur au terme d'une soumission par appel d'offres international.

Avant la construction de l'ouvrage proprement dit, il faut accomplir les tâches suivantes:

- 1) Préparation du financement
- 2) Etude détaillée (y compris étude géotechnique)
- 3) Sélection du constructeur, soumission et établissement du contrat
- 4) Acquisition des terrains

La durée de construction est prévue pour trois ans et demi (42 mois), en prenant en considération la difficulté de mise en oeuvre d'un pont à haubans en béton précontraint ainsi que des pieux de plus de 100m coulés sur place, l'importance de cet ouvrage comprenant le viaduc d'accès avec l'échangeur et le nombre de jours disponibles pour les travaux. Avant la construction, on prévoit une période d'un an (12 mois) pour la conception détaillée, et une de 6 mois pour les appels d'offres et le contrat.

Le planning des travaux de construction est établi dans l'hypothèse où:

- a) Les travaux commencent en avril 1993 et les aménagements et préparations sur site sont achevés dans un délai de 3 mois. La mise en oeuvre de la fondation (pieux coulés sur place) sous les piles de l'ouvrage principal commence en juillet 1993.
- b) Ayant une grande longueur, les pieux coulés sur place exigent leur forage à long terme, ce qui nous obligera à travailler jour et nuit compte tenu de l'efficacité de forage.
- c) Le pont à haubans en béton précontraint et ses viaducs d'accès sont mis en oeuvre parallèlement, tandis que l'ouvrage à poutre en T en

béton précontraint pour un viaduc d'accès du côté nord est mis en oeuvre à la suite de l'achèvement du pont à haubans.

- d) Toute la construction est terminée à la fin du mois de juillet 1996 (37 mois).
- c) Après le démantèlement des installations en site, ce projet est à terminer avant le mois de septembre 1996.

Selon l'hypothèse indiquée ci-dessus, le planning des travaux et la répartition du coût du projet par année sont montrés dans les Tableaux 10.1 et 10.2.

Tableau 10.1 PLANNING D'EXECUTION

	1991	1992	1993	1994	1995	1996
1. Préparation du financement	■					
2. Etude détaillée		■				
3. Soumission et établissement du contrat		■				
4. Acquisition des terrains			■			
5. Construction				■	■	■
Fondations et Piles				■		
Superstructure					■	■

Tableau 10.2 Repartition du coût du projet par année

	Montant total		(1992)		(1993)		(1994)		(1995)		(1996)	
	Part en devise	Part en monnaie locale	Part en devise	Part en monnaie locale	Part en devise	Part en monnaie locale	Part en devise	Part en monnaie locale	Part en devise	Part en monnaie locale	Part en devise	Part en monnaie locale
Coût de construction	34 200	22 940			6 015	4 034	13 382	8 976	11 638	4 866	3 166	1 324
Coût de la conception détaillée et de l'ingénierie	3 420	2 300	1 026	590	431	288	934	631	814	340	215	91
Coût de l'acquisition des terrains et de la compensation		500				500						
Coût administratif du Ministère de l'Équipement et de l'Habitat		670		171		71		155		114		31
Coût d'imprévu	2 640	3 950	154	129	967	734	2 147	1 464	1 866	266	169	72
Total	13 260	30 260	1 180	990	7 413	5 627	16 463	11 226	14 219	5 586	3 550	1 518
		73 620		2 170		13 040		27 658		18 660		5 068
				2,65%		17,74%		37,66%		32,76%		8,9%

CHAPITRE 11 RECOMMANDATION

CHAPITRE 11 RECOMMANDATION

Comme le mentionne le paragraphe précédent, ce projet est très faisable du point de vue du taux de rentabilité interne. Même si ce taux n'est pas pris en compte, ce projet serait indispensable pour un développement équilibré dans l'agglomération de Tunis. Autrement ce serait comme si l'on imaginait San Francisco le golden Gate ou Istanbul sans le pont du Bosphore. L'étude de faisabilité effectuée en 1976 par la société française SETEC avait, elle-aussi, rendu compte de la faisabilité de cet ouvrage de franchissement. On peut juger par le niveau culturel et la puissance économique de ce pays que cet ouvrage de franchissement aurait dû être achevé depuis longtemps.

Par ailleurs, dans la zone du projet, pourront être espérés non seulement l'effet économique après l'achèvement du projet, mais aussi l'effet exercé au cours de sa mise en oeuvre, soit l'effet de l'investissement sur la conjoncture économique. C'est ainsi que la Mission d'Etude vous propose de mettre en oeuvre ce projet le plus tôt possible.

CHAPITRE 12 POINTS A RESOUDRE AUX HORIZONS FUTURS

CHAPITRE 12 POINTS A RESOUDRE AUX HORIZONS FUTURS

- i) La prévision de la demande totale de trafic pour ce projet suppose la réalisation de différentes améliorations de voies, relatives au projet.

Il est donc impératif de réaliser ces projets indiqués ci-dessus pour que l'investissement dans cet ouvrage ait un effet aussi important que prévu.

Il est à remarquer notamment que le trafic entre la MC33 La Goulette-Carthage et la MC33 E8, sur le prolongement de l'ouvrage du projet, est déjà à la limite de saturation.

C'est la raison pour laquelle il est indispensable, pour rendre ce projet efficace, de terminer la construction de la déviation de la Voie Express autour de la ville de La Goulette et son prolongement vers Carthage, au plus tard avant l'achèvement de cet ouvrage.

- (ii) L'ouvrage du projet se raccorde à la Voie Express sur la berge Sud du lac nord de Tunis, de telle sorte qu'il y aura lieu d'installer à ce point de raccordement, l'échangeur et la déviation de la Voie Express.

Sur la berge Est du lac nord de Tunis, est projeté le prolongement de la Voie Express vers Carthage qui intéresse ce projet.

D'autre part, aux environs des deux sites indiqués ci-dessus, la S.P.L.T (Société de Promotion du Lac de Tunis) procède à l'aménagement des berges du lac de Tunis, qui est en cours de réalisation.

Il est donc important qu'il y ait dans les plus brefs délais une discussion entre le Ministère de l'Equipement et de l'Habitat et la S.P.L.T afin de bien coordonner ces deux projets.

- (iii) La zone du projet consiste en terrains meubles. Nous avons estimé avant l'étude géologique que le substratum porteur pour la fondation de l'ouvrage serait situé à environ 50 m de profondeur. Mais les résultats d'un forage ont mis en évidence que celui-ci était situé à environ 100 m de profondeur, ce qui nous a obligé à réduire le nombre de postes de forage de 5 à 2 à cause des délais prévus. C'est la raison pour laquelle à

l'occasion de la conception détaillée pour la fondation de l'ouvrage du projet, il faudra effectuer un forage supplémentaire pour obtenir des résultats plus précis.

- (iv) L'extrémité des picux pour la fondation de l'ouvrage sera pénétrée dans le substratum situé à environ 100 m de profondeur, dont la force porteuse est estimée suffisante. Par ailleurs nous pourrions envisager d'ancrer cette extrémité dans le substratum moins profond, mais cette méthode n'a pas été retenue pour le moment pour assurer une meilleure marge technique et économique. Mais elle fera l'objet de l'étude approfondie à l'occasion de la conception détaillée.

JICA