

République Algérienne Démocratique et Populaire  
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



**Ecole Nationale Supérieure  
des Travaux Publics**

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

Code : .....

# Projet de Fin d'Études

*Pour l'Obtention du Diplôme  
D'Ingénieur d'Etat des Travaux Publics*

## Thème

ETUDE D'UN TRONÇON AUTOROUTIER DE L'AEO  
SUR 7.8 KM AVEC ETUDE DE L'ECHANGEUR  
BRETELLE D'ORAN

*Proposé par :*  
*Mr Ben Elguemar Amar*

*Présenté par :*  
*Soufyane Belkihr*

**Promotion 2012**

*Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics. Garidi. Kouba.*

# SOMMAIRE

## **1** INTRODUCTION GENERALE

1.1	Le projet de fin d'études.....	1
1.2	L'autoroute Est – Ouest.....	1
1.3	L'organisation de mémoire.....	1

## **2** PRESENTATION DU PROJET

2.1	Introduction.....	2
2.2	Localisation du projet.....	2
2.3	Description du projet.....	4

## **3** ETUDE D'AVANT PROJET SOMMAIRE

3.1	Introduction.....	6
3.2	Géographie de la zone d'étude.....	6
3.3	Hydrologie et hydrogéologie.....	6
3.4	Les éventuelles zones inondables.....	7
3.5	Eaux souterraines et hydrogéologie.....	7
3.6	Types des contraintes.....	8
3.7	Choix de couloir (APS).....	9
3.8	Conclusion.....	10

## **4** DONNEE DE BASE

4.1	Introduction.....	11
4.2	Conception générale.....	11
4.3	Paramètres géométriques.....	12

## **5** ETUDE DU TRAFIC

5.1	Introduction.....	13
5.2	Les données de trafic.....	13
5.3	Projection future du trafic.....	14
5.4	Calcul du trafic effectif.....	15

5.5	Débit de pointe horaire normale.....	16
5.6	Débit horaire admissible.....	16
5.7	Détermination nombre des voies.....	17

## **6** ETUDE GEOTECHNIQUE

6.1	Introduction.....	18
6.2	Contextes.....	19
6.3	La reconnaissance géotechnique.....	20
6.4	Les carrières et bancs d'emprunt.....	26
6.5	Conclusions et recommandations.....	27

## **7** DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

7.1	Introduction.....	28
7.2	Méthode du catalogue Algérien.....	28
7.3	Les données climatiques.....	29
7.4	Les données du trafic.....	29
7.5	Détermination de la portance de sol-support.....	33
7.6	Méthode de C.B.R (California – Bearing – Ratio).....	38
7.7	L'épaisseur équivalente.....	38
7.7	Conclusion.....	39

## **8** TRACE EN PLAN ET PROFIL EN LONG

TRACE EN PLAN.....	41	
8.1	Introduction.....	41
8.2	Règles et principes du tracé en plan.....	41
8.3	Géométrie en plan.....	41
8.4	Exemple de calcul manuel d'axe du tracé en plan.....	44
PROFIL EN LONG.....	46	
8.5	Introduction.....	46
8.6	Règles du profil en long.....	46
8.7	Caractéristiques du profil en long.....	46
8.8	Exemple de calcul manuel d'axe de profil en long.....	47
COORDINATION ENTRE LE TRACE EN PLAN ET LE PROFIL EN LONG.....	49	

## **9** PROFIL EN TRAVERS

9.1	Introduction.....	50
9.2	Types de profils en travers.....	50
9.3	Les éléments du profil en traverses.....	51
9.4	Profils en travers au droit des ouvrages d'art.....	53
9.5	Pentes transversales.....	54
9.6	Profil en travers type pour le projet.....	55

## **10** CALCUL DES CUBATURES

10.1	Généralités.....	56
10.2	Les méthodes de calcul.....	56
10.3	Description de la méthode.....	57
10.4	Exemple d'application.....	58
10.5	Calcul des cubatures de projet.....	59

## **11** ASSAINISSEMENT

11.1	Introduction.....	59
11.2	Zone de l'étude – généralités.....	59
11.3	Le rétablissement des écoulements naturels.....	62
11.4	Le réseau de la plateforme (exemple du calcul).....	63
11.5	Tableau récapitulatif des dalots et buses.....	67

## **12** ETUDE DE L'ECHANGEUR « RN97-SIG »

12.1	Définition de l'échangeur.....	68
12.2	But de l'échangeur «RN 97-Sig».....	68
12.3	Éléments de l'échangeur.....	69
12.4	Vitesse de référence.....	69
12.5	Caractéristiques géométriques des bretelles.....	69
12.6	Condition de visibilité.....	73
12.7	Dimensionnement du corps de chaussée de l'échangeur .....	74

## **13** OUVRAGE D'ART DE L'ECHANGEUR

13.1	Introduction.....	75
13.2	Présentation de l'ouvrage.....	75

13.3	Forme de la structure transversale.....	76
13.4	Choix du type d'ouvrage.....	77
13.5	Conclusion.....	78

## **14** SIGNALISATION ET EQUIPEMENT

14.1	Introduction.....	79
14.2	Signalisation horizontale et verticale.....	79
14.3	Interruption du terre-plein central (TPC).....	81
14.4	Dispositifs de retenue.....	82
14.5	Clôtures.....	82
14.6	Eclairage.....	82
14.7	Application au projet.....	83

## **15** DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

## **16** CONCLUSION GENERALE

## **17** BIBLIOGRAPHIE

# INTRODUCTION GENERALE

## 1.1 LE PROJET DE FIN D'ETUDES

Le projet de fin d'études (PFE) a pour objectif de permettre aux étudiants de cinquième année à l'ENSTP de mettre en application dans un cadre d'ingénieur débutant les enseignements et les connaissances acquises durant les cinq années universitaires.

Après avoir effectué nos précédents stages dans des différentes entreprises et sociétés Algériennes en suivant l'étude, la réalisation et la tâche administrative de leurs projets ; nous avons souhaité, à l'occasion de ce PFE, découvrir le métier de travaux publics dans le monde professionnel par l'étude d'un projet de grande envergure.

Le projet faisant l'objet du présent mémoire et qui s'intitule : *«Etude d'un tronçon autoroutier à Mascara sur 7 Km franchissant une zone inondable avec un échangeur sur la RN97»*, est la conception de l'un des tronçons de l'Autoroute Est-Ouest qui doit relier, aux termes de sa construction, les villes du nord de l'Algérie.

## 1.2 L'AUTOROUTE EST - OUEST

L'Autoroute Est – Ouest est une infrastructure située dans la partie nord du pays parcourant (depuis sa frontière Marocaine, côté Ouest, jusqu'à celle de la Tunisie, côté Est.) toute la largeur du pays, soit une distance de 1 216 kilomètres. Elle fait partie du programme de relance économique et sociale, à construire en site vierge, qui permet de régler les problèmes de congestion sur le réseau routier existant et de réduire le taux d'accidents. Elle constitue à moyen terme le trait d'union du Maghreb et plus tard, la ceinture rive sud de la méditerranée.

## 1.3 L'ORGANISATION DE MEMOIRE

L'organisation de ce mémoire suit la logique suivante : après une description générale du projet et la justification du choix du couloir dans la phase APS, on passe à l'élaboration des différentes étapes de l'étude concernant l'estimation du trafic, la géométrie de la route et l'étude géotechnique, ensuite la conception et l'étude de l'échangeur, après l'assainissement et la signalisation et enfin la quantification des travaux et l'estimation du coût du projet. A la fin du PFE, il sera consigné la liste des documents référenciés (Bibliographie) et les annexes utilisées.

# PRESENTATION DU PROJET

## 2.1 INTRODUCTION

L'Autoroute Est-Ouest est une infrastructure située dans la partie nord du pays et fait partie du programme de relance économique et sociale, à construire en site vierge, qui permet de régler les problèmes de congestion sur le réseau routier existant et de réduire le taux d'accidents. Elle constitue à moyen terme le trait d'union du Maghreb et plus tard, la ceinture rive sud de la méditerranée.

Le tracé de l'Autoroute qui fait 1216 km a été divisé pour sa construction en trois lots : Lot Est, Lot Ouest et Lot Centre.



Fig. 2.1 Les Lots de tracé de l'Autoroute Est-Ouest

## 2.2 LOCALISATION DU PROJET

Le lot Ouest d'un linéaire prévu de 360 km est découpé pour des raisons constructives et administratives en 9 sections, dont la présente section porte le numéro W4 sur une longueur d'environ 63 km.

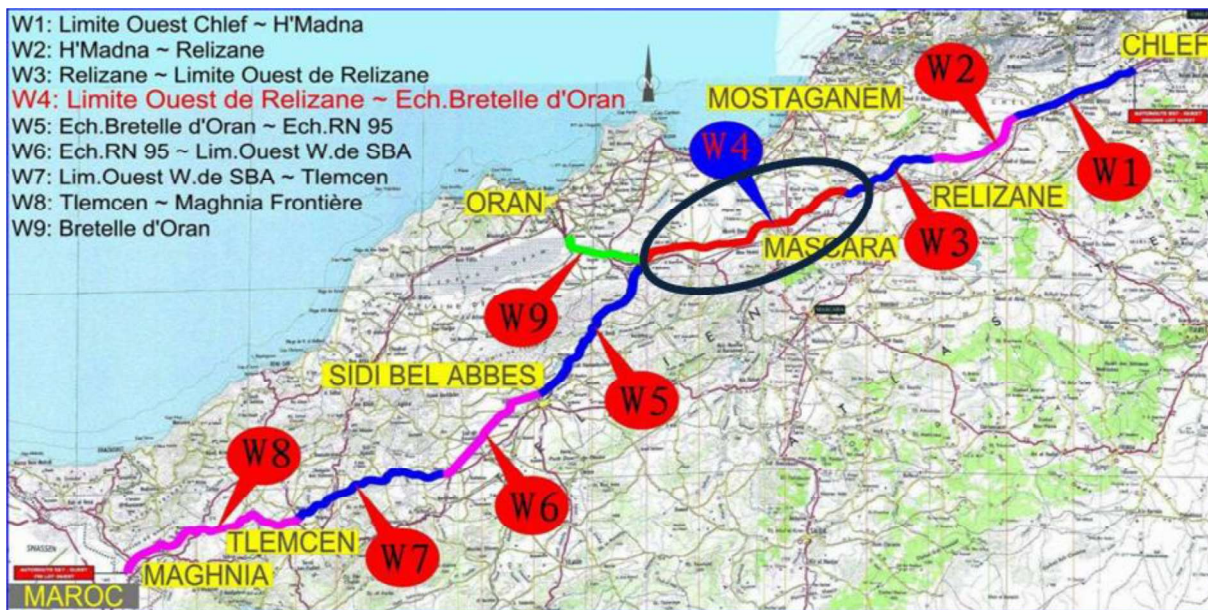


Fig. 2.2 Les sections de lot Ouest de l'AEO (W4 la section concernée)

Le projet faisant l'objet de la présente étude est la conception de l'un des tronçons de la section W4 qui fait partie du lot Ouest de l'autoroute Est-Ouest avec un échangeur sur la RN97 reliant la ville de SIG aux villes littorales de la partie Ouest du pays.



Fig. 2.3 La situation du projet dans la section W4



## 2.3 DESCRIPTION DU PROJET

### 2.3.1 Tronçon linéaire autoroutier

Le tronçon autoroutier qui représente la partie linéaire du projet à l'étude est délimité à l'Est par le chemin de wilaya CW21 et à l'Ouest par Oued TAKRARA au PK 49+580 sur une longueur de 7 km environ.

Le tracé est inclus en totalité dans la Wilaya de Mascara, s'orientant de l'Est à l'Ouest en général, et chemine au Nord de la RN4, parallèle à celle-ci. Il prend son origine sur le chemin de wilaya CW21 au PK 42+780 à la limite Sud-Est de la commune de Ras Ain Amirouche. Le tracé continue vers l'ouest et rentre dans une zone inondable en traversant des terres de cultures céréalières, en franchissant Oued Sig au PK 44+640, ensuite il croise la RN97 au PK 45+263 en passant au Nord de la ville de Sig où il a été prévu un échangeur. Le tracé continue vers l'Ouest en traversant une zone de cultures arboricoles, il passe par une zone de prairie, croise une route municipale au PK49+438 et enfin il se termine sur Oued Takrara constituant la fin du projet au PK 49+580.

Les communes concernées par le passage du tracé sont les suivantes:

- ✓ Sig
- ✓ Ras Ain Amirouche
- ✓ O'Ggaz

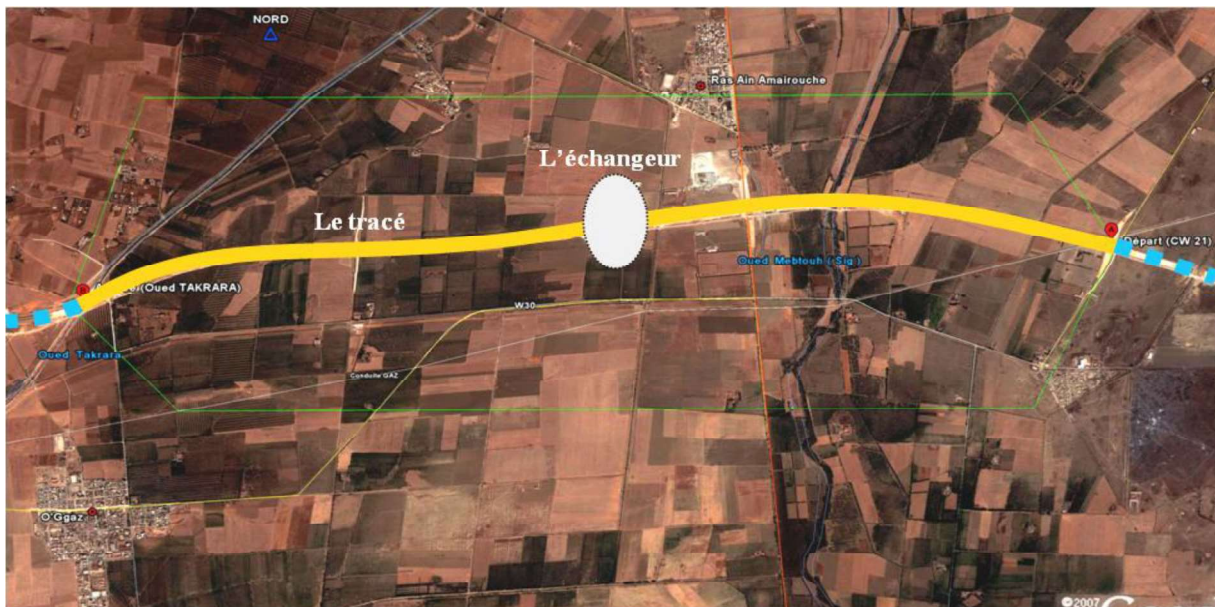


Fig. 2.4 Image satellite de la zone du projet (Source : Google Earth)

### 2.3.2 L'échangeur RN97–Sig

L'échangeur de Sig est prévu au point kilométrique 45+263, soit à 6 kilomètres au nord de la ville de Sig sur la route nationale RN97.

Cet échangeur assure la liaison des villes littorales de l'ouest de l'Algérie (Le port d'Arzew...) avec la ville de Sig via la route nationale RN97. Il dessert également le trafic de Mascara, ville située au sud, ayant un accès par les routes nationales 4 et 6.

Les mouvements principaux de circulation dans cet échangeur sont dans le corridor Oran-Sig - Mascara, dans les deux directions ainsi que le corridor Sig - Relizane, dans les deux directions.

Les autres mouvements sont secondaires mais également assurés dans l'aménagement final.

L'aménagement de cet échangeur tient compte des éléments suivants :

- ✓ Le développement de l'échangeur sur un seul côté (ouest) de la route nationale RN97 (de telle façon à préserver les terrains agricoles à fort potentiel, situés entre la route nationale RN97 et l'Oued Sig, situé à environ 500 mètres plus à l'Est);
- ✓ Une économie de coût de construction (une entrée et une sortie d'autoroute sont reliées ensemble avant d'entrer dans une gare de péage unique);
- ✓ Un ou deux carrefours giratoires selon le choix du type d'échangeur pour l'intersection avec la route nationale RN97;
- ✓ Un réalignement et un élargissement de la route nationale RN97 à 2x2 voies, entre les deux carrefours giratoires (la route nationale est en passage supérieur par rapport à l'autoroute).

# ETUDE D'AVANT PROJET SOMMAIRE

## 3.1 INTRODUCTION

La phase APS, c'est l'étape qui suit la phase préliminaire, dans le cas où cette dernière est prévue, elle consiste à étudier plus profondément les variantes retenues dans l'étude antérieure ou bien quand celle-ci n'est pas prévue, de procéder à l'étude à partir de carte d'état major, de topographique et aussi géologique, permettant ainsi de mieux cerner les aléas, les contraintes et les avantages liés à la situation sociaux-géographique de chaque variante.

On devra faire une étude multicritère pour le choix de la variante à retenir, celle-ci sera basée sur un plan de comparaison selon l'ensemble des critères suivant :

- ✓ Les contraintes remarquées sur le site.
- ✓ L'aspect économique du projet.
- ✓ Les difficultés trouvées lors du choix des tracés (caractéristiques techniques).
- ✓ Comparaison des impacts sur l'environnement.

Finalement après cette analyse multicritère, une seule variante sera gardée pour entamer la phase APD.

## 3.2 GEOGRAPHIE DE LA ZONE D'ETUDE

La zone Nord de la ville de Sig, par laquelle passe notre tracé, est un terrain (relief) plat d'un aspect agricole planté d'oliviers et d'orangers. Il franchit une zone inondable (terrain marécageux) à dominance rurale, peu peuplée.

## 3.3 HYDROLOGIE ET HYDROGÉOLOGIE

### 3.3.1 Eaux superficielles

Les montagnes de l'atlas tellien au sud du tracé constituent la source des eaux de surface dans ce secteur.

### 3.3.2 Oueds saisonniers

La plupart des grands et moyens Oueds traversent l'autoroute perpendiculairement. Les écoulements de ces Oueds (influencées par les saisons) suivent la direction Sud-Nord en quittant (Tell) vers la méditerranée. Les principaux Oueds traversant la zone sont l'Oued Sig et l'Oued Takrara. Les crues de l'Oued Sig peuvent engendrer des inondations au niveau de la plaine.



Fig. 3.1 Les Oued de la zone : SIG, TAKRARA

## 3.4 LES EVENTUELLES ZONES INONDABLES

Selon les enquêtes in situ et les calculs hydrologiques, il y a une éventuelle zone inondable sur le présent tronçon.

Tab. 3.1 Eventuelle zone inondable

Section	Longueur (m)	Situation des inondations
PK42+060~PK45+28	3188	Profondeur des eaux de stockage 50~120cm.

## 3.5 EAUX SOUTERRAINES ET HYDROGEOLOGIE

Les profondeurs et les états des nappes sont liés aux saisons et au relief, pour mesurer les niveaux des nappes, ils ont placé 5 piézomètres lors des travaux de reconnaissance, dans les puits de forage (FC-520, FC-521, FC-522, FC-523, FC-524).

Les niveaux de la nappe donnés par ces travaux sont comme suit :

Tab. 3.2 Données de sondage des niveaux de nappes

Puits	Niveau des nappes (m)
FC520	10.00
FC521	8.00
FC522	10.00
FC523	10.00
FC524	10.00

**Note :** Les travaux de reconnaissance au niveau des différents forages ont été effectués pendant la saison sèche.

Le tableau suivant donne les différentes couches rencontrées lors de l'exécution des sondages

Tab. 3.3 Données de sondage

Ordre	Pk de sondage	Type	Couche aquifère
1	PK 43+195.00	8.10	Argile sableuse et sable limoneux
2	PK 45+945.00	8.90	Argile sableuse
3	PK 47+050.00	7.7	Argile sableuse
4	PK 47+615.00	7.0	Argile sableuse

### 3.6 TYPES DES CONTRAINTES

L'investigation sur site a permis de constater généralement que la zone concernée par le projet est une zone agricole de relief plat, les conditions géologiques sont simples (il n'y a pas de risques géologiques très marqué, ni de points sensibles influençant sur le tracé).

Les principales contraintes sur le tronçon sont comme suit :

- ✓ Les routes nationales(RN97) et chemins de wilaya (CW 21, 30).
- ✓ Les réseaux (électricité, gazoducs, oléoducs,.....).
- ✓ La zone inondable.
- ✓ Les vergers plantés d'orangers et d'oliviers.
- ✓ Les oueds (oued Sig et oued Takrara) et cours d'eau.



Fig. 3.2 Les principales contraintes : routes (RN,CW),oueds,terrain agricoles(oliviers...).

### 3.7 CHOIX DU COULOIR (APS)

Dans cette phase, on va étudier deux variantes passant au nord de la ville SIG afin de trouver la meilleure solution adaptée pour la réalisation de notre projet.

#### 3.7.1 La variante «01»

Cette variante est la plus courte, elle traverse un relief plat et évite certaines contraintes (CW30, gazoduc), de plus elle se trouve sur une large surface non exploitée au départ du tracé qui permettra l'implantation de la station de péage.

Elle franchit :

- ✓ La route nationale 97 (route reliant la ville Sig à la ville portuaire d'Arzew).
- ✓ L'oued de Sig.
- ✓ L'oued de Takrara.
- ✓ Des terres non cultivées.



Fig. 3.3 la Variante « 01 »

### 3.7.2 La variante «02»

Cette variante est plus longue, elle passe aussi au Nord de la ville de Sig, franchit également les mêmes obstacles que la variante 01 (RN97, Oued Sig et Takrara), plus de ça elle traverse des terres cultivées en arbres fruitiers, comme elle franchit le gazoduc et le CW 30 en deux points.



Fig. 3.4 la Variante « 02 »

## 3.8 CONCLUSION

Apparemment la zone que traverse les deux tracés est relativement de mêmes caractéristiques ; néanmoins le tracé de la variante «02» :

- ✓ Est plus long proportionnellement à la variante 01.
- ✓ Franchit le gazoduc et le CW 30 en deux points.
- ✓ Il occupe une plus grande surface des terres utilisées pour la culture des oliviers ou des arbres fruitiers.
- ✓ Engendre plus d'indemnités à rembourser aux propriétaires des terres.

A partir de cela, nous déduisons bien que le facteur économique jouera le seul rôle décisif dans le choix de la variante retenue. La variante « 02 » avérée plus chère donc le tracé de la **variante «01»** sera retenu.

# DONNEES DE BASE

## 4.1 INTRODUCTION

Ce chapitre présente les critères de conception de la géométrie routière pour le tracé et l'échangeur.

### La liste des normes appliquées

Les critères proposés sont basés principalement sur les dispositions de **PICTAAL 2000** (Instructions sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison) et, au cas où ces dernières ne sont pas assez explicites, on a fait appel aux principes énoncés dans d'autres règlements dont on cite le **B40, ICTAAL85, ICTAVRU, ICTARN...**

## 4.2 CONCEPTION GENERALE

### 4.2.1 Classification de la route

La classification de la route est dictée par la fonction prévue, la qualité de service souhaitée et le niveau de confort recherché

La route a été classée comme autoroute (donc c'est la catégorie 1).

### 4.2.2 Nombre de voies

Le nombre de voies est fonction du trafic donc il sera déterminé dans le chapitre suivant (étude de trafic).

### 4.2.3 Vitesse de référence

Dans la circulaire du 12 décembre 2000, à l'article 1.2, l'ICTAAL propose deux catégories de vitesse de référence pour les autoroutes, qui se distinguent comme suit :

- ✓ la catégorie L1, appropriée en région de plaine ou vallonnée où les contraintes de relief sont modérées.



✓ la catégorie L2, mieux adaptée aux sites de relief plus difficile, compte tenu des impacts économiques et environnementaux qu'elle implique.

Ces catégories L1 et L2 sont respectivement appropriées, selon l'ICTAAL, aux vitesses maximales autorisées de 130 et 110 km/h. Cependant, en considération des standards de conception ayant cours en Algérie, et que le tracé autoroutier du présent projet ne rencontre pas de grandes contraintes (le terrain est plat, les villes sont dispersées, etc.), on a donc prévu une vitesse de **120km/h**.

### 4.3 PARAMETRES GEOMETRIQUES

Les paramètres géométriques adoptées pour ce tronçon est résumés dans le Tableau 4.1 dont notre cas la vitesse de référence égale à **120 km/h**.

Tab. 4.1 Paramètres géométriques de l'autoroute

Désignations des paramètres	Symbole Unité	Catégorie		
		130 (L1)	110 (L2)	120
Vitesse de référence	V (km/h)	130 (L1)	110 (L2)	<b>120</b>
<b>Tracé en plan</b>				
Rayon minimum absolu	R <sub>m</sub> (m)	600	400	<b>500</b>
Rayon minimum non déversée	R <sub>nd</sub> (m)	1000	650	<b>800</b>
Rayon minimum sans courbe de transition	R (m)	1500	975	<b>1200</b>
Longueur minimum de clothoïde	L <sub>s</sub> (m)	<b>Max (14 Δδ  ; R/9)</b>		
<b>Profil en long</b>				
Déclivité maximum	P (%)	5	6	<b>5</b>
Déclivité minimum	P (%)	0.2	0.2	<b>0.2</b>
Rayon minimal de raccordement convexe	R <sub>v</sub> (m)	12500	6000	<b>10000</b>
Rayon minimal de raccordement concave	R <sub>v</sub> (m)	4200	3000	<b>3500</b>
<b>Profil en travers</b>				
Nombre de voies de chaque chaussée	N	<b>2 à 4</b>		
Largeur de voie	L(m)	<b>3.5</b>		
Dévers minimum	d(%)	<b>2.5(-)</b>		
Dévers maximum	d(%)	<b>7</b>		

## ETUDE DU TRAFIC

### 5.1 INTRODUCTION

Une étude du trafic est une phase fondamentale qui doit intervenir à l'amont de toute réflexion relative à un projet routier. Elle permet de déterminer l'intensité du trafic et son agressivité (poids lourds).

Le dimensionnement du corps de chaussée nécessite la connaissance du trafic journalier moyen annuel (TJMA) ainsi que sa répartition sur les différentes catégories de véhicules.

### 5.2 LES DONNÉES DE TRAFIC

Selon les résultats de comptages et de prévisions, effectués par l'ANA nous avons :

- ✓ le trafic journalier moyen annuel à l'année 2009 (TJMA<sub>2009</sub>) est :

Tab. 5.1 Le trafic journalier moyen annuel à l'année 2009

Chemin de Wilaya 21 → Echangeur RN 97	Echangeur RN 97 → Fin de projet (Oued TAKRARA)
24700 v/j	31400 v/j

- ✓ La mise en service est prévue pour l'année 2010.
- ✓ La durée de vie est de 20 ans.
- ✓ Pourcentage du poids lourd : p=7%.
- ✓ Le Taux de croissance du trafic est représenté dans le tableau suivant :

Tab. 5.2 Taux de croissance du trafic (%)

Période	Taux de croissance (%)	
	Chemin de Wilaya 21 vers Échangeur RN 97	Échangeur RN 97 vers Fin de projet (Oued TAKRARA)
2009 → 2015	2.63	3.24
2015 → 2020	2.45	2.83
2020 → 2025	3.55	3.60
2025 → 2030	3.54	3.60

### 5.3 PROJECTION FUTURE DU TRAFIC

La formule qui donne le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est :

$$TJMA_h = TJMA_0 (1+\tau_i)^n \quad \dots (5.1)$$

Avec :

- ✓  $TJMA_h$  : le trafic à l'année horizon.
- ✓  $TJMA_0$  : le trafic à l'année de référence (origine **2009**).
- ✓  $n$  : nombres d'années.
- ✓  $\tau_i$  : taux d'accroissement du trafic (%).

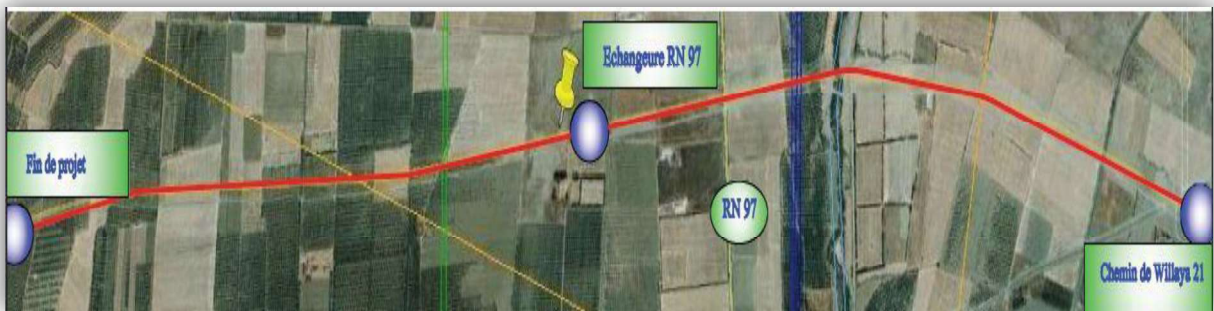


Fig. 5.1 schéma illustratif

Tab. 5.3 Calcul du trafic journalier moyen annuel à l'année horizon

Année caractéristique	Chemin de Wilaya 21 vers Échangeur RN 97	Échangeur RN 97 vers Fin de projet (Oued TAKRARA)
<b>2009</b>	$TJMA_o = TJMA_{2009} = 24700 \text{ v/j.}$	$TJMA_o = TJMA_{2009} = 31400 \text{ v/j}$
<b>2010</b>	$TJMA_{2010} = TJMA_{2009} (1+\tau_1)^1 = 24700 (1+0.0263)^1$ $\approx 25350 \text{ v/j.}$	$TJMA_{2010} = TJMA_{2009} (1+\tau_1)^1 = 31400 (1+0.0324)^1$ $\approx 32418 \text{ v/j.}$
<b>2015</b>	$TJMA_{2015} = TJMA_{2010} (1+\tau_1)^5 = 25350 (1+0.0263)^5$ $\approx 28864 \text{ v/j.}$	$TJMA_{2015} = TJMA_{2010} (1+\tau_1)^5 = 32418 (1+0.0324)^5$ $\approx 38021 \text{ v/j.}$
<b>2020</b>	$TJMA_{2020} = TJMA_{2015} (1+\tau_2)^5 = 28864 (1+0.0245)^5$ $\approx 32577 \text{ v/j.}$	$TJMA_{2020} = TJMA_{2015} (1+\tau_2)^5 = 38021 (1+0.0283)^5$ $\approx 43715 \text{ v/j.}$
<b>2025</b>	$TJMA_{2025} = TJMA_{2020} (1+\tau_3)^5 = 32577 (1+0.0355)^5$ $\approx 38785 \text{ v/j.}$	$TJMA_{2025} = TJMA_{2020} (1+\tau_3)^5 = 43715 (1+0.036)^5$ $\approx 52172 \text{ v/j.}$
<b>2030</b>	$TJMA_{2030} = TJMA_{2025} (1+\tau_4)^5 = 38785 (1+0.0354)^5$ $\approx 46153 \text{ v/j.}$	$TJMA_{2030} = TJMA_{2025} (1+\tau_4)^5 = 52172 (1+0.036)^5$ $\approx 62263 \text{ v/j.}$

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tab. 5.4 Trafic moyen journalier annuel (V/j)

Année représentée	TJMA (v/j)	
	Chemin de Wilaya 21 vers Échangeur RN 97	Echangeur RN97 vers Fin de projet (Oued TAKRARA)
2009	24700	31400
2010	25350	32418
2015	28864	38021
2020	32577	43715
2025	38785	52172
2030	46153	62263

## 5.4 CALCUL DU TRAFIC EFFECTIF

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + Z.P] TJMA_h \quad \dots (5.2)$$

Avec :

- ✓  $T_{\text{eff}}$  : trafic effectif à l'année horizon en (uvp/jour).
- ✓  $Z$  : pourcentage du poids lourd  $Z = 7\%$
- ✓  $P$  : coefficient d'équivalence pour le poids lourds

Tab. 5.5 Coefficient d'équivalence « P » (source B40)

Environnement	E1	E2	E3
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite, ou à visibilité réduite	3-6	6-12	16-24

Pour notre projet l'environnement est **E1** (terrain plat), donc d'après le tableau du coefficient d'équivalence, on a **P=2**.

$$T_{\text{eff}}(2030) = [(1 - Z) + Z.P] TJMA_{2030} \quad \dots (5.3)$$

Tab. 5.6 Calcul du Trafic effectif  $T_{\text{eff}}$

$T_{\text{eff}}$	Chemin de Wilaya 21 vers Echangeur RN 97	Echangeur RN 97 vers Fin de projet (Oued TAKRARA)
2030	$T_{\text{eff}}(2030) = 46153 \times [(1 - 0.07) + 2 \times 0.07]$ $\approx 49384$ uvp/j.	$T_{\text{eff}}(2030) = 62263 \times [(1 - 0.07) + 2 \times 0.07]$ $\approx 66622$ uvp/j.

## 5.5 DEBIT DE POINTE HORAIRE NORMALE

La formule qui donne le débit de pointe horaire normale est :

$$Q = \frac{1}{n} \cdot T_{\text{eff}} \quad \dots (5.4)$$

Avec :

- ✓ **Q** : débit de pointe horaire.
- ✓ **n** : nombre d'heure, (en général **n=8 heures**), donc :  $\frac{1}{n} = 0.12$ .
- ✓ **T<sub>eff</sub>** : trafic effectif.

D'où le débit prévisible à la 20eme année :

$$Q_{\text{prévisible}} (2030) = 0.12 \times T_{\text{eff}} (2030) \quad \dots (5.5)$$

Tab. 5.7 Calcul du débit  $Q_{\text{prévisible}}$

$Q_{\text{prévisible}}$	Chemin de Wilaya 21 vers Echangeur RN 97	Echangeur RN 97 vers Fin de projet (Oued TAKRARA)
<b>2030</b>	$Q_{\text{prévisible}} (2030) = 0.12 \times 49384$ $\approx 5926$ uvp/h.	$Q_{\text{prévisible}} (2030) = 0.12 \times 55859$ $\approx 7995$ uvp/h.

## 5.6 DEBIT HORAIRE ADMISSIBLE

La formule qui donne le Débit Horaire Admissible est :

$$Q_{\text{adm}} = K1 \cdot K2 \cdot C_{\text{th}} \quad \dots (5.6)$$

Avec :

- ✓ **K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>** : coefficients correcteur.
- ✓ **C<sub>th</sub>**: capacité théorique.

Tab. 5.8 Coefficient « K1 » (source B40)

Environnement	E1	E2	E3
<b>K1</b>	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Pour notre projet l'environnement est E1 (terrain plat), donc **K1=0.75**

Tab. 5.9 Coefficient « K2 » (source B40)

Environnement	C1	C2	C3	C4	C5
<b>E1</b>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<b>E2</b>	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
<b>E3</b>	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Pour notre projet (E1, C1), donc **K1=1.00**

Tab. 5.10 Valeur de la capacité théorique (source B40)

Type de route	Capacité théorique (uvp/h)
Route à 2voies de 3.5m	1500 à 2000
Route à 3voies de 3.5m	2400 à 3200
Route à chaussée séparée	1500 à 1800

A partir du tableau :  $C_{th} = 1800$  uvp/h.

$$Q_{adm} = 0.75 \times 1.00 \times 1800 = 1350 \text{ uvp/h.}$$

$$Q_{adm} = 1350 \text{ uvp/h.}$$

## 5.7 DETERMINATION NOMBRE DES VOIES

Notre cas est une autoroute donc une chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voies par chaussée : est le nombre le plus proche du rapport  $s.Q / Q_{adm}$ .

$$N = \frac{S \times Q}{Q_{adm}} \quad \dots (5.7)$$

Tel que :

- ✓ S : coefficient de dissymétrie, en général égal à 2/3.
- ✓  $Q_{adm}$  : débit admissible par voie.

Tab. 5.11 Détermination du nombre de voies

Chemin de Willaya 21 vers Echangeur RN97	Echangeur RN 97 vers Fin de projet (Oued TAKRARA)
$N = S \times \frac{Q \text{ prévisible}}{K1. K2 . c th(/voie)} = \frac{2}{3} \times \frac{5926}{1350} = 2.92 \approx 3$	$N = S \times \frac{Q \text{ prévisible}}{K1. K2 . c th(/voie)} = \frac{2}{3} \times \frac{7995}{1350} = 3.92 \approx 4$

Donc, le nombre de voies du tracé est reparti comme suit dans le schéma synoptique:



Fig. 5.2 Répartition du nombre de voies sur le tracé

# ETUDE GEOTECHNIQUE

## 6.1 INTRODUCTION

L'objet de la géotechnique routière est de prévoir le comportement des sols ou des matériaux granulaires. Elle se détermine par l'exécution des travaux de reconnaissance le long et autour de la zone à l'étude.

Les travaux de reconnaissance ont pour but de définir la stratigraphie sur le long du tracé, de caractériser les propriétés géotechniques des matériaux rencontrés afin de réaliser le dimensionnement du corps de chaussée, de préciser la stabilité des talus des déblais et remblais et les conditions de réutilisation des sols excavés.

La campagne de reconnaissance géologique et géotechnique comprenait :

- ✓ L'étude des archives et documents existants.
- ✓ L'exécution de puits d'exploration et de forages.
- ✓ L'installation de piézomètres.
- ✓ Une série d'essais mécaniques in situ.
- ✓ Ainsi qu'une batterie d'essais en laboratoire.

Rappelons que l'autoroute est dans sa majeure partie en remblai et notons que le peu de matériaux récupérables dans les sections en déblais ne suffira pas à satisfaire tous les besoins, pour cela une liste des carrières pouvant fournir les quantités de matériaux nécessaires pour la construction de l'autoroute ont été communiquée par l'Administration, et outre cette liste des travaux d'investigation pour répertorier les carrières existantes a été effectuée par le Laboratoire des Travaux Publics de l'Ouest (LTPO) en février 2006.

## 6.2 CONTEXTE

### 6.3.1 Contexte topographique

Du point de vue topographique, la portion d'autoroute à l'étude reste dans la plaine alluviale de l'Habra sur le tout le tracé. Cette plaine est **inondable**, ce qui conduit à projeter de passer en remblai de faible hauteur tout en évitant au maximum les zones cultivées et en rétablissant l'hydrologie de la surface.

### 6.3.2 Contexte géologique et géotechnique

Du point de vue géologique, le tracé défini est situé dans l'ensemble structuro-sédimentaire de l'Atlas tellien. L'Atlas tellien est une zone orogénique complexe constituée de nappes de charriage à vergence sud mises en place au Miocène inférieur. Des bassins néogènes tardifs comme le Chélif et le Hodna se sont installés sur ces nappes. Le substratum de l'Atlas tellien est formé de terrains paléozoïques peu métamorphisés. Au-dessus se développe la série sédimentaire qui s'étend du Jurassique au Miocène.

À l'intersection d'une coupe géologique à l'échelle 1 : 200 000 (orientée nord-ouest /sud-est) et du tracé de l'autoroute, l'épaisseur de la série sédimentaire reposant sur le socle est maximale (10 km environ). La série sédimentaire s'étend du Trias au Pliocène.

Les différentes formations de dépôts meubles rencontrées sont les alluvions limoneuses, les alluvions sablo-limoneuses, les dépôts de pente sablo-limoneux avec graviers, les éboulis de pente ainsi que la terre végétale et les remblais. Les formations rocheuses rencontrées lors des travaux de reconnaissance sont les marnes, les grès et les calcaires.

### 6.3.3 Contexte hydrogéologique

La notice de la carte géologique du SIG indique qu'une nappe d'eau phréatique se situe à la base des dépôts alluvionnaires et dans les sables pliocènes. La profondeur de la nappe n'est cependant pas précisée.

Le niveau de la nappe a été mesuré à 4,3 m dans un puits manuel le 14 octobre 2004.

Lors des travaux de reconnaissance effectués de juin à décembre 2005, sept piézomètres ont été installés le long du tracé dans des forages afin d'observer le niveau de l'eau souterraine. Les niveaux d'eaux ont été mesurés le mars 2006 dans l'ensemble des forages qui sont tous situés dans la plaine de l'Habra.

Les résultats ont montré que :

- ✓ La nappe phréatique se trouvait entre 1,7 et 8 m de profondeur
- ✓ L'eau de cette nappe est saumâtre.
- ✓ La nappe phréatique est partiellement alimentée par les oueds de la zone.



## 6.3 LA RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE

Les travaux de reconnaissance visent à déterminer la stratigraphie et les paramètres géotechniques des sols rencontrés sur tracé de l'autoroute et des matériaux produits dans les carrières situées dans la région.

Les moyens de reconnaissance d'un tracé routier sont essentiellement :

- ✓ L'étude des archives et documents existants
- ✓ Les visites et les différents essais in situ
- ✓ Les essais en laboratoire

### 6.3.1 L'étude des archives et documents existants (partie précédente)

Les études antérieures effectuées au voisinage du tracé sont une source précieuse d'informations préliminaires sur la nature des terrains traversés.

Les cartes géologiques et géotechniques de la région, lorsqu'elles existent, peuvent aussi apporter des indications assez sommaires mais tout aussi précieuses pour avoir une première idée de la nature géologique et géotechnique des formations existantes.

### 6.3.2 Les essais in situ

#### a. Puits d'exploration

Les puits d'exploration ont été réalisés le long du tracé et dans le lit de l'oued Mellah (pour le tout venant d'oued) à l'aide d'une pelle hydraulique.

Le tableau suivant présente les différentes formations rencontrées dans les puits de reconnaissance dans notre tronçon.

Tab. 6.1 Formations identifiées par puits de reconnaissance

Dénomination	PK (m)	Altitude (m)	Profondeur (m)	Formations
<b>P 25</b>	48+000	47,2	0,00 – 0,40	TV
			0,40 – 3,40	AL
<b>P 27</b>	45+105	29,9	0,00 – 0,40	TV
			0,40 – 2,40	AL
			2,40 – 4,00	ASL
<b>P 28</b>	44+500	29,0	0,00 – 0,20	TV
			0,20 – 2,80	AL
			2,80 – 4,00	ASL
<b>P 30</b>	43+075	26,2	0,00 – 0,30	TV
			0,30 – 3,00	AL
			3,00 – 4,00	ASL

#### Légende :

**TV** : Terre végétale.  
**AL**: Alluvions limoneuses.  
**ASL** : Alluvions sablo-limoneuses.

## b. Forages carottés

Les forages ont été réalisés à l'aide d'une foreuse de type ABYSS 2050 sur chenilles.

Le tableau suivant présente les différentes formations rencontrées dans les forages carottés dans notre tronçon :

Tab. 6.2 Formations identifiées par forages carottés

Dénomination	PK (m)	Altitude (m)	Profondeur (m)	Formations
FC-141	48+000	47,3	0,00 – 0,50	TV
			0,50 – 8,00	AL
FC-161	45+250	30,0	0,00 – 0,70	TV
			0,70 – 10,00	AL
FC-171	44+825	29,1	0,00 – 0,20	TV
			0,20 – 10,00	AL
FC-511	42+800	25,5	0,00 – 0,20	TV
			0,20 – 2,20	AL
			2,20 – 4,00	ASL
			4,00 – 10,00	AL

### Légende :

TV : Terre végétale.  
 AL: Alluvions limoneuses.  
 ASL : Alluvions sablo-limoneuses.

## c. Essai pressiométrique (NF P94-110)

L'essai pressiométrique est un essai de chargement du sol en place. Il consiste à dilater radialement au sein du sol une sonde cylindrique et à déterminer la relation entre la pression appliquée sur le sol selon un programme de chargement imposé et le déplacement de la paroi de la sonde.

Les essais ont été faits à l'aide d'un pressiomètre du type Ménard.

Le tableau suivant présente les pressions limites et les modules pressiométriques mesurés dans les sondages.

Tab. 6.3 Essais pressiométriques

Sondage	PK (m)	Altitude (m)	Formations	Profondeur essai (m)	P <sub>1</sub> (bars)	E <sub>M</sub> (bars)
FP-161	45+250	30,0	AL	2	13,63	152,46
			AL	4	9,70	81,72
			AL	6	15,88	176,28
			AL	8	12,72	116,90
			AL	10	15,93	259,16
FP-171	44+825	29,1	AL	4	4,62	41,72
			AL	6	4,66	88,26
			AL	8	5,33	110,23
			AL	10	16,98	403,70
FP-511	42+800	25,5	AL/ASL	2	10,47	118,31
			ASL/AL	4	10,91	140,17
			AL	6	9,05	57,78
			AL	8	10,65	61,39
			AL	10	10,41	78,42

#### d. Essai de pénétration au carottier SPT (NF P94-116)

L'essai de pénétration au carottier consiste à déterminer la résistance à la pénétration dynamique d'un carottier normalisé battu en fond d'un forage préalable.

Tab. 6.4 Essais SPT

Sondage	PK (m)	Profondeur essai (m)	Formations	Nombre de coups/30 cm
FC-507	49+125	2,00 – 2,45	AL	21
		4,00 – 4,45	AL	23
		6,00 – 6,45	AL	23
		8,00 – 8,45	AL	24
		10,00 – 10,45	AL	24
FC-141	48+000	2,00 – 2,45	AL	67
		4,00 – 4,45	AL	55
		6,00 – 6,45	AL	24
		8,00 – 8,45	AL	45

#### e. Piézomètres

Afin d'observer le niveau de l'eau souterraine, sept (7) piézomètres ont été installés le long du tracé dans les forages FC-161, FC-511, FC-514, FC-520, FC-521, FC-528 et FC-516.

Les piézomètres sont constitués d'un tube d'un diamètre intérieur de 25 mm, crépiné sur toute sa longueur sauf sur les trois mètres supérieurs.

Les résultats ont montré que la nappe phréatique se trouvait entre 1,7 et 8 m de profondeur.

Tab. 6.5 Données de sondage des niveaux de nappes

Puits	Niveau des nappes (m)
FC520	7.00
FC521	8.00
FC522	4.00
FC523	2.00
FC524	5.50

### 6.3.3 Les essais de laboratoire

Les essais de laboratoire visent à déterminer les propriétés physiques et mécaniques des matériaux afin de choisir le dimensionnement du corps de chaussée.

Elles sont classées sous deux groupes : essais d'identification et essais mécaniques.

#### A. Les essais d'identification des sols

##### A.1. Teneur en eau naturelle (NF P 94-050)

La teneur en eau est un paramètre d'état qui permet d'approcher certaines caractéristiques mécaniques et d'apprécier la consistance d'un sol fin.

La teneur en eau est donnée par la formule :  $\omega = W_w/W_s$ .

### A.2. Masse volumique des particules solides ( $\gamma_s$ )

Il est déterminé par le calcul du quotient :  $\gamma_s = P_s / V_s$ , où  $P_s$  est le poids des particules solides et  $V_s$  est leur volume, vides exclus. Il est utilisé pour connaître l'indice des vides, le degré de saturation et la porosité du matériau étudié.

### A.3. Masse volumique apparent ( $\gamma_{ap}$ )

C'est le résultat du quotient :  $\gamma_{ap} = P / V$ , où  $P$  est le poids du matériau humide et  $V$  est son volume, vides inclus (volume apparent).

### A.4. Masse volumique sec ( $\gamma_d$ ) (NF P 94-053)

C'est le résultat du quotient :  $\gamma_d = P_s / V$ , où  $P_s$ , est le poids du matériau sec et  $V$  est son volume, vides inclus.

### A.5. Analyse granulométrique par tamisage à sec (NF P 94-056)

Cette opération permet de déterminer le pourcentage d'éléments fins (passant à 80  $\mu\text{m}$ ) qui caractérise la sensibilité à l'eau du matériau d'une part et d'examiner, d'autre part, la forme de la courbe granulométrique.

### A.6. Analyse granulométrique par sédimentométrie (NF P 94-057)

Cet essai vient compléter l'analyse granulométrique par tamisage. Il utilise la loi de Stokes qui donne, dans le cas de grains sphériques de même masse volumique, la relation entre le diamètre des grains et leur vitesse de décantation. Appliquée aux éléments inférieurs à 80  $\mu\text{m}$ , cette loi permet de déterminer les diamètres équivalents des particules.

### A.7. Limites d'Atterberg (NF P 94-051 ou NF P 94-052-1)

Les Limites d'Atterberg sont des paramètres géotechniques destinés à identifier un sol et à caractériser son état au moyen de son indice de consistance :

- ✓ Limite de liquidité ( $W_L$ ) : teneur en eau d'un sol remanié au point de transition entre les états liquides et plastiques.
- ✓ Limite de plasticité ( $W_P$ ) : teneur en eau d'un sol remanié au point de transition entre les états plastiques et solides.
- ✓ L'indice de plasticité ( $I_P$ ) : différence entre la limite de liquidité et de plasticité  $I_P = W_L - W_P$

### A.8. Équivalent de sable (NF P 18-598)

Cet essai est réalisé sur la fraction sable (0/5) ou (0/2) à 10% de filer. Il caractérise la pollution d'un sable par de l'argile ou du limon. Il exprime un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments sableux qui sédimentent et les éléments fins qui flocculent.

L'équivalent de sable est donné par la formule:  $E_s = 100 \times \frac{h_2}{h_1}$

### A.9. Essai au bleu de méthylène dit «à la tache» (NF P 94-068)

Cet essai permet de caractériser la fraction argileuse contenue dans le sol. L'essai consiste à mesurer par dosage la quantité de bleu de méthylène pouvant être absorbée par le matériau. Cette quantité absorbée noté  $VB_s$  dépend directement de la surface spécifique des grains d'argile qui est elle même liée à la nature de ce dernier.

### A.10. Teneur en carbonates (NF P 94-048)

L'essai consiste à déterminer le volume de dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) dégagé sous l'action d'acide chlorhydrique en excès (dans des conditions de température et de pression atmosphérique connues) par un échantillon préparé pour l'essai.

## B. Les essais mécaniques

Ces essais visent essentiellement la caractérisation du comportement mécanique des matériaux auscultés.

### B.1. Essai Proctor normal et modifié (NF P 94-093)

Ces essais permettent de déterminer les caractéristiques de compactage d'un matériau et montrent l'importance de la teneur en eau vis à vis du poids volumique sec obtenu pour une énergie de compactage donnée.

Deux essais Proctor peuvent être réalisés :

- ✓ L'essai Proctor Modifié : Forte énergie de compactage ( $2700 \text{ k Nm/m}^3$ ).
- ✓ L'essai Proctor Normal : faible énergie de compactage ( $600 \text{ k Nm/m}^3$ ).

Pour les assises de chaussée, l'essai Proctor Modifié est le plus souvent utilisé. Cet essai permet de déterminer la teneur en eau optimale notée  $w_{opm}$  et le poids volumique sec maximum noté  $\gamma_{dmax}$  sous une forte énergie de compactage.

### B.2. L'essai CBR (Californian Bearing Ratio) (NF P 94-07)

Cet essai s'applique aux sols fins ainsi qu'aux sols grenus dont la teneur en éléments de plus de 20 mm n'excède pas 25%. Il s'applique également à d'autres matériaux utilisés en technique routière tels que les laitiers dans la mesure où leur granulométrie respecte la condition précédente.

L'essai CBR est souvent utilisé pour évaluer la portance du sol support de chaussée. Cette portance est exprimée par les différents indices suivants :

- ✓  $ICBR_{immersion}$  : C'est l'indice CBR en (%) mesuré après 4 jours d'imbibition d'une éprouvette d'un échantillon de matériau avec application de surcharges.
- ✓  $ICBR_{immédiat}$  : C'est l'indice CBR en (%) mesuré à la teneur en eau de confection d'une éprouvette d'un échantillon de matériau avec application de surcharges.
- ✓ IPI : C'est l'indice CBR en (%) mesuré à la teneur en eau de confection d'une éprouvette d'un échantillon de matériau sans application de surcharge.

### **B.3. Essai Los Angeles (NF P 18-573)**

Cet essai a pour but de mesurer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans le domaine routier, et leur résistance par frottements.

### **B.4. Essai Micro Deval (NF P 18-572)**

L'essai Micro-Deval permet de mesurer la résistance à l'usure des roches. Cette résistance à l'usure pour certaines roches n'est pas la même à sec ou en présence d'eau. L'essai consiste à mesurer l'usure des granulats produite par frottement réciproques dans un cylindre en rotation dans des conditions bien définies.

### **B.5. Essai œdométrique (NF P 94-090-1)**

L'essai de compressibilité à l'œdomètre «**Essai œdométrique**» a pour objet essentiel d'étudier la consolidation de sols intacts ou remaniés, soumis à des charges verticales, drainés suivant cette direction et maintenus latéralement par une paroi rigide.

### **B.6. Essai Cisaillement direct (NF P 94-071-1 et 2)**

C'est un cisaillement rectiligne réalisé à la boîte, dans des conditions drainées, sur tous les types de matériaux naturels, artificiels ou reconstitués dont la dimension maximale des grains  $D_{\max}$  est inférieure ou égale à 5mm dans le cas de la boîte de 60 mm de diamètre. Dans le cas de la boîte de 100 mm de diamètre, le  $D_{\max}$  doit être inférieur ou égal à 8mm.

### **B.7. Essai triaxial (NF P 94-074)**

Cet essai peut être réalisé sur tous les types de matériaux naturels, artificiels ou reconstitués. Il définit, selon la nature du matériau, les différents états de contraintes en fonction de la déformation des éprouvettes  $q = f(E)$ , avec  $q$  le déviateur de contrainte et  $E$  la déformation suivant l'axe longitudinal de l'éprouvette.

On distingue :

- ✓ L'essai tri axial UU (non consolidé, non drainé).
- ✓ L'essai tri axial CU (consolidé, non drainé).
- ✓ L'essai tri axial CD (consolidé, drainé).

## 6.4 LES CARRIÈRES ET BANCS D'EMPRUNT

Des gîtes d'emprunt et des carrières pour l'extraction et la production des matériaux de remblai ou du corps de chaussée ont été identifiés. Ces derniers renferment les quantités nécessaires pour la réalisation de ce tronçon.

Pour les matériaux de remblai de grande masse (remblais de grande hauteur), il est possible de recourir en fonction des distances de transport aux gîtes suivants :

✓ Carrière de tuf d'Ahl Ounane :

Elle est située au village du même nom (5 km de Sig), l'accès à la carrière se fait à partir de la RN4, le long d'une piste aménagée.

Tab. 6.6 Caractéristiques du tuf de la carrière d'Ahl Ounane

<b>Granulométrie</b>	Courbe étalée avec 15 % d'éléments < 80 $\mu\text{m}$
<b>ES</b>	14,9 %
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	75 %
<b>Compactage</b>	$\gamma_{\text{dmax}}$ : 1,96 T/m <sup>3</sup> , $w_{\text{opt}}$ : 14,0 %
<b>CBR imbibé</b>	30,5 %
<b>CBR immédiat</b>	63,0 %



Fig. 6.1 Carrière d'Ahl Ounane

✓ Carrière de tuf de Sidi Ali Cherif :

Elle est située dans la commune de Cheurfa (environ 35 km de Sig), l'accès se fait par la RN6 menant à Mascara via une route communale.

Tab. 6.7 Caractéristiques du tuf de la carrière d'Ali Cherif

<b>Granulométrie</b>	Courbe étalée avec 11 % d'éléments < 80 $\mu\text{m}$
<b>ES</b>	45,0 %
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	87 %
<b>Compactage</b>	$\gamma_{\text{dmax}}$ : 2,01 T/m <sup>3</sup> , $w_{\text{opt}}$ : 8,4 %
<b>CBR imbibé</b>	33 %
<b>CBR immédiat</b>	62 %



Fig. 6.1 Carrière d'Ali Chérif

Pour les matériaux du corps de la chaussée, les bétons hydrauliques et bitumineux, les carrières suivantes seraient indiquées :

✓ Les carrières de calcaire de Tizi :

Elles sont situées dans la commune de Tizi wilaya de Mascara (environ 30 km de Sig), l'accès vers ces carrières se fait par la route RN6 jusqu'à Mascara puis par la RN7.



Fig. 6.1 Carrière de Tizi

✓ Les carrières de calcaire de Benyebka :

Elles sont situées dans la commune de Gdyel dans la wilaya d'Oran (environ 45 km de Sig), l'accès à ces carrières à partir peut se faire à partir de (CW5, RN17, RN23).

## CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

D'après tout ce chapitre on conclue que les sols rencontrés le long du tracé projeté de l'autoroute sont composés d'alluvions limoneuses et d'alluvions sablo-limoneuses pour lesquelles la résistance est relativement faible et la compressibilité relativement forte. Et comme le tracé est dans sa majorité en remblai on a eu recours à des gîtes d'emprunt et des carrières pour l'extraction et la production des matériaux nécessaire pour le remblai et le corps de chaussée, ces derniers renferment les quantités nécessaires pour la réalisation de ce tronçon.



# DIMENSIONNEMENT CORPS DE CHAUSSÉE

## 7.1 INTRODUCTION

La qualité d'un projet routier ne se limite pas seulement à l'obtention d'un bon tracé et d'un bon profil en long. En effet une fois réalisée, la route devra résister aux agressions extérieur (gradients thermiques, pluie, neige, verglas, gel ...etc.).

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial, pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques qui lui permettra de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie. Celle –ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser.

Pour le dimensionnement du corps de chaussée, deux méthodes sont appliquées en Algérie, à savoir :

- ✓ La Méthode CBR,
- ✓ La Méthode du catalogue de dimensionnement Algérien,

Par conséquent, on effectuera une analyse comparative des deux méthodes et le choix du corps de chaussée à adopter à notre projet sera retenu respectivement selon les critères géo-mécaniques et économiques.

## 7.2 METHODE DU CATALOGUE ALGERIEN

Les données de bases pour le dimensionnement de chaussée sont :

- ✓ Le trafic.
- ✓ La durée de vie.
- ✓ Les données climatiques.
- ✓ Le sol support de chaussée.
- ✓ Le risque de calcul considéré.
- ✓ Les caractéristiques des matériaux.

## 7.3 LES DONNEES CLIMATIQUES

Le dimensionnement du corps de chaussée s'effectue avec une température consistante, c'est-à-dire température équivalente  $\theta_{eq}$ , en tenant compte de cycle de variation de température de chaque année.

La température équivalente est généralement déterminée selon le zonage climatique du site D'après le «catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (2001CCTP) », le site de projet est classé en zone **II**.

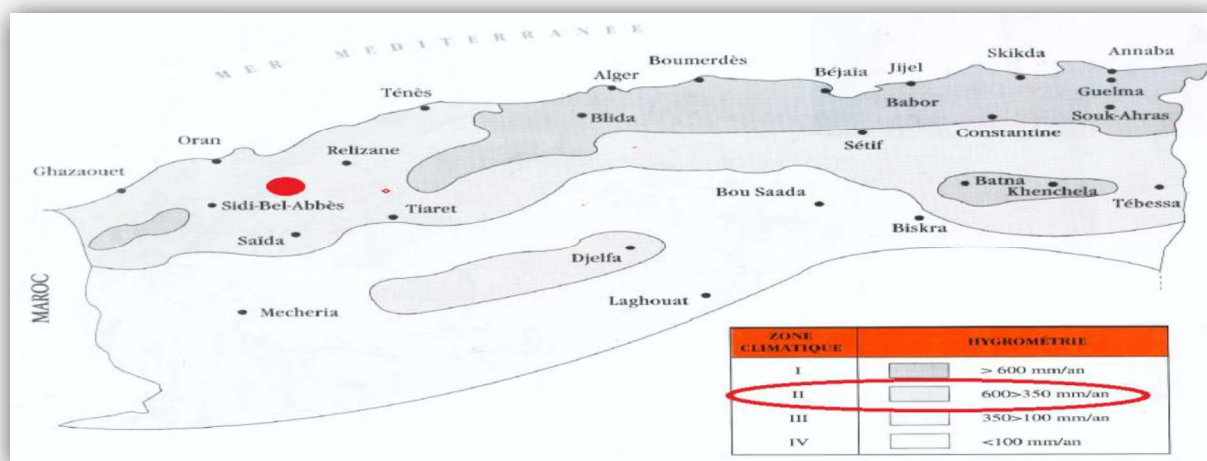


Fig. 7.1 Position du projet dans la carte climatique de l'Algérie (fascicule N° 1)

Tab. 7.1 Choix des températures équivalentes (fascicule N° 2)

Zone climatique	I et II	III	IV
Température équivalente $\theta_{eq}$	20°C	25°C	30°C

Donc on prend une température équivalente égale à 20°C.

## 7.4 LES DONNEES DU TRAFIC

### 7.4.1 Détermination du type du réseau principal

D'après le catalogue on a la classification suivante :

Tab. 7.2 Le trafic à l'année de mise en service 2010

Chemin de Wilaya 21 vers Échangeur RN 97	Échangeur RN 97 vers Fin de projet (Oued TAKRARA)
TJMA <sub>2010</sub> = 25350 (V/j) > 1500(V/j)	TJMA <sub>2010</sub> = 32418 (V/j) > 1500(V/j)

**Donc** : le réseau principal est **RP1**.

## 7.4.2 Détermination de la classe du trafic(TPLi)

Le trafic sera calculé et classifié avec les recommandations de «catalogue algérien du dimensionnement des chaussées neuves (version 2001)».

Le trafic évalué fourni par la DPN (direction du programme neuf) a été considéré comme équilibré (identique) dans les deux sens, soit **0.5**×le trafic par sens unique.

L'évaluation du trafic sur notre section s'exprime comme suit :

On a :

- Le Pourcentage du poids lourds : **Z = 7 %**.

Tab. 7.3 Le trafic de PL/j/sens

Chemin de Wilaya 21 Vers Échangeur RN 97			Échangeur RN 97 vers Fin de projet (Oued TAKRARA)		
TJMA <sub>PL2009</sub> (PL/j)	TJMA <sub>PL2010</sub> (mise en service)	TJMA <sub>PL2010</sub> (PL/j/sens)	TJMA <sub>PL2009</sub> (PL/j)	TJMA <sub>PL2010</sub> (mise en service)	TJMA <sub>PL2010</sub> (PL/j/sens)
1729	1775	<b>888</b>	2198	2270	<b>1135</b>

### a. Répartition transversale du trafic

Nous avons deux chaussées unidirectionnelles (3 voies et 4 voies) :  
D'après le catalogue du dimensionnement algérien La répartition du poids lourd est de 80% sur la voie de droite la plus chargée.

Tab. 7.4 Calcul du trafic selon la répartition transversale de la chaussée

Chemin de Wilaya 21 vers Échangeur RN 97	Échangeur RN 97 vers Fin de projet (Oued TAKRARA)
$TPL_{2010} = 888 \times 0.8 = 711$ (PL/j/sens).	$TPL_{2010} = 1135 \times 0.8 = 908$ (PL/j/sens).

Tab. 7.5 TJMA<sub>PL</sub>(V/J/sens) de la voie la plus chargée (année de référence)

Année représentée	Chemin de Wilaya 21 vers Échangeur RN 97		Échangeur RN 97 vers Fin de projet (Oued TAKRARA)	
	Taux PL(%)	TPL (PL/j/sens)	Taux PL(%)	TPL (PL/j/sens)
<b>2010</b>	2.63	711	3.24	908
<b>2015</b>	2.45	809	2.83	1065
<b>2020</b>	3.55	913	3.60	1224
<b>2025</b>	3.54	1087	3.60	1461

Exemple de calcul :

$$TPL_{2015} \text{ (PL/j/sens)} = 711 \times (1 + 0.0263)^5 = 809 \text{ PL/j.}$$

### b. Le trafic cumulé de poids lourd(TCi)

Le TCi est le trafic de PL sur la période considérée pour le dimensionnement (durée de vue) est donnée par la formule suivante :

$$\mathbf{TCi} = \mathbf{TPLi} \times \mathbf{365} \times \frac{\mathbf{(1+\tau)^n-1}}{\tau} \quad \dots (7.1)$$

Puisque nous avons un taux de croissance (PL%) variable donc il faut calculer le trafic de poids lourd cumulé de chaque période.

Tab. 7.6 Nombre cumulé PL TC<sub>i</sub>

Période	Chemin de Wilaya 21 vers Échangeur RN 97			Échangeur RN 97 vers Fin de projet (Oued TAKRARA)		
	Taux de croissance PL(%)	TJMA <sub>PL</sub> (V/J/sens)	Nombre cumulé PL TC <sub>i</sub> (× 10 <sup>6</sup> )	Taux de croissance PL(%)	TJMA <sub>PL</sub> (V/J/sens)	Nombre cumulé PL TC <sub>i</sub> (× 10 <sup>6</sup> )
2010 → 2015	2.63	711	1.367	3.24	908	1.768
2015 → 2020	2.45	809	1.539	2.83	1065	2.056
2020 → 2025	3.55	913	1.873	3.60	1224	2.401
2025 → 2030	3.54	1087	2.227	3.60	1461	2.865
TC <sub>2030</sub> = ∑ TC <sub>i</sub>	7.006 × 10 <sup>6</sup> PL/J/sens.			9.090 × 10 <sup>6</sup> PL/J/sens.		

Exemple de calcul :

$$\mathbf{TCi}_{2015} = 711 \times 365 \times \frac{\mathbf{(1+0.0263)^5-1}}{0.0263} = \mathbf{1.367} \times \mathbf{10^6} \mathbf{ PL/J/sens}$$

Pour la vérification, compte tenu que l'intervalle du temps est le même et vu que les taux sont différents, on peut utiliser le taux moyen pour le calcul simplifié du trafic cumulé sur la durée de vie de l'ouvrage à savoir :

$$(\tau\% = \sum \tau_i = 3.04) \Rightarrow \mathbf{TCi} = 711 \times 365 \times \frac{\mathbf{(1+0.0304)^{20}-1}}{0.0304} = \mathbf{7.003} \times \mathbf{10^6} \mathbf{ PL/J/sens.}$$

$$(\tau\% = \sum \tau_i = 3.31) \Rightarrow \mathbf{TCi} = 908 \times 365 \times \frac{\mathbf{(1+0.0331)^{20}-1}}{0.0331} = \mathbf{9.192} \times \mathbf{10^6} \mathbf{ PL/J/sens.}$$

### c. Le trafic cumulé équivalent (TCEi)

Il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée.

$$\mathbf{TCE}_i = \mathbf{TC}_i \times \mathbf{A} \quad \dots (7.2)$$

**A** : coefficient d'agressivité é de poids lourd par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes. En fonction de réseau principal **RP<sub>i</sub>**.

Tab. 7.7 Valeur de coefficient d'agressivité A (fascicule N° 2)

Niveau de réseau principal(RPi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP <sub>1</sub>	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GC, GB/Tuf, GB/GC	0.6
	Chaussées à matériaux traités au liants hydraulique : GL/GL, BCg / GC	1

D'après le tableau de «catalogue du dimensionnement algérien» le coefficient **A = 0.6**

Donc :  $TCE_i = 0.6 \times TC_i$

Tab. 7.8 Valeur de  $TCE_{i 2030}$

Chemin de Wilaya 21 vers Echangeur RN 97	Echangeur RN 97 vers Fin de projet (Oued TAKRARA)
$TCE_{i 2030} = 7.006 \times 10^6 \times 0,6 = 4.204 \times 10^6 \text{ PL/J/sens}$	$TCE_{i 2030} = 9.090 \times 10^6 \times 0,6 = 5.454 \times 10^6 \text{ PL/J/sens}$

#### d. La classe de trafic

Tab. 7.9 Classe TPL<sub>i</sub> pour RP1 (fascicule N° 1)

TPL <sub>i</sub>	TPL <sub>3</sub>	TPL <sub>4</sub>	TPL <sub>5</sub>	TPL <sub>6</sub>	TPL <sub>7</sub>
PL/j/sens	150-300	300-600	<b>600-1500</b>	1500-3000	3000-6000

TPL = 711 (PL/j/sens). —————> La classe de trafic est **TPL<sub>5</sub>**.

TPL = 1135 (PL/j/sens). —————> La classe de trafic est **TPL<sub>5</sub>**

D'après la classification du catalogue de dimensionnement nous sommes dans un réseau principal de classe 1 pour un **TPL<sub>5</sub>** « entre **600 et 1500** »

#### e. Le risque de calcul

D'après le catalogue de dimensionnement algérien nous avons un risque de **10%**.

Tab. 7.10 Risque adopté pour le réseau RP1

	Classe de trafic	TPL3	TPL4	<b>TPL5</b>	TPL6	TPL7
<b>RISQUE (R%)</b>	GB/GB, GB/GNT	20	15	<b>10</b>	5	2

## 7.5 DETERMINATION DE LA PORTANCE DU SOL-SUPPORT

### 7.5.1 Application au projet

D'après l'étude géométrique et hydrologique du tracé considéré, nous avons un remblai sur tout le long du tracé dans la zone inondable.

Le recours à un matériau d'emprunt est nécessaire ; l'étude de recherche de gites a montré l'existence à proximité de notre projet d'une carrière « ALI CHERIF », de production de tuf.

Les caractéristiques physico mécanique de ce matériau sont repris largement dans le chapitre géotechnique, dont on reprend que l'Indice C.B.R imbibé à 4 jours 95% donné par l'OPM est :

$$\text{CBR} = 11$$

### 7.5.2 Présentation des classes de portance des sols

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S4 à S0. Cette classification sera également utilisée pour les sols-supports de chaussée.

Tab. 7.11 Présentation des classes de portance des sols

Portance (S <sub>i</sub> )	S4	S3	S2	S1	S0
CBR	< 5	5-10	10-25	25-40	> 40

#### a. Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement

Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

$$E_{\text{support}} \text{ (MPa)} = 5 \cdot \text{CBR} \quad \dots (7.3)$$

Tab. 7.12 Classes de portance à long terme du sol support

Classes de sol-support	S <sub>3</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>0</sub>
Module (MPa)	25-50	50-125	125-200	>200

$$E_{\text{support}} = 5 \times I_{\text{CBR}} = 55 \text{ MPA.}$$

50 < 55 < 125    =>    la classe de portance de sol support est de classe S<sub>2</sub>.

### 7.5.3 Choix des différentes couches constituant de la chaussée

#### a. Proposition de la structure

Dans le cadre de notre projet, nous avons proposé la structure suivante :

- ✓ Couche de roulement en béton bitumineux : **BB**.
- ✓ Couche de base en grave bitume : **GB**.
- ✓ Couche de fondation en grave non traité : **GNT**.

#### b. Choix de dimensionnement

Nous sommes dans le réseau principal (**RP1**), la zone climatique **II**, durée de vie de **20** ans, taux d'accroissement moyen (**3.04%**) et (**3.32%**), la portance du sol (**S2**) et une classe de trafic (**TPL5**).

Avec toutes ces données, le catalogue Algérien (**fascicule N°3**) propose la structure suivante :

- ✓ Couche de roulement : **BB = 06 cm**.
- ✓ Couche de base : **GB = 20 cm**.
- ✓ Couche de fondation : **GNT = 30 cm**.

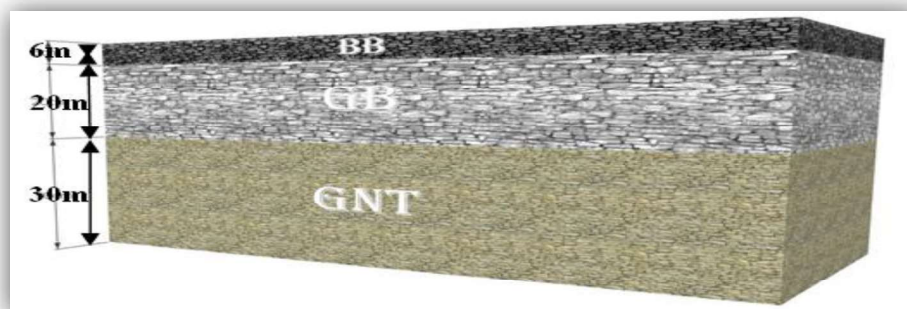
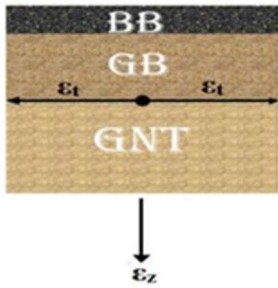


Fig. 7.2 Les épaisseurs des couches par la méthode du catalogue

### 7.5.4 Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support

Il faudra vérifier que les déformations  $\epsilon_t$  et  $\epsilon_z$  de la structure calculées à l'aide d'Alize III, sont inférieures aux valeurs admissibles ( $\epsilon_{t, adm}$  et  $\epsilon_{z, adm}$ ) calculées par la méthode du catalogue.



$\epsilon_t$  : étant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.  
 $\epsilon_z$  : (sol) étant la déformation verticale sur le sol support.

Fig. 7.3 Mode de fonctionnement de la structure

**a. Calcul de la déformation admissible ( $\epsilon_{z, adm.}$ ) du sol support**

La valeur admissible est donnée par la relation empirique déduite à partir d'une étude statique de comportement des chaussées algériennes.

$$\epsilon_{z, adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCE_i)^{-0.235} \quad \dots (7.4)$$

Tab. 7.13 Calcul la déformation admissible

Chemin de Wilaya 21 vers Échangeur RN 97	Echangeur RN 97 vers Fin de projet (Oued TAKRARA)
$\epsilon_{z, adm} = 22 \times 10^{-3} \times (4,204 \cdot 10^6)^{-0.235} = 0.617 \times 10^{-3}$	$\epsilon_{z, adm} = 22 \times 10^{-3} \times (5.454 \cdot 10^6)^{-0.235} = 0.574 \times 10^{-3}$

**b. Calcul de la déformation admissible de traction  $\epsilon_{t, adm}$**

La valeur admissible de tractions est donnée par la relation suivante :

$$\epsilon_{t, ad} = \epsilon_6(10^\circ c, 25Hz) \times k_{ne} \times k_{\theta} \times k_r \times k_c \quad \dots (7.5)$$

- ✓  $\epsilon_6(10^\circ c, 25Hz)$  : déformation limite détenue au bout de  $10^6$  cycles avec une probabilité de rupture de 50% à  $10^\circ C$  et 25Hz (essai de fatigue).
- ✓  $k_{\theta}$  : facteur lie à la température.
- ✓  $k_{ne}$  : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.
- ✓  $k_r$  : facteur lié au risque et aux dispersions.
- ✓  $k_c$  : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée.

Avec :  $k_r = 10^{-tb\delta}$

$$k_{ne} = (TCE_i / 10^6)^b$$

$$k_{\theta} = \sqrt{\frac{E(10^\circ C)}{E(\theta_{eq})}}$$

- ✓  $b$  : pente de la droite de fatigue ( $b < 0$ ).
- ✓  $E(10^\circ c)$  : module complexe du matériau bitumineux à  $10^\circ C$ .
- ✓  $E(\theta_{eq})$  : module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée.



✓  $\delta$  : La dispersion  $\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} Sh\right)^2}$

✓ SN : dispersion sur la loi de fatigue.

✓ Sh : dispersion sur les épaisseurs.

✓ c : coefficient égal à **0.02**

✓ t : fractile de la loi normale qui est en fonction du risque adopté (r %).

$$\epsilon_{t \text{ adm}} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times (\text{TCE}_i / 10^6)^b \times \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})}} \times 10^{-tb\delta} \times Kc. \quad \dots (7.6)$$

### c. Performances mécaniques des matériaux bitumineux

Les performances mécaniques relatives aux différents types de matériaux sont données dans le tableau suivant :

Tab. 7.14 Performances mécaniques des matériaux bitumineux (Fascicule 2)

Matériau (MTB)	E (30°C, 10Hz) (Mpa)	E (25°, 10Hz) (Mpa)	E (20°, 10Hz) (Mpa)	E (10°, 10Hz) (Mpa)	$\epsilon_6$ (10°, 25Hz) ( $10^{-6}$ )	-1/b	SN	Sh (cm)	$\nu$	kc Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

Alors d'après le tableau ci-dessus du **Catalogue de dimensionnement des Chaussées Neuves** on résume les paramètres suivants :

✓  $\theta_{eq}$  = température équivalent ( $\theta_{eq} = 20^\circ\text{C}$ )  $\Rightarrow E(20^\circ, 10\text{Hz}) = 7000 \text{ MPa}$ .

✓ Classe de trafic (**TPL<sub>5</sub>**).

✓ Risque adopté pour le réseau RP<sub>1</sub> et la classe du trafic TPL<sub>5</sub> (**r=10%**).

✓ c : coefficient égal **0.02**

✓ t : fractile de loi normale, en fonction du risque adopté donc (**t = -1.282**).

$$\delta = \sqrt{Sn^2 + \left(\frac{c}{b} Sh\right)^2} \Rightarrow \delta = \sqrt{(0.45)^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} \times 3\right)^2} \Rightarrow \delta = \mathbf{0.609}$$

A.N : 
$$\epsilon_{t \text{ adm}} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times (\text{TCE}_i / 10^6)^b \times \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})}} \times 10^{-tb\delta} \times Kc.$$

**d. Déformation admissible de traction**

$$\checkmark \epsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} \times (4.204 \times 10^6 / 10^6)^{-0.146} \times \sqrt{\frac{12500}{7000}} \times 10^{-(1.282 \times 0.609 \times -0.146)} \times 1.3$$

$$\epsilon_{t,adm} = 1.08 \times 10^{-4}$$

$$\checkmark \epsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} \times (5.454 \times 10^6 / 10^6)^{-0.146} \times \sqrt{\frac{12500}{7000}} \times 10^{-(1.282 \times 0.609 \times -0.146)} \times 1.3$$

$$\epsilon_{t,adm} = 1.04 \times 10^{-4}$$

**e. Vérification des résultats de calcul par Alize III**

Tab. 7.15 Comparaison des déformations admissibles.

Les déformations admissibles	compression	traction
Chemin de Wilaya 21 vers Echangeur RN 97	$\epsilon_{z, adm} = 0.617 \times 10^{-3}$	$\epsilon_{t,adm} = 1.08 \times 10^{-4}$
Echangeur RN 97 vers Fin de projet (Oued TAKRARA)	$\epsilon_{z, adm} = 0.574 \times 10^{-3}$	$\epsilon_{t,adm} = 1.04 \times 10^{-4}$
Déformation de la structure calculée par Alizé III	$\epsilon_z = 0,308. 10^{-3}$	$\epsilon_t = 0,892 .10^{-4}$

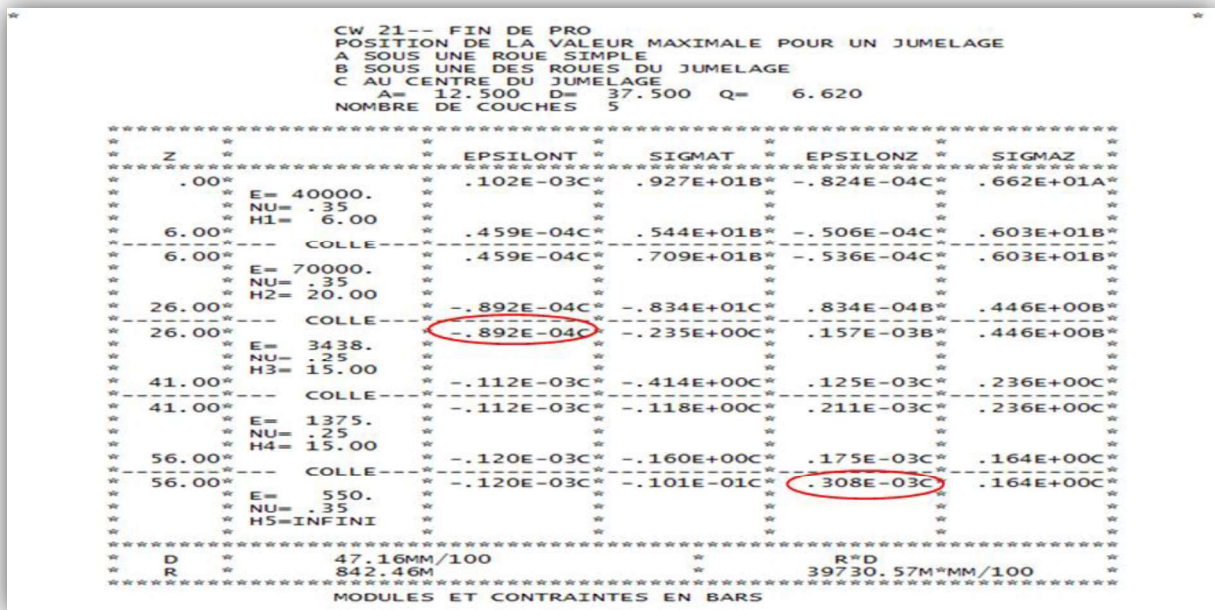


Fig. 7.4 Résultats de calcul par alize III

D'après les résultats précédents :

$$\epsilon_t < \epsilon_{t,adm} \quad \text{et} \quad \epsilon_z < \epsilon_{z,adm}$$

Les déformations  $\epsilon_t$  et  $\epsilon_z$  de la structure calculée à l'aide d'Alize III, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées par la méthode du catalogue.

## 7.6 METHODE DE C.B.R (CALIFORNIA – BEARING – RATIO)

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié.

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci après:

$$e = \frac{100 + \sqrt{P}(75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5} \quad \dots (7.7)$$

Avec :

- ✓ **e**: épaisseur équivalente
- ✓ **I**: indice CBR (sol support)
- ✓ **N**: désigne le nombre journalier de camions de plus 1500 kg à vide
- ✓ **P**: charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).

Pour notre cas :

- ✓ **I<sub>CBR</sub>**=11
- ✓ **N=TPL<sub>2030</sub>**=**1087 PL/j/sens** (Chemin de Wilaya 21 Vers Echangeur RN 97)
- N=TPL<sub>2030</sub>**=**1461 PL/j/sens** (Echangeur RN 97 vers Fin de projet)

Tab. 7.16 Détermination de l'épaisseur totale

Chemin de Wilaya 21 vers Echangeur RN 97	Echangeur RN 97 vers Fin de projet (Oued TAKRARA)
$E_{totale} = \frac{100 + \sqrt{6.5} \left[ 75 + 50 \log \left( \frac{1087}{10} \right) \right]}{11 + 5} = 34.42 \text{ cm}$	$E_{totale} = \frac{100 + \sqrt{6.5} \left[ 75 + 50 \log \left( \frac{1461}{10} \right) \right]}{11 + 5} = 35.45 \text{ cm}$

## 7.7 L'ÉPAISSEUR ÉQUIVALENTE

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$E_{\text{équivalente}} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

Où: **e<sub>1</sub>, e<sub>2</sub>, e<sub>3</sub>** : épaisseurs réelles des couches.

**a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub>** : coefficients d'équivalence.

Tab. 7.17 Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave bitume	1.20 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Tuf	0.60

Pour proposer le dimensionnement de la structure de notre chaussée, il faut résoudre l'équation suivante :  $a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = E_{\text{totale}}$   
 Pour résoudre l'équation précédente, on fixe 2 épaisseurs et on calcule la 3<sup>ème</sup>

### A. Chemin de Wilaya 21 vers échangeur RN 97

$$a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = 34.42 \text{ cm}$$

- ✓ Couche de roulement en béton bitumineux (B.B) :  $a_1 \times e_1 = 2 \times 6 = 12 \text{ cm}$ .
- ✓ Couche de base en grave bitume (G.B) :  $a_2 \times e_2 = 1.2 \times 10 = 12 \text{ cm}$ .

Donc L'épaisseur de la couche de fondation  $e_3$  en (GNT) est :

$$e_3 = \frac{34.42 - 2 \times 6 - 1.2 \times 10}{1} = 10.42 \text{ cm} \quad (\text{On prend : } e_3 = 15 \text{ cm})$$

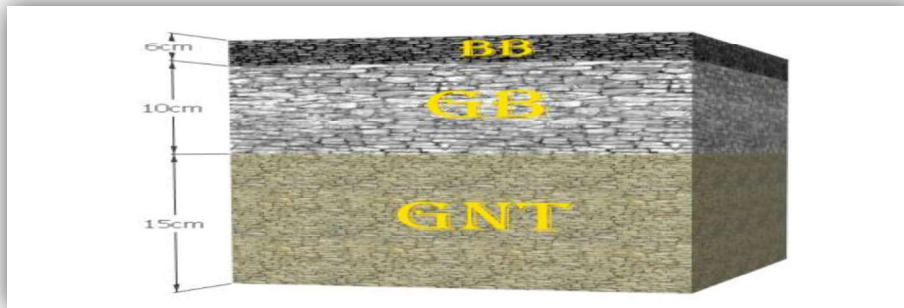


Fig. 7.5 Le dimensionnement du tronçon (CW 21 vers échangeur RN 97)

### B. Echangeur RN 97 vers fin de projet (Oued TAKRARA)

$$a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = 35.45 \text{ cm}$$

- ✓ Couche de roulement en béton bitumineux (B.B) :  $a_1 \times e_1 = 2 \times 6 = 12 \text{ cm}$ .
- ✓ Couche de base en grave bitume (G.B) :  $a_2 \times e_2 = 1.2 \times 10 = 12 \text{ cm}$ .

Donc L'épaisseur de la couche de fondation  $e_3$  en (GNT) est :

$$e_3 = \frac{35.447 - 2 \times 6 - 1.2 \times 10}{1} = 11.447 \text{ cm} \quad (\text{On prend : } e_3 = 15 \text{ cm})$$

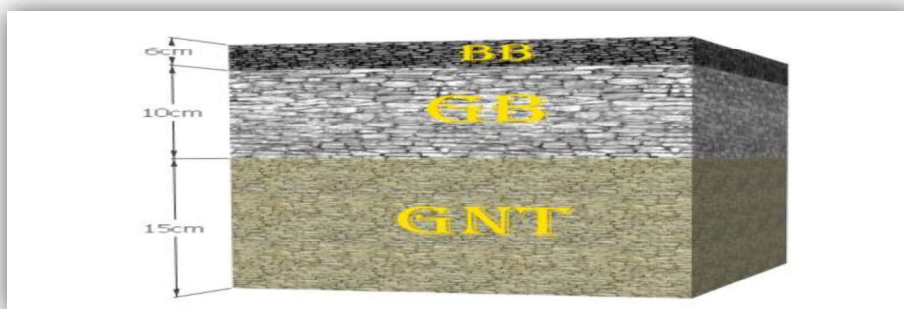


Fig. 7.6 Le dimensionnement du tronçon (Echangeur RN 97 vers fin de projet)

## 7.8 CONCLUSION

Tab. 7.18 Les résultats des deux méthodes

Indice C.B.R	Méthode	
	C.B.R	catalogue
11	6BB+10GB+15GNT	6BB+20GB+30GNT

D'après le tableau ci-dessus, on remarque bien que la méthode, dite du catalogue Algérien, nous donne un corps de chaussée avec une épaisseur de structure importante et uniforme pour l'ensemble du tracé, alors que la méthode, dite CBR, nous propose une structure de chaussée avec des épaisseurs nettement moins importantes et différentes selon l'indice portant du sol support.

Donc, la structure retenue est celle déterminée par la méthode du catalogue algérien :

**6BB + 20 GB +30 GNT**

# TRACE EN PLAN ET PROFIL EN LONG

## TRACE EN PLAN

### 8.1 INTRODUCTION

Dans sa définition, le tracé en plan (en situation ou horizontal) est la projection verticale de la route sur un plan horizontal, ce plan est en générale une carte topographique ou un plan de situation où une carte du relief du terrain représentée par des courbes de niveau. Il doit assurer aux usagers de l'autoroute un trajet confortable et une bonne qualité de service dont le niveau est cependant fonction des difficultés du site.

Les règles de dimensionnement du tracé en plan et du profil en long visent à garantir de bonnes conditions de sécurité et de confort adaptées à chaque catégorie d'autoroute.

### 8.2 REGLES ET PRINCIPES DE TRACE EN PLAN

Pour une bonne conception de tracé en plan, il est recommandé de :

- ✓ Adapter au maximum le terrain naturel.
- ✓ Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- ✓ Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.
- ✓ Se raccorder sur les réseaux existants.
- ✓ Eviter de passer sur les terrains agricoles si possibles et surtout les arboricoles.
- ✓ Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter la construction des ouvrages d'art sinon on essaie de les franchir perpendiculairement pour minimiser les couts.

### 8.3 GEOMETRIE EN PLAN

En première approximation, le tracé de l'axe de route est composé d'une succession de lignes droites raccordées par des cercles, mais la pratique des grandes vitesses et l'existence des petits rayons a imposé l'emploi d'un élément supplémentaire pour le raccordement progressif entre les précédents qui est la clothoïde.

Le tracé en plan d'une route est caractérisé par une vitesse de base à partir de laquelle on peut déterminer les caractéristiques géométriques de la route.

Les éléments du tracé en plan ont été conçus selon les critères de conception décrits dans la section précédente sur les normes géométriques comme suit :

### 8.3.1 Les alignements

Bien qu'en principe la droite soit l'élément géométrique le plus simple et le plus utiliser, son emploi dans le tracé des routes est restreint a cause de la mauvaise adaptation de la route au paysage et la monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents.

La longueur des alignements dépend de la durée du parcours rectiligne, pour :

- ✓ La longueur minimale c'est le chemin parcouru en  $t=6\text{sec}$  a une vitesse de base  $V_B$
- ✓ La longueur maximale c'est le chemin parcouru en  $t=1\text{ min}$  a une vitesse de base  $V_B$

Tab. 8.1 Valeurs extrêmes des alignements droits du tracé en plan (source ICTAAL 2000)

Vitesse de base	$V_B$ (km/h)	120
La longueur minimale	$L_{\min}$ (m)	200
La longueur maximale	$L_{\max}$ (m)	2000

### 8.3.2 Les rayons de cercle

La limitation des valeurs des rayons dépend de la stabilité des véhicules, l'inscription de véhicules longs dans les courbes et de la visibilité en courbe.

Les valeurs minimales des rayons sont résumées dans le tableau 5.2 :

Tab. 8.2 Valeurs minimales des rayons du tracé en plan (source ICTAAL2000)

Vitesse de base	$V_B$ (km/h)	120
Rayon minimal	$R_m$ (m)	500
Rayon minimal non déversé	$R_{nd}$ (m)	800
Rayon minimum sans courbe de transition	$R$ (m)	1200

#### ✓ Surlargeur des courbes:

Un long véhicule à 2 essieux, circulant dans un virage, balaye en plan une bande de chaussée plus large que celle qui correspond à la largeur de son propre gabarit.

Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une surlargeur par rapport à sa largeur normale en alignement :

$$S=L^2 / 2R \quad L : \text{longueur du véhicule (valeur moyenne } L = 10 \text{ m).}$$

$R$  : rayon de l'axe de la courbe.

### 8.3.3 Les raccordements progressifs

Les courbes de rayon inférieur à  $1,5 R_{nd}$  ne peuvent être raccordées avec les alignements que progressivement par des raccordements progressifs (clothoïdes).

Pour assurer les trois conditions suivantes :

- ✓ La condition optique
- ✓ La condition de gauchissement
- ✓ La condition du confort dynamique

Il faut d'après l'ICTAAL2000 que la longueur de clothoïde soit au moins égale à la plus grande de ces deux valeurs :  $\{14|\Delta\delta| \text{ et } R/9\}$  ;

Où :  $R$  (en m) le rayon de courbure.

$\Delta\delta$  (en %) la différence des pentes transversales des éléments du tracé raccordés.

*On note qu'on n'a pas besoin des raccordements progressifs (clothoïdes) dans notre tracé linéaire.*

### 8.3.4 Enchaînement des éléments du tracé en plan

D'après l'ICTAAL2000 :

Il est conseillé de remplacer les longs alignements droits par des rayons supérieurs ou égaux à  $1,5 R_{nd}$ , en respectant toujours les conditions de confort et les règles de visibilité.

Comme elles doivent respecter les règles d'enchaînement du tracé en plan ci-après :

- ✓ Deux courbes successives doivent satisfaire à la condition «  $R1 \leq 1,5 R2$  », où  $R1$  est le rayon de la première courbe rencontrée et «  $R2 < 1,5 R_{nd}$  » celui de la seconde. Cette recommandation est impérative dans une section à risque, comme après une longue descente, à l'approche d'un échangeur, d'une aire ou dans une zone à verglas fréquent.
- ✓ Séparer deux courbes successives par un alignement droit d'au moins **200 m**, si ce n'est pas le cas on utilise l'un des raccordements suivants :
  - Courbe en C, courbe à sommet, ou la courbe ovale pour deux courbes de même sens.
  - Courbe en S pour les courbes de sens contraire.

D'après tout ce qui précède les éléments utilisés dans notre projet sont comme suite :

Tab. 8.3 Les éléments de l'axe du tracé en plan

N°	1	2	3	4	5	6	7
Type d'élément	ligne	courbe	ligne	courbe	ligne	courbe	ligne
Rayon(m)	/	5000	/	6000	/	3500	/
Longueur (m)	905.515	2037.088	458.243	1047.126	910.727	1276.898	959.123
Dévers associé (%)	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5



## 8.4 EXEMPLE DE CALCUL MANUEL D'AXE DU TRACE EN PLAN

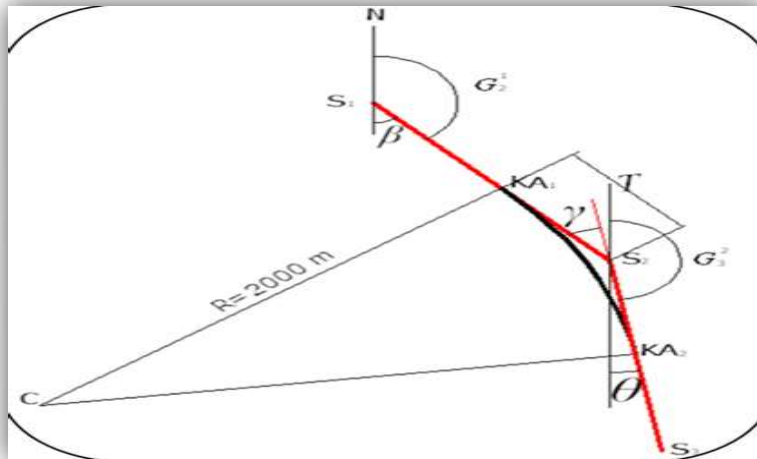


Fig. 8.1 Raccordement circulaire entre deux alignements

### ✓ Les points du tracé en plan

Tab. 8.4 Les données de l'axe à calculer

Sommets	X(m)	Y(m)	R(m)	V <sub>B</sub> (km/h)
S <sub>1</sub> (x,y)	755472.509	3940859.165	5000	120
S <sub>2</sub> (x,y)	754582.465	3941025.837		
S <sub>3</sub> (x,y)	752559.787	3940988.229		

Pour notre projet on a :

$R=5000 \text{ m} > 1200 \Rightarrow d=-2.5\%$  donc le calcul se fait pour un rayon sans clothoïde.

### ✓ Calcul des gisements

$$\begin{cases} |\Delta x_{12}| = |x_{P_2} - x_{P_1}| = 890.044\text{m} \\ |\Delta y_{12}| = |y_{P_2} - y_{P_1}| = 166.672\text{m} \end{cases}$$

$$G_{P_1}^{P_2} = 100 - \text{Arctg} \left( \frac{|\Delta y_{12}|}{|\Delta x_{12}|} \right) = 88.215 \text{ grade}$$

$$G_{P_2}^{P_1} = 400 - 88.215 = 311.785 \text{ grade}$$

$$D = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{890.044^2 + 166.672^2} \approx 905.515 \text{ m}$$

$$\begin{cases} |\Delta x_{23}| = |x_{P_3} - x_{P_2}| = 2022.678\text{m} \\ |\Delta y_{23}| = |y_{P_3} - y_{P_2}| = 37.608\text{m} \end{cases}$$

$$G_{P_2}^{P_3} = 100 - \text{Arctg} \left( \frac{|\Delta y_{23}|}{|\Delta x_{23}|} \right) = 98.816 \text{ grade}$$

$$G_{P_3}^{P_2} = 200 + 98.816 = 298.816 \text{ grade}$$

$$D = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{2022.678^2 + 37.608^2} \approx \mathbf{2023,028m}$$

✓ **Calcul de l'angle  $\gamma$**

$$\gamma = G_{P_2}^{P_1} - G_{P_3}^{P_2} = 311.785 - 298.816 = \mathbf{12.969 \text{ grade}}$$

✓ **Calcul de tangente T**

$$T = (R) \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right) \Rightarrow \mathbf{T = 5000 \tan\left(\frac{12.969}{2}\right) = 511.060 \text{ m}}$$

✓ **Calcul des coordonnées des points de tangente**

$$\beta = 11.785 \text{ gr}$$

$$\begin{cases} X_{KA1} = X_{S2} + T \times \sin(\beta) = 754582.465 + 932,979 \times \sin(11.785) = \mathbf{754755.488} \\ Y_{KA1} = Y_{S2} - T \times \cos(\beta) = 3941025.837 - 932,979 \times \cos(11.785) = \mathbf{3940108.798} \end{cases}$$

$$\theta = 11.703 \text{ gr}$$

$$\begin{cases} X_{KA2} = X_{S2} + T \times \sin(\theta) = 5816.767 + 121.361 \times \sin(-11.187) = \mathbf{5795.550m} \\ Y_{KA2} = Y_{S2} - T \times \cos(\theta) = 3654.396 - 121.361 \times \cos(-11.187) = \mathbf{3534.903m} \end{cases}$$

✓ **Calcul des coordonnées de centre**

$$G_{KA1-C} = G_{KA1-S2} + 100 = 208.612 + 100 = 308.612 \text{ gr}$$

$$\begin{cases} X_C = X_{KA1} + R \times \sin(G_{KA1-C}) = 5833.134 + 6000 \times \sin(308.612) = \mathbf{-112.050 (m)} \\ Y_C = Y_{KA1} + R \times \cos(G_{KA1-C}) = 3774.647 + 6000 \times \cos(308.612) = \mathbf{4583.836 (m)} \end{cases}$$

$$\mathbf{Larc} = \pi R \left(\frac{\gamma}{2}\right)$$

$$\mathbf{Larc} = \pi 5000 \left(\frac{23,488}{200}\right) = \mathbf{922,372 \text{ m}}$$

**Remarque :**

*Les calculs complets de l'axe du tracé en plan sont faits à l'aide du logiciel **AUTOCAD CIVIL 3D 2011** et sont joints dans les annexes.*

# PROFIL EN LONG

## 8.5 INTRODUCTION

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développée et représentée sur un plan à l'échelle de 1/10.

Le profil en long se caractérise par une succession de déclivités liées par des raccordements paraboliques constituant les raccordements verticaux (convexes et concaves).

Son but est d'assurer pour une continuité dans l'espace de la route afin de permettre de prévoir l'évolution du tracé et la bonne perception des points singuliers, en assurant toujours les d'assainissement, notamment dans la zone inondable.

## 8.6 REGLES DU PROFIL EN LONG

Parmi les règles qu'il faut les tenir en compte on peut citer :

- ✓ Adaptation au relief et à l'environnement.
- ✓ Suivre le terrain naturel afin d'optimiser les mouvements de matériaux.
- ✓ Utilisation des grands rayons verticaux.
- ✓ Assurer la coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- ✓ Respecter la valeur maximale et minimale de déclivité.
- ✓ Considération de l'exigence de PHE d'une crue centennale.
- ✓ Adaptation aux réseaux divers (gazoducs, réseaux d'alimentation en eau et d'assainissement, lignes électriques...).
- ✓ Gabarits exigés à l'intersection avec des routes et des oueds.

## 8.7 CARACTERISTIQUES DU PROFIL RN LONG

### Valeurs limitées

Les paramètres du profil en long doivent respecter les valeurs limites suivantes :

Tab. 8.5 Valeurs extrêmes des paramètres du profil en long

Catégorie	L1
Déclivité maximale (%)	5
Déclivité minimale (%)	0.2
Rayon minimal en angle saillant $R_{v_{cx}}$ (m)	12500
Rayon minimal en angle rentrant $R_{v_{cv}}$ (m)	4200

L'utilisation de rayons supérieurs aux rayons minimaux est préconisée si cela n'induit pas de surcoût sensible.

## 8.8 EXEMPLE DE CALCUL MANUEL D'AXE DE PROFIL EN LONG

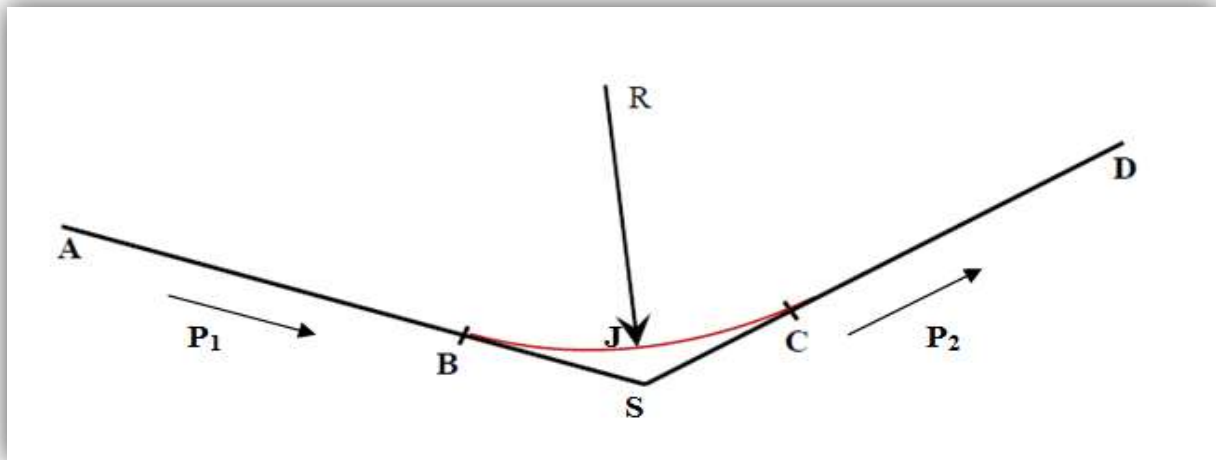


Fig. 8.2 schéma illustratif d'un rayon concave

### ✓ Les points du profil en long

Tab. 8.6 Les données de l'axe à calculer

Sommets	X(m)	Z(m)	R(m)	V <sub>B</sub> (km/h)
S <sub>A</sub> (x,z)	0.00	8.569	50000	120
S <sub>S</sub> (x,z)	2389.91	13.504		
S <sub>D</sub> (x,z)	2727.87	12.816		

### ✓ Calcul des déclivités

$$P_1 = \frac{Z_S - Z_A}{X_S - X_A} = \frac{13.504 - 8.569}{2389.91 - 0.00} \Rightarrow P_1 = 0.21\%$$

$$P_2 = \frac{Z_D - Z_S}{X_D - X_S} = \frac{12.816 - 13.504}{2727.87 - 2389.91} \Rightarrow P_2 = -0.20\%$$

### ✓ Calcul des tangentes

$$T = \frac{R}{2} \times (|P_1| + |P_2|) \Rightarrow T = 102.50 \text{ m}$$

### ✓ Calcul de la bissectrice (flèche) B<sub>x</sub>

$$B_x = \frac{T^2}{(2 \times R)} \Rightarrow B_x = 0.105 \text{ m}$$

✓ **Calcul des coordonnées des points de tangentes**

$$B \begin{cases} X_B = X_S - T = 2389.91 - 102.50 = 2287.41 \text{ m} \\ Z_B = Z_S - T \times |P_1| = 13.504 - (102.50 \times 0.0021) = 13.289 \text{ m} \end{cases}$$

⇒ **B(2287.41 , 13.289)**

$$C \begin{cases} X_C = X_S + T = 2389.91 + 102.50 = 2492.41 \text{ m} \\ Z_C = Z_S - T \times |P_2| = 13.504 - (102.50 \times 0.002) = 13.299 \text{ m} \end{cases}$$

⇒ **C(2492.41 , 13.299)**

✓ **Calcul de la longueur de raccordement**

$$L=2 \times T \Rightarrow L=205 \text{ m}$$

✓ **Calcul des coordonnées du point J**

$$\begin{cases} X_{J/A} = R \times P_1 = 105 \text{ m} \\ Z_{J/A} = X_{J/A} \times P_1 - \frac{(X_{J/A})^2}{2 \times R} = 0.110 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_j = X_B + X_{J/A} \Rightarrow X_j = 2392.41 \text{ m} \\ Z_j = Z_B - Z_{J/A} \Rightarrow Z_j = 13.179 \text{ m} \end{cases}$$

⇒ **J(2392,41; 13,179)**

**Remarque :**

*Les calculs complets de l'axe du profil en long sont faits à l'aide du logiciel **AUTOCAD CIVIL 3D 2011** et sont joints dans les annexes.*

# COORDINATION ENTRE LE TRACÉ EN PLAN ET LE PROFIL EN LONG

La coordination du tracé en plan et du profil en long doit faire l'objet d'une étude d'ensemble afin d'assurer une bonne insertion dans le site.

Outre les objectifs d'intégration dans le site, cette coordination vise également en termes de sécurité à assurer pour l'utilisateur :

- la perception des points singuliers de l'itinéraire.
- la prévision anticipée des évolutions du tracé.
- l'appréciation de l'adaptation au terrain sans être abusé par des trompe-l'œil ou gêné par des brisures ou des discontinuités.

Pour cette approche, il est nécessaire d'utiliser des perspectives qui permettent une synthèse entre les deux éléments en deux dimensions. Les outils informatiques actuels incluent généralement cette fonctionnalité.

L'expérience acquise dans ce domaine permet d'édicter quelques règles simples à respecter :

- Associer un profil en long concave, même légèrement, à un alignement droit en plan ou un à une courbe de très grand rayon.
- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, en essayant de respecter la proportion **R vertical > 6R horizontal**, pour éviter un défaut d'inflexion.
- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de surcoût sensible.
- Éviter qu'un début de courbe faible (< 300m) se situe en point haut de profil en long car cela entraîne une dégradation de la perception du virage
- Éviter de positionner des carrefours ou accès en point haut, courbes ou zone de visibilité réduite (éventuellement côté externe des courbes non déversées après vérification des conditions de visibilité).

# PROFIL EN TRAVERS

## 9.1 INTRODUCTION

Après les études du tracé en situation et du tracé en élévation qui recherchaient essentiellement l'évolution de l'axe de la route, il s'agit maintenant de définir le 3<sup>ème</sup> élément d'un projet routier : le profil en travers.

Le profil en travers d'une route c'est la coupe transversale de la chaussée et de ses dépendances.

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « profil en travers type » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, ...etc.).

Les profils en travers permettent de calculer les paramètres suivants :

- La position des points théoriques d'entrée en terre des terrassements.
- L'assiette du projet et son emprise sur le terrain naturel.
- Les cubatures (volumes de déblais et de remblais).

## 9.2 TYPES DE PROFILS EN TRAVERS

Il existe trois types de profils en travers : Les profils en remblai, en déblai ou bien les profils mixtes.

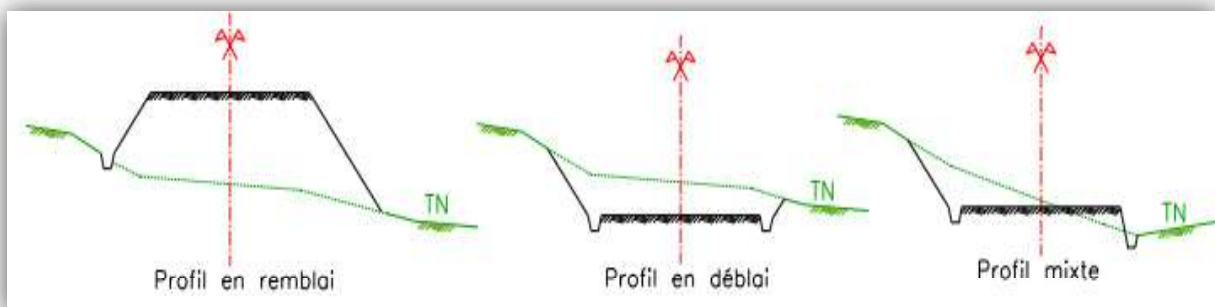


Fig. 9.1 Différents types de profil en travers

### 9.3 LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERSE

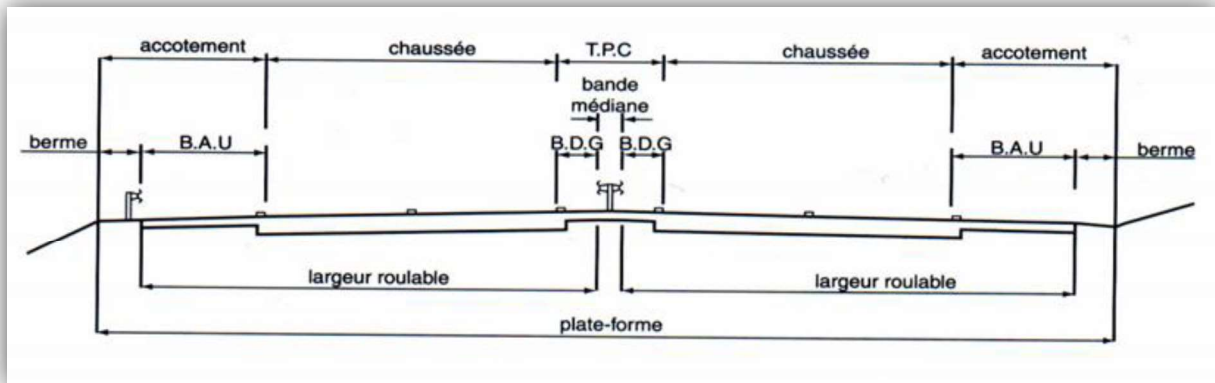


Fig. 9.2 Les éléments du profil en travers

#### 9.3.1 La chaussée

D'après l'étude du trafic (**chapitre 05**), nous avons trouvé pour notre projet deux chaussées différentes en tenant compte du nombre de voies (2x3voies avant et 2x4voies après l'échangeur de Sig).

Tab. 9.1 Nombre de voies dans chaque tranchant

Chemin de Wilaya 21 vers Echangeur RN 97	Echangeur RN 97 vers Fin de projet (Oued TAKRARA)
Chaussée de 2×3 voies large de 3,50 m	Chaussée de 2×4 voies larges de 3,50 m

#### 9.3.2 Terre-plein central (T.P.C)

Le terre-plein central a pour fonctions la séparation physique de deux sens de circulation, d'éviter les mouvements de traversée des véhicules et les mouvements de tourne-à-gauche vers les accès éventuels, l'implantation de signalisation ...etc.

Ses caractéristiques dépendent essentiellement du milieu traversé, des fonctions de la route et de la limitation de vitesse.

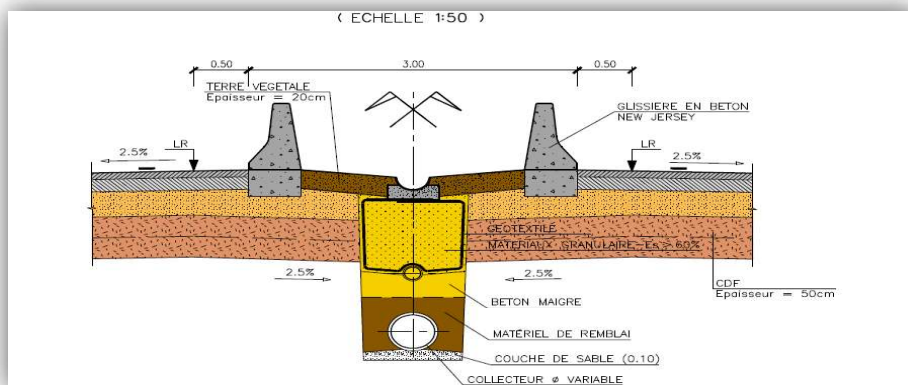


Fig. 9.3 Détail du terre-plein central (TPC)



**a. Bande dérasée gauche (B.D.G)**

Elle est destinée à permettre de légers écarts de trajectoire et à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité. Elle contribue dans les courbes à gauche au respect des règles de visibilité. Elle est dégagée de tout obstacle, revêtue et se raccorde à la chaussée sans dénivellation.

Sa largeur est de **1,00 m.** (Source ICTAVRI)

**b. Bande médiane (B.M)**

Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, à implanter certains équipements (barrières de sécurité, supports de signalisation, ouvrages de collecte et d'évacuation des eaux) et d'éventuelles piles d'ouvrages. Sa largeur dépend, pour le minimum, des éléments qui y sont implantés. (Source ICTAVRI)

Sa largeur dépend, pour le minimum, des éléments qui y sont implantés.

Si elle est inférieure ou égale à **3 m**, elle est stabilisée et revêtue pour en faciliter l'entretien.

### 9.3.3 Accotement

L'accotement comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) revêtue et bordée à l'extérieur d'une berme.

**a. La zone de sécurité**

La largeur de la zone de sécurité est, à compter du bord de la chaussée, de 8,50 m En déblai, la zone de sécurité ne s'étend pas au-delà d'une hauteur de 3 m.

Dans la zone de sécurité, doit être isolé (sinon exclu), tout dispositif agressif tel :

- ✓ obstacle : arbre, poteau, maçonnerie, support de signalisation directionnelle, paroi rocheuse, appui d'ouvrage d'art...
- ✓ Caniveau non couvert.
- ✓ Fossé dépassant 50 cm de profondeur, sauf fossé de pente inférieure à 25%.
- ✓ Talus de déblai ou un merlon dont la pente dépasse 70%.
- ✓ Remblai de plus de 4 m de haut, dont la pente dépasse 25%, ou de plus de 1 m en cas de dénivellation brutale. (Source ICTAVRI)

**b. La bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)**

La **B.A.U** facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, la récupération d'un véhicule déviant de sa trajectoire, l'évitement d'un obstacle sur la chaussée, l'intervention des services de secours, d'entretien et d'exploitation.

Elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée d'une surlargeur de chaussée qui porte le marquage en rive, puis d'une partie dégagée de tout obstacle, revêtue et apte à accueillir un véhicule lourd en stationnement. Aucune dénivellation ne doit exister entre la chaussée et la B.A.U. (Source ICTAVRI)

Sa largeur lorsque le trafic poids lourd excède 2 000 v/j (deux sens confondus) est :

$$L_{(B.A.U)} = 2.5 \text{ m.}$$

### c. La berme

Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisation verticale...). Sa largeur qui dépend surtout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place est de **1,00 m** minimum. La berme extérieure présente une pente transversale de 8% qui peut être portée jusqu'à 25% dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement. (Source ICTAVRI)

## 9.4 PROFILS EN TRAVERS AU DROIT DES OUVRAGES D'ART

Au droit de tout ouvrage d'art courant, les voies de circulation, les B.A.U et les bandes dérasées conservent la même largeur qu'en section courante.

Pour un passage supérieur, le choix du type d'ouvrage (nombre, position et largeur des piles) nécessite d'en intégrer les conséquences quant aux éléments du profil en travers. Par ailleurs, l'ouvrage doit dégager une hauteur libre de 5,75 m au minimum en tout point de la largeur rouable de l'autoroute.

En outre, une revanche – habituellement de 0,10 m – est réservée pour permettre un rechargement ultérieur de la chaussée. La hauteur libre d'une structure légère (passerelle piétons, portique de signalisation...) est majorée de 0,50 m. (Source ICTAVRI)

Pour notre projet, nous avons implanté une hauteur libre de 5,75 m en tout point de la largeur rouable de l'autoroute.

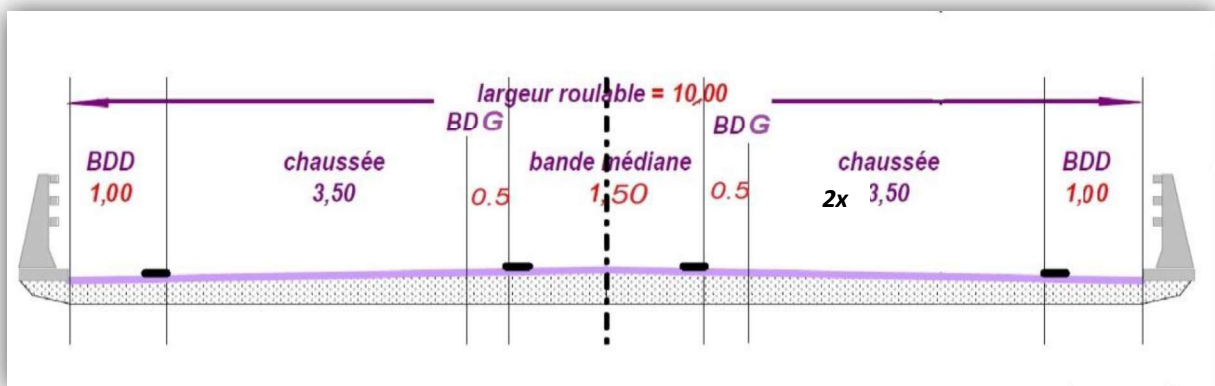


Fig. 9.4 Les éléments du profil en traves au droit des ouvrages d'art courants (source ICTAVRI)

## 9.5 PENTES TRANSVERSALES

### 9.4.1 Valeurs du dévers

- ✓ En alignement et en courbe non déversée, la pente transversale d'une chaussée est de 2,5 vers l'extérieur.
- ✓ Les courbes de rayon inférieur à  $R_{nd}$  sont déversées vers l'intérieur de la courbe. La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de  $1/R$ , entre 2,5% pour  $R_{nd}$  et 7% pour  $R_m$ .

La berme extérieure présente une pente transversale de 8% qui peut être portée jusqu'à 25% dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement. (Source ICTAVRI)

### 9.4.2 Changement du dévers

La variation du dévers est habituellement linéaire le long du raccordement progressif.

#### a. Point de rotation des dévers

Le point de rotation des dévers se situe habituellement sur l'axe de la plate-forme.

#### b. Evacuation des eaux de ruissellement

Lorsqu'il est nécessaire d'introduire un changement de dévers, la longueur de la chaussée sur laquelle règnent les dévers compris entre -1% et +1% est déterminée de manière à ne compromettre ni l'écoulement des eaux de ruissellement, ni l'aspect du tracé.

Dans la zone de basculement du dévers, l'évacuation des eaux de ruissellement sur la chaussée requiert une pente résultante de 0,5% en tout point de la chaussée.

En courbe déversée, le T.P.C. est équipé de façon à évacuer les eaux de ruissellement de la chaussée extérieure. (Source ICTAVRI)

## 9.6 PROFIL EN TRAVERS TYPE POUR LE PROJET

Tab 9.2 profil en travers type proposé

<b>Chemin de Wilaya 21 vers Echangeur RN 97</b>			
<b>Description</b>	<b>Largeur (m)</b>	<b>nombre</b>	<b>largeur total(m)</b>
<b>Voie de circulation 2x3</b>	<b>3.5</b>	<b>6</b>	<b>21.0</b>
<b>Terre-plein central (T.P.C) :</b>	<b>5.0</b>	<b>1</b>	<b>5.0</b>
- Bande dérasée gauche (B.D.G)	1.0	2	2.0
- Bande médiane (B.M)	3.0	1	3.0
<b>Accotement :</b>	<b>4.0</b>	<b>2</b>	<b>7.0</b>
- Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	2.5	2	5.0
- La berme	1.0	2	2.0
<b>Totale</b>	<b>33.00</b>		
<b>Echangeur RN 97 vers Fin de projet (Oued TAKRARA)</b>			
<b>Voie de circulation 2x4</b>	<b>3.5</b>	<b>8</b>	<b>28.0</b>
<b>Terre-plein central (T.P.C) :</b>	<b>5.0</b>	<b>1</b>	<b>5.0</b>
- Bande dérasée de gauche (B.D.G)	1.0	2	2.0
- Bande médiane (B.M)	3.0	1	3.0
<b>Accotement :</b>	<b>4.0</b>	<b>2</b>	<b>7.0</b>
- Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	2.5	2	5.0
- La berme	1.0	2	2.0
<b>Totale</b>	<b>40.00</b>		
Zone de sécurité à l'extérieur des voies de circulation	6	2	<b>12.0</b>
<b>Dévers en section droite</b>			
Chaussée	2,5 % vers l'extérieur.		
Bande dérasée de gauche (B.D.G)	Identique à celle de la chaussée.		
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	4 % vers l'extérieur.		
Berme extérieure	8% vers l'extérieur.		
<b>Dévers en courbe</b>			
Chaussée	2,5 %		
Bande dérasée de gauche (B.D.G)	Identique à celle de la chaussée.		
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	4 % vers l'extérieur.		

# CALCUL DE CUBATURE

## 10.1 GENERALITES

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais et remblais que comporte le projet afin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne projet.

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

- ✓ Les profils en long.
- ✓ Les profils en travers.
- ✓ Les distances entre les profils.

## 10.2 LES METHODES DU CALCUL

Il existe plusieurs méthodes de calcul des volumes remblai-déblai, parmi lesquelles nous citerons :

- ✓ La méthode de la moyenne des aires (méthode par excès).
- ✓ La méthode de l'aire moyenne : (méthode par défaut).
- ✓ La méthode de la longueur applicable.
- ✓ La méthode approchée.

La méthode que nous allons utiliser est celle de la moyenne des aires, c'est une méthode simple et rapide, mais elle présente un inconvénient de donner des résultats avec une marge d'erreurs. Pour être en sécurité, on prévoit une majoration des résultats.

### 10.3 DESCRIPTION DE LA METHODE

Le principe de la méthode de la moyenne des aires est de calculer le volume compris entre deux profils successifs par la formule suivante :

$$V = \frac{H_m}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_m)$$

$H_m$  : hauteur moyenne entre deux profils.

$S_m$  : surface limitée à mi- distances des profils.

$S_1$  : surface de profil en travers P1.

$S_2$  : surface de profil en travers P2.

Les figures ci dessous représentent les données du calcul d'un tracé donné :

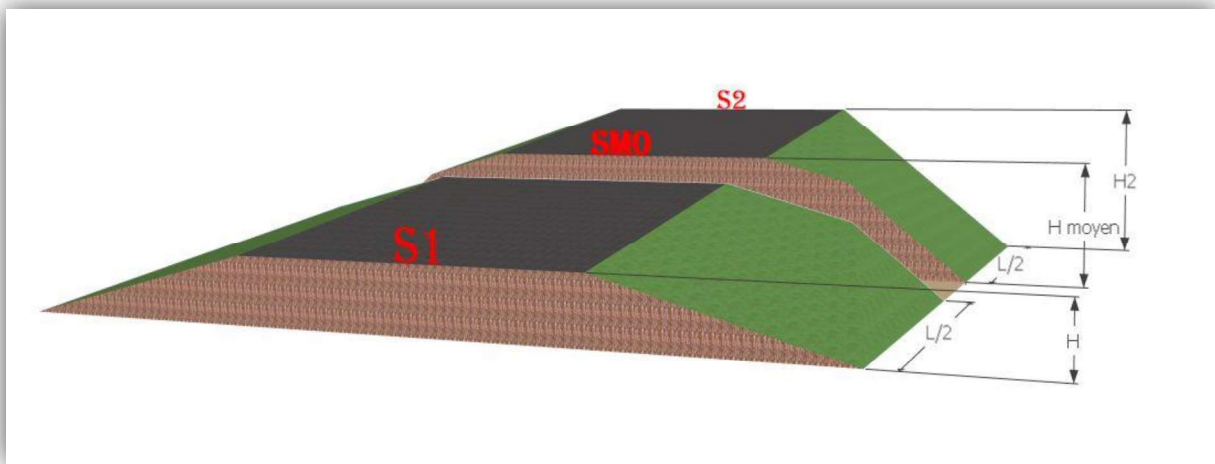


Fig.10.1 Les sections des profils en travers d'un tracé donné

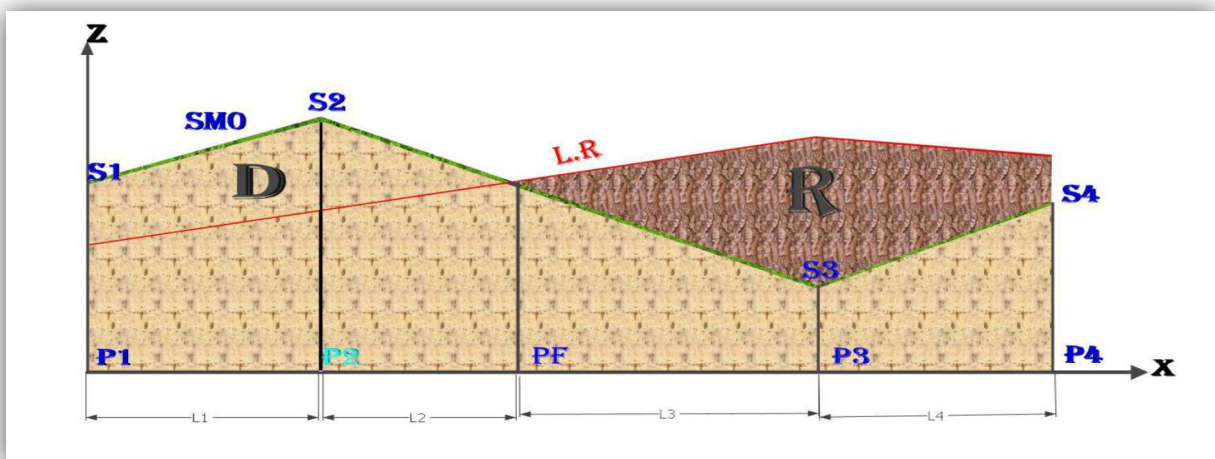


Fig.10.2 Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné

## 10.4 EXEMPLE D'APPLICATION

Le volume compris entre deux profils en travers  $P_i$  et  $P_{i+1}$  de section  $S_i$ ,  $S_{i+1}$  égale à :

$$V_i = \frac{L_i}{6} \times (S_i + S_{i+1} + 4S_m)$$

Pour un calcul plus simple, on considère que :  $S_m = \frac{S_i + S_{i+1}}{2}$

Donc :

- ✓ Entre  $P_1$  et  $P_2$  :  $V_1 = L_1 \times \left(\frac{S_1 + S_2}{2}\right)$
- ✓ Entre  $P_2$  et  $P_F$  :  $V_2 = L_2 \times \left(\frac{S_2 + 0}{2}\right)$
- ✓ Entre  $P_F$  et  $P_3$  :  $V_3 = L_3 \times \left(\frac{0 + S_3}{2}\right)$
- ✓ Entre  $P_3$  et  $P_4$  :  $V_4 = L_4 \times \left(\frac{S_3 + S_4}{2}\right)$

Le volume total :  $V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$

$$V = \left(\frac{L_1}{2}\right) \times S_1 + \left(\frac{L_1 + L_2}{2}\right) \times S_2 + \left(\frac{L_3 + L_4}{2}\right) \times S_3 + \left(\frac{L_4}{2}\right) \times S_4$$

## 10.5 CALCUL DES CUBATURES DE PROJET

*Pour notre projet, le calcul des cubatures a été effectué à l'aide de logiciel **AutoCAD Civil 3d 2011**, et les résultats complets de calcul sont joints en **annexe**.*

# ASSAINISSEMENT

## 11.1 INTRODUCTION

« **L'autoroute vaut ce que vaut son assainissement** », en effet sous toutes leurs formes, météorologiques ou superficielles, les phénomènes de ruissellement constituent une des causes premières des dégradations rencontrées sur la chaussée.

L'assainissement routier se divise en deux principaux volets; le premier concerne le drainage des eaux de la plateforme autoroutière; le deuxième concerne le rétablissement des écoulements naturels des bassins versants interceptés par l'infrastructure autoroutière :

✓ L'assainissement de la plateforme autoroutière consiste à drainer les eaux hors de celle-ci et les évacuer dans les meilleures conditions de sécurité pour les usagers grâce à un ensemble d'ouvrages formant le réseau.

✓ Le rétablissement des écoulements naturels consiste à assurer la continuité de l'écoulement vers l'aval des eaux des bassins versants naturels franchis par l'infrastructure à travers des ouvrages suffisamment dimensionnés.

## 11.2 ZONE DE L'ETUDE – GENERALITES

### 11.2.1 Contexte géographique

La région de projet est, dans son ensemble, caractérisée :

- ✓ au nord, par le Parc National de la Macta.
- ✓ à l'ouest, par la forêt de Moulay Ismaïl.
- ✓ au sud, par la plaine agricole de l'Habra, la RN4, la voie ferrée et la ville de Sig.
- ✓ à l'est, par les reliefs d'EL Ghomri.

La zone parcourue par le corridor du tracé de l'autoroute est en grande partie à vocation agricole et essentiellement à l'intérieur de la plaine de la Macta. Cette plaine forme une vaste dépression inondable, délimitée par les Monts de Beni Chougran, au sud – est, les Monts d'Ouled Ali, au sud – ouest, le Plateau de Mostaganem, à l'est et le Plateau d'Oran, à l'ouest.



### 11.2.2 Caractéristiques physiques des zones d'étude

Sur le Plateau d'Oran, se forme le Sebkhia d'Arzew ainsi qu'une chaîne de montagnes surplombantes, à 340 mètres d'altitude, le Djebel El Djir.

La plaine de la Macta parcourue par le tracé de l'autoroute est à vocation agricole, à relief relativement plat dépassant rarement une altitude de 25 mètres. Son occupation est caractérisée par un habitat rural aggloméré formant des douars et par un habitat épars par endroits. L'ensemble des paysages est typique des grandes zones agricoles du Nord de l'Algérie. Cette région est constituée d'agrumes, d'oliviers, d'orangeries et de cultures maraîchères.

La portion plus au sud et à l'ouest de la plaine de la Macta, le long des Monts de Beni Chougran et Ouled Ali, est d'avantage surélevée par rapport au reste. Les altitudes peuvent atteindre une cote de 25 à 60 mètres.

Plus au nord, le relief de la plaine se trouve généralement à une altitude inférieure à 20 mètres ou même à 10 mètres par endroit. Cette partie basse de la plaine est mal – drainée et sujette à des inondations durant les périodes pluvieuses. Les parties non aménagées de la plaine sont occupées par des steppes à halipèdes et par des marais.

### 11.2.3 Réseau hydrographique

La portion la plus au sud et à l'ouest constitue la partie haute de la plaine et est traversée par plusieurs oueds provenant des montagnes dont les principaux sont : **Takrara** et **Sig**.

En plus de ces oueds importants, les chevelus hydrographiques sont formés de plusieurs cours d'eau secondaires localement appelés chabets. Tous les oueds et chabets prennent leur source dans les montagnes dénudées de Beni Chougran et Ouled Ali et se déversent dans la plaine de la Macta. Leur régime d'écoulement est intermittent et caractérisé par des crues violentes, pouvant charrier des matériaux grossiers.

Tel qu'évoqué précédemment, le relief de la région traversée par le corridor de l'autoroute est relativement plat.

La plaine de la Macta se comporte comme une vaste étendue marécageuse, parfois dénommée le réservoir de la Macta, qui se déverse dans la Méditerranée.

### 11.2.4 Climatologie

La zone du projet, est située dans les régions climatiques du Nord de l'Algérie correspondant au régime de la zone littorale.

Le climat se caractérise par deux périodes distinctes : une période froide d'hiver, d'octobre à avril, dont les masses d'air humide, par effet orographique de l'Atlas, provoquent des précipitations cycloniques exceptionnelles et une période chaude d'été, de mai à septembre où l'air continental localisé sur le massif tellien entraîne un temps stable et sec.

Tel que montré par le réseau des isohyètes interannuelles établi par l'ANRH (Fig.11.1) la pluviométrie annuelle est très irrégulière. La répartition moyenne annuelle montre une croissance maximale de la précipitation entre décembre et janvier et la décroissance minimale entre juillet et août.

Les valeurs des averses maximales journalières évaluées selon les résultats d'étude du barrage de Bou-Hanifia sont récapitulées comme suit :

Tab.11.1 Pluie maximum journalière (millimètre)

Station	Décennale (1/10 ans)	Centennale (1/100 ans)
Mascara	115	165
Fergoug	80	120
Moyenne	97,5	142,5

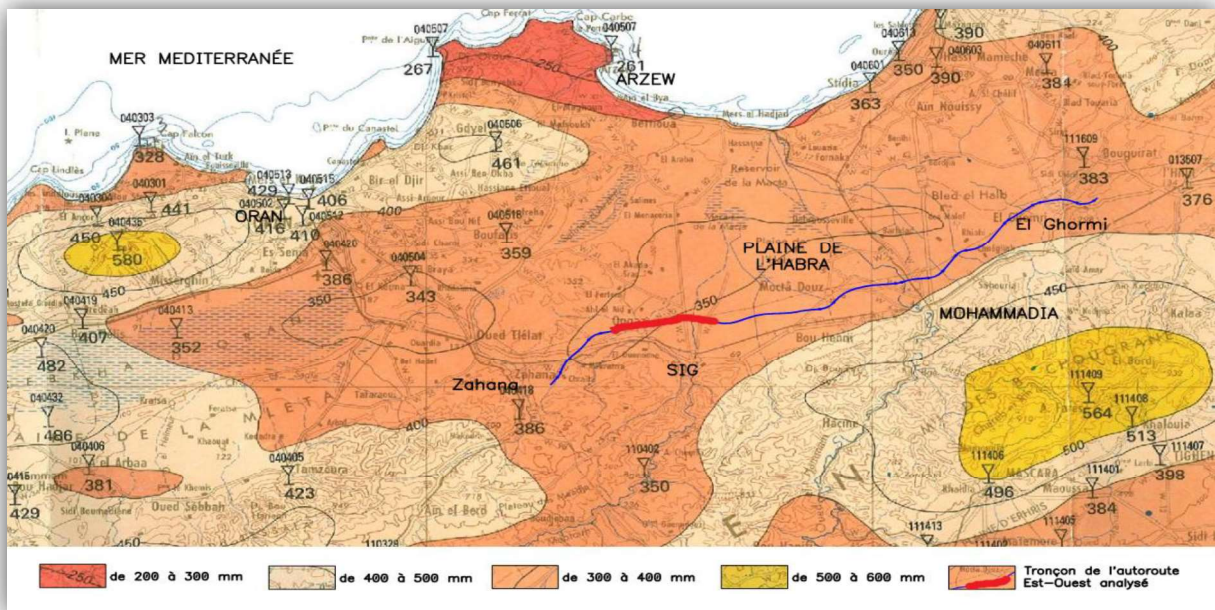


Fig. 11.1 Le réseau des isohyètes interannuelles (source ANRH)

### 11.2.5 Hydrologie

L'altitude et l'orientation des chaînes montagneuses à l'endroit des vents dominants exercent une grande influence sur les précipitations et leur répartition spatiale. Compte tenu du fait que la pluviométrie annuelle est très variable et relativement faible, inférieure à 500 millimètres par an, la plupart des oueds traversés par l'autoroute ont un régime d'écoulement intermittent. L'oued le plus important rencontré dans la zone d'étude est le Sig. Cet oued se déverse dans la plaine de la Macta et en constitue le principal apport pendant la saison humide. La plaine délimitée à l'ouest par cet oued et au sud par la route nationale 4 est, en elle-même, inondable. Enfin, on peut souligner que dans la zone inondable, les nappes phréatiques qui affleurent par endroits, sont caractérisées par la présence d'eau saumâtre. Le choix des matériaux de construction des ouvrages hydrauliques devra tenir compte des contraintes de la concentration en sels.

## 11.3 LE RETABLISSEMENT DES ECOULEMENTS NATURELS

### 11.3.1 Identification des bassins versants naturels

L'identification des bassins versants naturels interceptés par l'infrastructure linéaire a été effectuée par une délimitation approximative des limites des bassins versants sur la carte d'état major.

### 11.3.2 Calcul du débit de projet

Pour le rétablissement des écoulements naturels, le débit de projet est calculé pour un temps de retour de 100 ans, conformément à la recommandation pour l'assainissement routier. L'évaluation du débit de projet est effectuée à partir des formules couramment utilisées en hydrologie, parmi lesquelles on cite : la méthode rationnelle, la méthode de Caquot... Puisque il est rare que l'on dispose pour les petits bassins versants de relevés hygrométriques exploitables, la méthode rationnelle est la plus connue et la plus utilisée. Cette méthode est semi-empirique suppose une uniformité de la pluie et une homogénéité du bassin versant. Elle fournit le débit de pointe en fonction de précipitation, de la superficie du bassin versant et d'un coefficient de ruissellement.

### 11.3.3 Dimensionnement de l'ouvrage de franchissement

Le dimensionnement de l'ouvrage de franchissement doit respecter les règles suivantes :

- ✓ L'ouvrage hydraulique ne doit pas fonctionner en charge.
- ✓ La hauteur de remplissage de l'ouvrage est au maximum égale à 80% de sa hauteur.
- ✓ L'ouvrage est calé de manière à obtenir un remous amont acceptable par rapport à la situation initiale, et à éviter des vitesses excessives en aval susceptibles de provoquer des désordres en sortie de l'ouvrage.
- ✓ Les dérivations provisoires doivent avoir les mêmes caractéristiques que le cours d'eau rétabli.

**Note :** Dans ce chapitre on va traiter un seul exemple de calcul d'assainissement, pour les autres calculs, les résultats seront mentionnés dans un tableau général à la fin du ce présent chapitre.

## 11.4 LE RESEAU DE LA PLATEFORME (Exemple du calcul)

### 11.4.1 L'estimation du débit de pointe

#### a. Hypothèses du calcul

- ✓ La période de retour pour le dimensionnement du réseau d'assainissement de la plateforme est égale à 10 ans.
- ✓ L'intensité des averses est uniforme dans le temps et dans l'espace.
- ✓ La durée est égale au temps de concentration du bassin.
- ✓ Les bassins versants sont de petites superficies (inférieurs à 5 km<sup>2</sup>).
- ✓ La section transversale des fossés est de forme trapézoïdale (la plus utilisée en Algérie).

Le calcul se fait par la **méthode rationnelle** dont la formule s'écrit :

$$Q_a = K \times C \times I_t \times A \quad \dots (11.1)$$

- ✓  $Q_a$  en (m<sup>3</sup>/s) : Débit de pointe de crue.
- ✓  $K$  : Coefficient de conversion des unités  $K = 1000/3600 = 0.278$ .
- ✓  $C$  : Coefficient de ruissellement.
- ✓  $I_t$  en (mm/h) : Intensité moyenne de l'averse décennale.
- ✓  $A$  en (km<sup>2</sup>) : Superficie du bassin versant.

#### b. Données du projet

On cherche à dimensionner un fossé en béton de longueur  $L=250$  m, de pente  $I=0.5\%$ , de coefficient de rugosité de  $n=0.015$ .

Les caractéristiques des sous bassins versants concernées sont les suivantes :

Tab. 11.2 Les données des sous bassins versants

S.B.V	Largeur(m)	Pente(%)
Chaussée	15	2.5
B.A.U	2.5	4
Berme	1.5	8
Talus de remblai	3.0	66.67
B.V naturel	50	0.4

#### c. Calcul des coefficients

##### c.1. L'intensité moyenne ( $I_t$ )

Les données des averses décennales (10 ans) de courte durée relatives à la zone d'étude ne sont pas disponibles.

Une analyse de synthèse effectuée par l'ANRH a montré que, pour la région littorale, l'intensité des averses décennales pour une durée d'une heure est de **35 mm/h**.

La relation «intensité – durée – fréquence» permettant de calculer l'intensité des pluies inférieures d'une heure, se met sous la forme :

$$I_t = I_1 \times (T_c)^{b-1} \quad \dots (11.2)$$

- ✓  $I_t$  : intensité de la pluie de durée t en heure (mm/h).
- ✓  $I_1$  : intensité de la pluie de durée d'une heure de même fréquence égale à **35 mm/h**.
- ✓  $T_c$  : temps de concentration, d'après la formule de l'A.N.R.H :
 
$$T_c = 1/52 \times L^{0.77} \times I^{0.38} \quad \dots (11.3)$$

Tel que : L : longueur de point le plus éloigné.

I : la pente de bassin versant.

- ✓  $b$  : coefficient dépendant de la zone climatique égale à **0.3**

Tab. 11.3 Calcul de l'intensité

SBV	Tc (min)	I <sub>t</sub> (mm/h)
(SBV1) Chaussée	5	187
(SBV2) B.A.U	5	212
(SBV3) Berme	4	255
(SBV4) Talus du remblai	2	447
(SBV5) BV naturel	10	126

### c.2. Coefficient de ruissellement (C)

C'est le rapport du volume d'eau qui ruisselle sur une surface au volume d'eau tombe sur elle. Il dépend de la nature du sol, la forme et la pente du terrain, ainsi la couverture végétale.

Tab. 11.4 Les coefficients de ruissellements

Type de chaussée	Valeur de C
Chaussée revêtement en enrobés	0.80 à <b>0.95</b>
Talus ou pente	0.10 à <b>0.30</b>
Terrain naturel	0.05 à <b>0.20</b>

### c.3. Surface des S.B.V (A)

La surface est égale à la largeur de SBV × la longueur de fossé à dimensionner.

Tab. 11.5 Les surfaces des sous bassins versants

SBV	A(HA)
(SBV1) Chaussée	15 × 250 = <b>0,375</b>
(SBV2) B.A.U	2.5 × 250 = <b>0,063</b>
(SBV3) Berme	1.5 × 250 = <b>0,038</b>
(SBV4) Talus du remblai	3 × 250 = <b>0,075</b>
(SBV5) BV naturel	50 × 250 = <b>1,250</b>

#### d. Calcul du débit équivalent

Tab. 11.6 Le débit équivalent des bassins versants

SBV	A(HA)	C	I(%)	L(m)	Tc (min)	I <sub>t</sub> (mm/h)	Q <sub>a</sub> (m <sup>3</sup> /s)
(SBV1) Chaussée	0,375	0,95	2,5	250	5	187	0,185
(SBV2) B.A.U	0,063	0,95	4	250	5	212	0,035
(SBV3) Berme	0,038	0,20	8	250	4	255	0,005
(SBV4) Talus du remblai	0,075	0,30	66,67	250	2	447	0,028
(SBV5) BV naturel	1,250	0,20	0,6	255	10	126	0,088
<b>(SBV<sub>eq</sub>) Total</b>	<b>1,801</b>	<b>0,386</b>	<b>7,51</b>	<b>255</b>	<b>4</b>	<b>248</b>	<b>0,479</b>

#### 11.4.2 Dimensionnement du système de drainage longitudinal (les fossés)

##### a. Calcul du débit de saturation (Q<sub>s</sub>)

Pour le calcul de ce débit on utilise la formule de «MANNING STRICKLER» :

$$Q_s = \frac{1}{n} \times I^{1/2} \times R^{2/3} \times S \quad \dots (11.4)$$

- ✓ **n** : coefficient de Manning, (pris égal à 0.015).
- ✓ **I** : pente de l'ouvrage d'évacuation.
- ✓ **R** (m): rayon hydraulique = section mouillée / périmètre mouillé.
- ✓ **S** (m<sup>2</sup>): section mouillée.

On posant pour les fossés une section trapézoïdale (Fig.13.1), on aura :

La surface mouillée :  $S_m = \frac{h}{2}(b + b + 2h) = h(b+h)$ . ( $\alpha = 45^\circ$  alors  $e = h$ )

Le périmètre mouillé :  $P_m = b + 2\sqrt{2} h$

Le rayon hydraulique :  $R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{h(b+h)}{b+2\sqrt{2} h}$

$$Q_s = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \times S$$

$$Q_s = \frac{1}{n} \times \left[ \frac{h(b+h)}{b+2\sqrt{2} h} \right]^{2/3} \times I^{1/2} \times h \cdot (b+h)$$

$$Q_s = \frac{1}{n} \times I^{1/2} \times h^{5/3} \times \left[ \frac{(b+h)^{5/3}}{(b+2\sqrt{2} h)^{2/3}} \right]$$

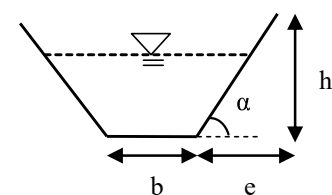


Fig.13.2 La forme du fossé

Le calcul se fait par itération et comparaison :

On a :  $I=0.5\%=0.005$ ,  $n=0.015$  on fixe le paramètre  $b$  à 0.5m, on fait varier  $h$  et on calcul à chaque fois le débit de réception qui doit être supérieur ou égal au débit d'apport.

Tab.11.7 valeurs de  $Q_s$  en fonction de (b, h).

N° cas	n	I	b (m)	h (m)	$Q_s$ (m <sup>3</sup> /s)
1	0,015	0,005	0,25	0,25	0,152
2	0,015	0,005	0,50	0,25	0,255
3	0,015	<b>0,005</b>	<b>0,50</b>	<b>0,40</b>	<b>0,620</b>

### b. Le fossé retenu

Pour les deux premiers cas le débit  $Q_s$  est inférieur au débit  $Q_a$  ( $Q_a = 0,479 \text{ m}^3/\text{s}$ ), mais pour le troisième cas  $Q_s$  est sensiblement supérieur à  $Q_a$ , donc la conception retenue soit un fossé de section trapézoïdale (Fig.11.3) tel que :

- ✓ Le talus de 1/1 ( $\alpha=45^\circ$ ).
- ✓ La largeur au fond  $b = 0.5 \text{ m}$ .
- ✓ La hauteur  $h = 0.5 \text{ m}$ .

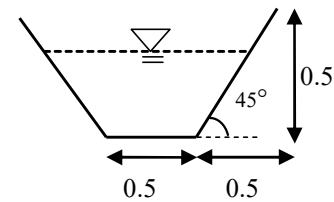


Fig.11.3 Le fossé retenu

La hauteur est prise égale à **0.5 m** pour vérifier la condition de remplissage à 80%.

### 11.4.3 Dimensionnement du système de drainage transversal (les buses)

Pour dimensionner les buses :

- ✓ On égalise le débit  $Q$  à :  $Q_a = 0,479 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- ✓ On pose  $I = 2\%$ ,  $n = 0.015$ .

Et une fois le diamètre est calculé, on adoptera un diamètre normalisé commercial tel : Ø400, Ø500, Ø800, Ø1000, Ø1200, Ø1500 ... etc.

$$S_m = \pi \times \frac{D^2}{4}$$

$$P_m = \pi \times D$$

$$R = \frac{S_m}{P_m} = \frac{\pi \times \frac{D^2}{4}}{\pi \times D} = \frac{D}{4}$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot I^{1/2} \cdot R^{2/3} \cdot S \quad \Rightarrow \quad D = 2 \left[ \frac{Q \times n \times 2^{2/3}}{\pi \times I^{1/2}} \right]^{3/8}$$

$$D = 2 \left[ \frac{0,479 \times 0,015 \times 2^{2/3}}{\pi \times (0,02)^{1/2}} \right]^{3/8} = 0,506 \text{ m.}$$

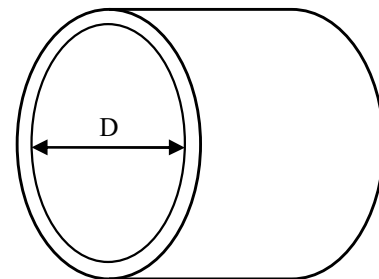


Fig.11.4 La forme de buse

Alors on adopte une buse de **Ø=800 mm**.

## 11.5 TABLEAU RECAPITULATIF DES DALOTS ET BUSES

Les résultats calculés dans le cadre de notre projet sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tab. 11.8 Tableau récapitulatif des dalots et buses

OUVRAGE HYDRAULIQUE	PK	DIMENSIONS
<b>Buses</b>	42+484	Ø=800 mm
	43+400	Ø=1000 mm
	44+000	Ø=1000 mm
	45+344	Ø=1000 mm
	45+800	Ø=1200 mm
	46+900	Ø=1200 mm
	47+790	Ø=1000 mm
	48+686	Ø=800mm
	49+402	Ø=800 mm
<b>Dalots</b>	45+925	L=4m, h=2.1
	47+386	L=3m, h=2.5
	45+530	L=4m, h=2.5
<b>Ouvrage sur oued</b>	42+750	L=60m
	49+580	L=30m



## ETUDE DE L'ECHANGEUR «RN97-SIG»

### 12.1 DEFINITION DE L'ECHANGEUR

L'échangeur est un ouvrage à croisement étagé « niveaux différents » ou un carrefour dénivelé entre deux routes, avec raccordement de circulation entre les voies qui se croisent.

Les croisements à niveau sont éliminés complètement aux conflits de virage, ils sont supprimés ou minimisés selon le type d'échangeur à préconiser. On les désignera par :

- ✓ **Nœud** : quand il raccorde une voie rapide à une autre voie rapide.
- ✓ **Diffuseur** : quand il raccorde une voie rapide au réseau de voies urbain classique.
- ✓ **Mixte** : quand il assure en plans des échanges avec voirie locale.

Notre échangeur s'agit d'un **diffuseur** reliant l'**Autoroute Est-Ouest** à la **RN 97**.

### 12.2 BUT DE L'ECHANGEUR «RN 97-SIG»

Cet échangeur assure la liaison de l'AEO avec la ville de Sig, via la route nationale 97. Il dessert également le trafic de Mascara, ville située au sud, ayant accès par les routes nationales 4 et 6.

Les mouvements principaux de circulation dans cet échangeur sont dans le corridor Oran-Sig-Mascara, dans les deux directions, ainsi que le corridor Sig-Relizane, dans les deux directions. Les autres mouvements sont secondaires mais également assuré dans l'aménagement, d'où la conception finale s'agit d'un diffuseur à quatre(4) bretelles (Fig. 7.1).

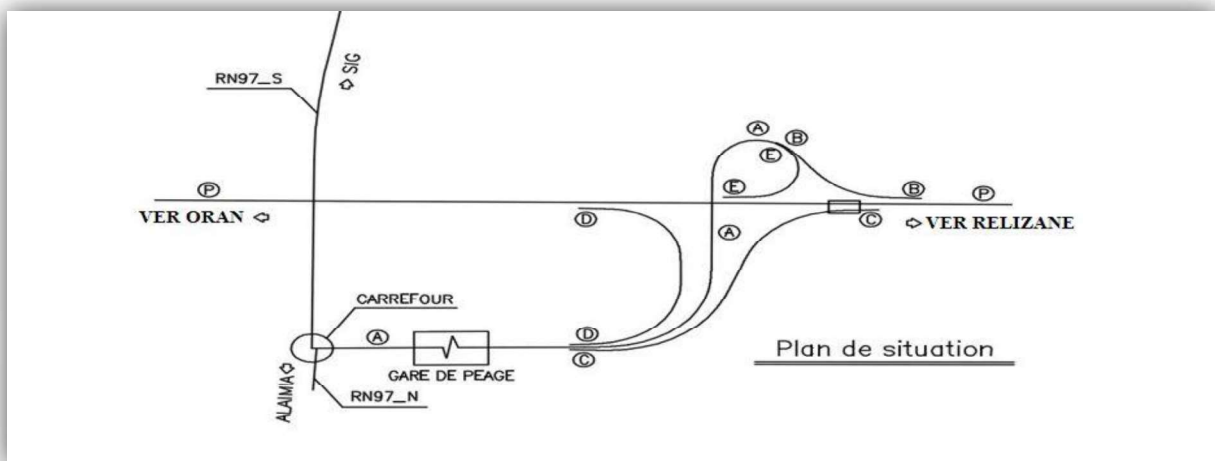


Fig. 12.1 Plan de situation de l'échangeur

### 12.3 ÉLÉMENTS DE L'ÉCHANGEUR

Tout échangeur quelque soit son importance, sa classe ou sa forme, est constitué d'un assemblage de trois éléments qui sont :

- ✓ L'ouvrage d'art (pont)
- ✓ Les carrefour (s) plan (s).
- ✓ Les bretelles.

### 12.4 VITESSE DE REFERENCE

La vitesse de référence de notre projet est de **120** kilomètres par heure, pour cela nous recommandons une vitesse de référence de **50** kilomètres par heure pour les bretelles.

Une vitesse de conception élevée dans les bretelles augmente la fluidité de la circulation dans l'échangeur mais augmente aussi les coûts de construction et nécessite une superficie supérieure pour implanter l'échangeur (rayons plus longs). Par contre, les utilisateurs de l'autoroute qui circulent à des vitesses supérieures à 120Km/h peuvent trouver inconfortable une décélération prononcée jusqu'à une vitesse basse de 50km/h dans les bretelles.

### 12.5 CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES BRETELLES

D'après l'ICTAAL 2000 les bretelles des diffuseurs, généralement, sont à **1** ou **2** voies.

#### 12.5.1 Tracé en plan d'une bretelle

##### a. Valeurs limites des rayons

Tab. 12.1 Valeurs limites des rayons du tracé en plan

Rayon	symbole	1 voie sortie	1 voie boucle
Rayon minimal	$R_m$ (m)	40(7%) et 100(le premier rayon rencontré)	40 (7%)
Rayon minimal non déversé	$R_{nd}$ (m)	300	/
Rayon maximal dans la boucle (m)	$R_{0_{max}}$ (m)	/	60
Dévers entre $R_{nd}$ et $R_m$	d (m)	$d = (675/R) + 0.25$ entre 300 et 100	/

**Note :** Dans une courbe de rayon inférieur à **100 m**, une surlargeur de  $L^2/2R$  par voie est à introduire à l'intérieur de la courbe.

## b. Enchaînement des éléments du tracé en plan

✓ Une boucle comporte un arc circulaire unique encadré par des arcs de clothoïdes.

✓ Deux courbes successives de sens contraire doivent satisfaire à la condition :

$R_1 \leq 2R_2$ , où  $R_1$  et  $R_2$  notent les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrées dans le sens de circulation sauf si  $R_1 > 1.5R_{nd}$  et si  $R_1 > R_2$ .

✓ Deux courbes successives de même sens doivent être séparées par un alignement droit de longueur correspondant à **3s** à la vitesse autorisée hors clothoïdes.

Tab. 12.2 Enchaînement des éléments du tracé en plan

Les éléments du tracé	$R_1 < R_2$	$R_1 > R_2$
Courbes de même sens	- AD 3s - Ove $L=7(d_2-d_1)$ - Courbe en C	AD 3s $R_1 < 2R_2$
Courbe de sens contraire	Courbe en S	$R_1 < 2R_2$ Courbe en S

## c. Raccordement progressif

Pour les bretelles à une voie ou les branches, une courbe circulaire de rayon inférieur ou égal à  $1.5R_{nd}$  (450m) est encadrée par deux arcs de clothoïde dont la longueur est égale à la plus grande des deux valeurs :  $6R^{0.4}$  et  $7|\Delta\delta|$  ; où  $R$  note le rayon de courbure (en m), et  $\Delta\delta$  la différence des pentes transversales (en %) des éléments du tracé raccordés.

Toutefois si cette condition est trop contraignante, on pourra limiter son application aux courbes de rayon inférieur ou égal à  $R_{nd}$  (300m).

Pour les courbes à droite, c'est toujours  $6R^{0.4}$  qui est la plus grande sauf pour les rayons compris entre 40m et 65m.

Pour les courbes à gauche, pour les rayons compris entre 40m et 170m c'est  $7|\Delta\delta|$  et au-delà c'est  $6R^{0.4}$  qui est la plus grande. (Source ICTAAL 2000)

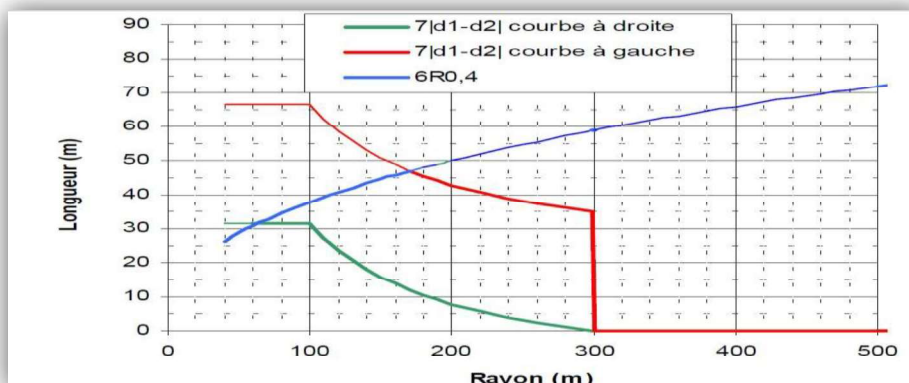


Fig. 12.2 Graphe de la longueur de clothoïde en fonction du rayon (source ICTAVRI)

### 12.5.2 Zones de décélération et d'accélération

Le raccordement d'une bretelle et de l'autoroute est réalisé en entrée par une voie d'insertion, et en sortie par une voie de décélération.

#### a. La zone de décélération

Les sorties à 1 voie c'est le cas le plus courant pour les **diffuseurs**.

Le dispositif de sortie comporte successivement :

- ✓ une section de manœuvre qui est un biseau contigu à l'autoroute, longue de 150 m jusqu'à l'endroit où le musoir de divergence atteint une largeur de 1 m ;
- ✓ une section de décélération, dont la longueur permet de passer de la vitesse conventionnelle (70 km/h, pour un rayon de la bretelle inférieur à 120 m) à la fin de la section de manœuvre, à la vitesse associée au rayon de la première courbe rencontrée, avec une décélération en palier de  $1,5 \text{ m/s}^2$ .

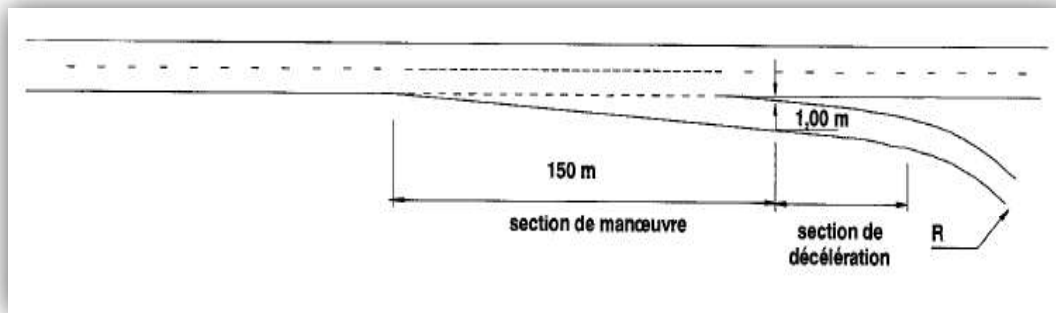


Fig. 12.3 La zone de décélération

#### b. La zone d'accélération

Le dispositif d'entrée comprend successivement :

- ✓ Une section d'accélération dont l'obliquité avec l'axe de l'autoroute est comprise entre 3 et 5 %. Sa longueur qui dépend du rayon de la dernière courbe de la bretelle, doit permettre d'atteindre au point "E = 1,00 m", la vitesse conventionnelle de 55 km/h avec une accélération en palier de  $1 \text{ m/s}^2$ .
- ✓ Une section de manœuvre adjacente à la chaussée de l'autoroute, longue de 200 m et large de 3,50 m.
- ✓ Un biseau long de 75 m.

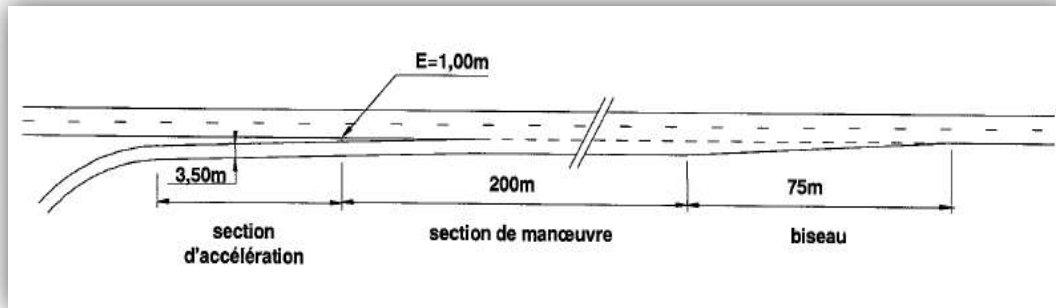


Fig. 12.4 La zone de d'accélération

### 12.5.3 Profil en long d'une bretelle

Tab. 12.3 Les valeurs limites des paramètres du profil en long

déclivité maximale	6 %
rayon minimal en angle saillant	1 500 m
rayon minimal en angle rentrant	800 m

### 12.5.4 Profil en travers d'une bretelle

#### a. Largeur des bretelles

Tab. 12.4 Largeurs des composantes du profil en travers (source ICTAAL 2000)

Chaussée	unidirectionnelle	3,50 m+S
	Bidirectionnelle	7,00 m+ S
B.D.D.		1,00 m
B.D.G.		0,50 m

Avec une sur largeur en courbe (par voie) :  $S = L^2/2R$  pour  $R < 100$  m.

#### b. Pente transversale d'une bretelle

Le profil d'une chaussée bidirectionnelle est constitué de deux versants plans raccordés sur l'axe, celui d'une chaussée unidirectionnelle d'un seul versant. Les bandes dérasées ont la même pente transversale que la voie adjacente.

Tab. 12.5 Dévers de la chaussée (source ICTAAL 2000)

Elément	Rayons (m)	Valeur du dévers
Alignement ou rayon $\geq R_{nd}$	$300 \leq R < \infty$	2.5 % orientés vers la droite
Rayon déversé $R < R_{nd}$	$100 < R < 300$	Variation en $1/R$ entre 2.5 % (R300) et 7 % (R100)
	$R \leq 100$ m	7 %

## 12.5.5 Profils en travers types des bretelles

Tab. 12.6 Bretelle unidirectionnelle à une voie (source ICTAAL 2000)

Berme	BDG	Chaussée	BDD	Berme
1.00	0.50	3.50 + S	1.00	1.00

Tab. 12.7 Bretelle bidirectionnelle à 2 voies (source ICTAAL 2000)

Berme	BDD	Chaussée	BDG	BM	BDG	Chaussée	BDD	Berme
1.00	1.00	3.50 + S	0.50	0.50	0.50	3.5.00 + S	1.00	1.00

Tab. 12.8 Bretelle bidirectionnelle à 2 x 2 voies (source ICTAAL 2000)

Berme	BDD	Chaussée	BDG	BM	BDG	Chaussée	BDD	Berme
1.00	2.00	7.00 + 2S	0.50	0.50	0.50	7.00 + 2S	2.00	1.00

## 12.6 CONDITION DE VISIBILITÉ

### 12.6.1 Visibilité sur une entrée d'autoroute

La distance de visibilité pour la voie de droite de l'autoroute doit être au moins égale à la distance d'arrêt sur l'arrière d'un véhicule entrant

**Distance d'arrêt :**  $d_a$  = distance de freinage + distance de perception/réaction

$$d_a = 2V + \frac{V^2}{2g} (\gamma(v) + p) \quad \dots (12.1)$$

- ✓ V : la vitesse en m/s.
- ✓  $\gamma(v)$  : décélération moyenne exprimée en fraction de g.
- ✓ p : la déclivité, en valeur algébrique.

Pour les rayons  $R(m) < 5V$  (Km/h): la distance de freinage est majorée de 25%.

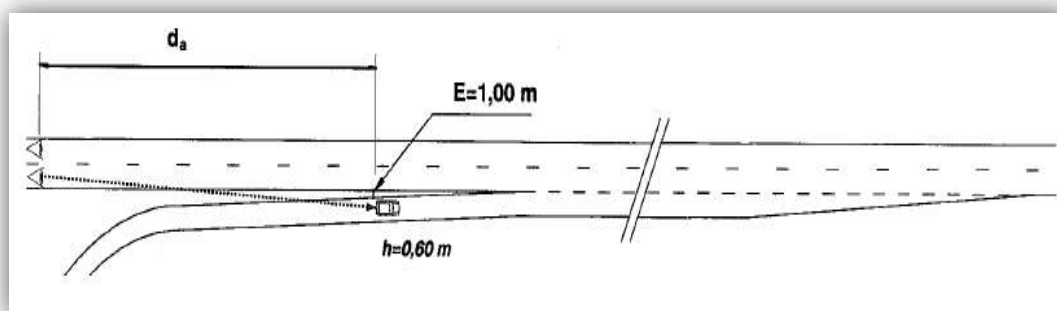


Fig. 12.5 Visibilité sur une entrée d'autoroute (source ICTAAL 2000)

### 12.6.2 Visibilité sur une sortie d'autoroute

La distance de manœuvre de sortie  $d_{ms}$  : permet de définir également les changements de files en section courante :

$$d_{ms} = 6V \quad (V \text{ en m/s}) \quad \dots (12.2)$$

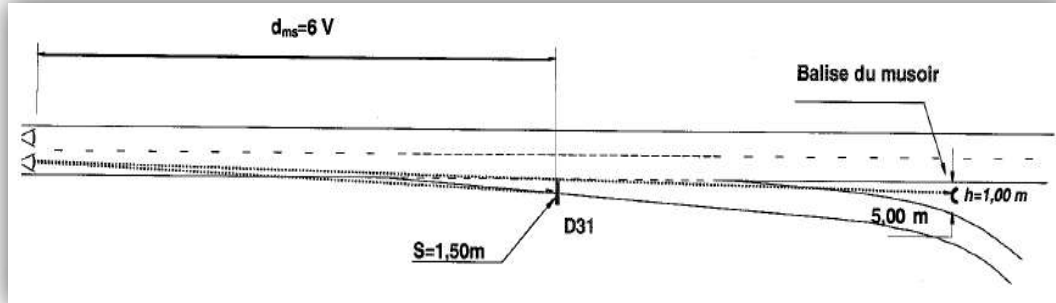


Fig. 12.6 Visibilité sur une sortie d'autoroute

### 12.6.3 Distance de visibilité sur marquage $d_{vm}$ :

$$d_{vm} = 3V \quad (V \text{ en m/s}) \quad \dots (12.3)$$

**12.6.4 Distance de lecture ( $l_c$ ) :** Définissant la distance minimale permettant à l'utilisateur de lire les informations sur les panneaux de la signalisation :

$$L_c \text{ (m)} = 5V \quad (m/s) \quad \dots (12.4)$$

**Résumé :** Le tableau suivante représente les Principales distances de visibilité.

Tab. 12.9 Principales distances de visibilité

Vitesse	120(km/h)
	33.333(m/s)
Décélération moyenne $\gamma(v)$	0.34 (m/s <sup>2</sup> )
Distance d'arrêt en palier ( $p=0$ )	233m
Distance d'arrêt en courbe pour $R < 5V$	275m
Distance de manœuvre en sortie $d_{ms}$ (et changement de file)	200m
Distance de visibilité sur marquage $d_{vm}$	100m
Distance de lecture $l_c$	166.65m

## 12.7 DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE DE L'ÉCHANGEUR :

Le dimensionnement se fait selon le catalogue algérien en suivant la même démarche de chapitre 07. La structure finale retenue pour les bretelles est :

6BB + 15GB + 35 GNT

# OUVRAGE D'ART DE L'ÉCHANGEUR

## 13.1 INTRODUCTION

Le pont en tant qu'élément principal de l'échangeur doit être Pré-dimensionné de telle façon à assurer l'écoulement de la circulation dans tout les sens avec le maximum de rapidité et de sécurité.

## 13.2 PRESENTATION DE L'OUVRAGE

L'ouvrage d'art de notre échangeur est un pont de passage supérieur au pk : 46+300, il est loin de 900m de la RN97 afin de dégager un espace pour la gare de péage.

### 13.2.1 Description de l'ouvrage

#### a. Profil en long

- ✓ Le pont est constitué par deux travée de longueur de 20 m chacune, reposant sur deux culées et une pile au milieu.
- ✓ Hauteur de gabarit : **5.25m**.
- ✓ La pente : 0 %.

#### b. Profil en travers

Le profil en travers de l'ouvrage est l'ensemble des éléments qui définissent la géométrie et les équipements de la route dans le sens transversal. Il doit être soigneusement étudié car il est très difficile de le modifier (par exemple, de l'élargir).

Le profil en travers de l'ouvrage par sens est défini comme suit :

- ✓ Largeur rouable : **L<sub>r</sub> = 5 m**
- ✓ Largeur chargeable : **L<sub>c</sub> = 5 m**
- ✓ Largeur de trottoir : **l<sub>t</sub> = 0.75m**
- ✓ Nombre de voies de circulations : **N = 1voie**.
- ✓ Bande médiane : **B<sub>m</sub> = 1.5 m**
- ✓ Dévers en toit de **d = 2,5 %**.
- ✓ Largeur total du pont (entre garde corps) est : **LT = 13.00 m**.



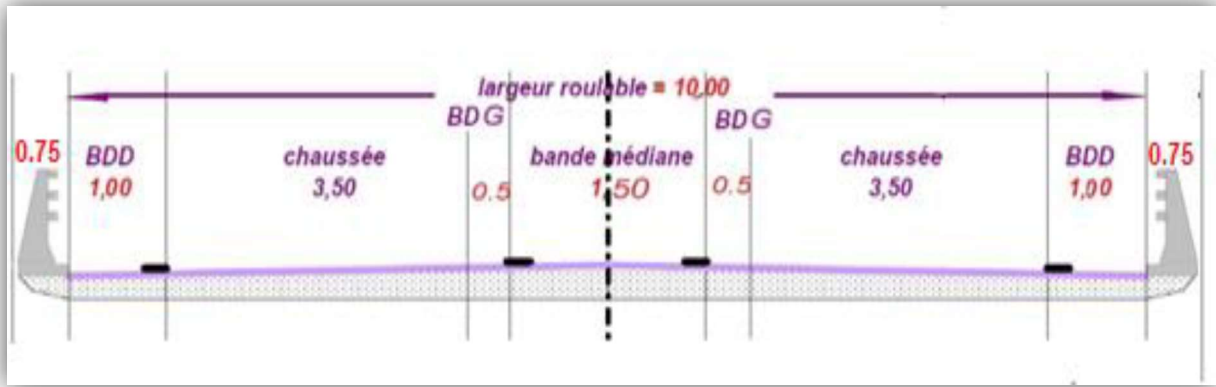


Fig. 13.1 Les éléments du profil en travers d'ouvrage d'art (source ICTAVRI)

### 13.3 FORME DE LA STRUCTURE TRANSVERSALE

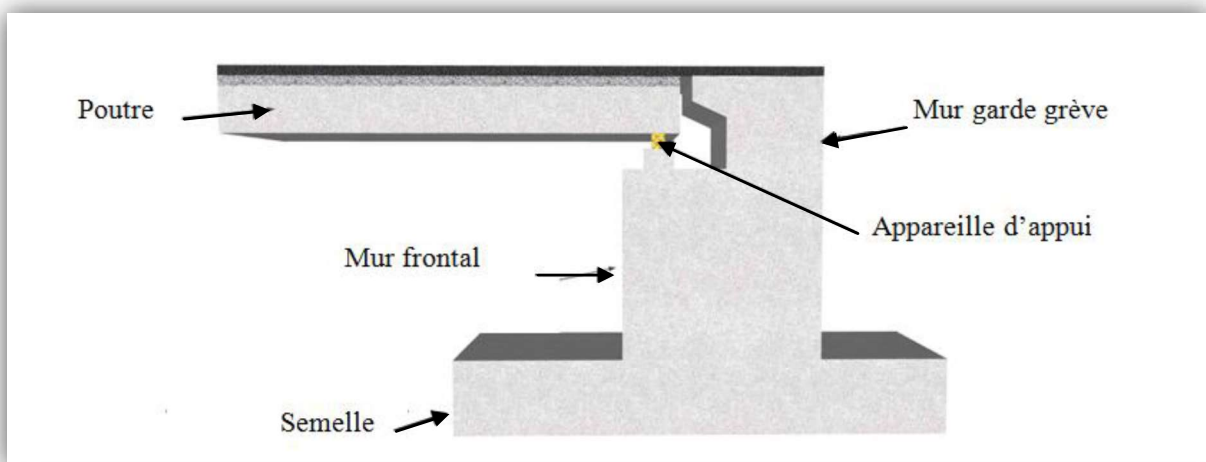


Fig. 13.2 Coupe longitudinale d'une culée d'un pont

#### 13.3.1 La culée

Elle repose sur la semelle, son rôle c'est de supporter la partie supérieure du pont.

#### 13.3.2 La poutre

Elle est caractérisée par sa hauteur  $h$  et fonction de la longueur  $l$  de la travée.

$$h = \frac{l}{20}, \frac{l}{15}, \frac{l}{12}, \frac{l}{10}$$

$$b = 0.3 h \text{ à } 0.4h$$



## 13.4 CHOIX DU TYPE D'OUVRAGE

Nous proposons pour la conception de notre ouvrage d'art les deux variantes suivantes :

### a. Variante 1 « Pont a poutres en B.A »

Ce type d'ouvrage a été largement employé au début des programmes travaux autoroutiers. Le tablier est constitué de poutres longitudinales, espacées de 3 à 4m, qui sont solidarités entre elles par des entretoises sur appuis en travées, et par un hourdis formant la couche de roulement.

#### Avantage

- ✓ Economique du point de vue de consommation des matériaux.
- ✓ Le coffrage des poutres est standard.
- ✓ Nécessite un entretien réduit par rapport aux ponts métalliques et mixtes.

#### Inconvénients

- ✓ La limitation de la portée (10 à 20).
- ✓ Les structures continues sont très rigides et sensibles aux tassements différentiels.

### b. Variante 2 « Pont à poutres en béton précontraint »

Le tablier est formé de deux travées indépendantes, constituées chacune par un nombre de poutres préfabriquées en T à talon, âme et semelle supérieure.

Le principe consiste à reprendre le poids propre de la poutre par une armature active qui est la précontrainte par prétention (PRAD) ou bien post tension (VIPP). Nous signalons que la pré-tension s'adapte sur des portées allant jusqu'à 30 m, et une gamme de portées comprises entre 30 à 50 m pour la poste-tension.

#### Les avantages

- ✓ Le mode de réalisation des poutres tel que le béton coulé en atelier ou sur chantier a poste fixé est en général de meilleure qualité.
- ✓ La facilité du contrôle de réalisation ainsi que la rapidité d'exécution des travaux.
- ✓ La préfabrication permet de diminuer le délai d'exécution de l'ouvrage,
- ✓ La fabrication des poutres est indépendante du reste du chantier.

#### Les inconvénients

- ✓ La nécessité de fabriquer un béton plus résistant principalement avant 28 jours.
- ✓ La main d'œuvre doit être qualifiée.
- ✓ L'obligation d'attendre la fin de mise en tension pour pouvoir couler ou décoffrer.

### 13.5 CONCLUSION

En conclusion, on peut dire que le choix le plus adapté à notre cas et qui répond à toutes les exigences se résume en la réalisation d'un pont à poutre multiple en béton armé de travées identiques isostatiques de portée de 20m, car :

- ✓ Il permet de franchir l'autoroute avec la possibilité d'implanter la pile au niveau du Terre Plein Central.
- ✓ La mise en œuvre est plus facile.
- ✓ Moins économique.

# SIGNALISATION ET EQUIPEMENT

## 14.1 INTRODUCTION

Ce chapitre traite des installations reliées à la sécurité du trafic, aux opérations autoroutières et aux informations pour les usagers.

Le rapport est divisé selon les types d'installations et équipements prévus pour le tronçon à l'étude comme suit :

- ✓ Signalisation horizontale et verticale.
- ✓ Interruption du terre-plein central pour les passages de service d'urgence.
- ✓ Dispositifs de retenue.
- ✓ Clôtures.
- ✓ Eclairage.

## 14.2 SIGNALISATION HORIZONTALE ET VERTICALE

La signalisation prévue dans ce projet est basée sur les normes françaises retenues par « l'Arrêté et l'Instruction interministériels sur la signalisation routière » ainsi que sur les pratiques algériennes.

### 14.2.1 Signalisation horizontale

La signalisation horizontale a pour but d'indiquer sans ambiguïté les parties de la chaussée réservées aux différents sens de la circulation ou à certaines catégories d'usages.

Le rôle essentiel de ce type de signalisation est de délimiter les voies de circulation afin d'augmenter la sécurité routière, et de compléter la signalisation verticale.

#### a. Catégories de marques de chaussée

##### a.1. Lignes longitudinales :

- ✓ Continues, de largeur variable.
- ✓ Discontinues, de largeur et modulation variables.

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité " u " :

**u = 7,5 cm** sur les autoroutes. (Source S -H partie 1-7)

Tab. 14.1 Les caractéristiques de tous les types des lignes adoptées (source S -H partie 1-7).

Modulation	Désignation des marques	largeur
<b>Continue</b>	Délimitation de terre-plein central (TPC)	3U
	Ligne séparant les sens de circulation opposés sur les routes à trois voies, avec deux voies affectées à un sens de circulation et ligne oblique marquant un rétrécissement de route de trois à deux voies	3U
<b>T1</b>	Ligne axiale ou de délimitation de voie	2U
<b>T2</b>	Délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement	5U
	Ligne de rive de chaussée	3U

**a.2. Lignes transversales :**

- ✓ Ligne “Stop”, largeur de 50 cm.
- ✓ Ligne “Cédez le Passage”, largeur de Type 2.

**a.3. Les flèches :**

- ✓ Flèches de rabattement.
- ✓ Flèches de sélection unidirectionnelle.
- ✓ Flèches de sélection bidirectionnelle.

**a.4. Autres marques :**

- ✓ Marquage d'îlots séparateurs avec hachures.
- ✓ Marquage spécial pour stationnement ou aires d'arrêt d'appel d'urgence.

**b. Couleur des marques de chaussée**

Les couleurs utilisées pour les marquages sur la chaussée sont le blanc et le jaune, dont le jaune est pour la BDU et le marquage temporaire, et le blanc pour d'autres marquages.

Les caractéristiques des peintures et matériaux utilisés sont particulières, notamment la durabilité et le rétro-réfléchissement.

**14.2.2 Signalisation verticale**

La signalisation verticale est divisée en deux grandes catégories :

- ✓ signalisation de danger, de prescription et d'indication.
- ✓ signalisation de direction.

**a. Signalisation de danger, de prescription et d'indication**

La signalisation de danger, de prescription et d'indication est utilisée pour régler, en conditions de sécurité, la circulation autant sur la section de type autoroutier, que sur le réseau routier existant.

Les éléments à signaler aux usagers sont principalement : la vitesse légale de circulation, le régime de priorité, les dangers rencontrés (ex : à la sortie de la section autoroutière), le péage, les utilités disponibles (aires de services, réseau d'appel d'urgence, etc.)

#### **b. Signalisation de direction**

La signalisation de direction tient compte des destinations importantes pour le tronçon à l'étude. Généralement on retrouve 3 types de destination à indiquer sur les panneaux de direction, comme suit :

- ✓ la capitale, Alger dans la direction est, et la ville de Tlemcen (ou la limite de l'autoroute est ouest) dans la direction ouest.
- ✓ les villes importantes qui se situent sur l'axe de l'autoroute (sans avoir nécessairement un lien direct autoroutier) : il s'agit d'Oran, Mascara.
- ✓ les premières villes ou villages en lien direct, via les échangeurs Sig.

Le texte figurant sur les panneaux doit être en écriture double, avec des caractères arabe et latin, dont l'arabe en premier et latin en deuxième.

Sur l'autoroute, les panneaux sont installés en latéral (pré-signalisation de sortie et confirmation de direction) et sur portiques (signalisation pour les sorties d'autoroute).

### **14.3 INTERRUPTION DU TERRE-PLEIN CENTRAL (TPC)**

L'interruption du terre-plein central permet de basculer la circulation d'une chaussée vers l'autre.

Les interruptions du TPC sont implantées à environ chaque 2 kilomètres sur tout le tracé, avec une ouverture linéaire de 30 mètres protégée durant les opérations normales avec un dispositif de retenue latéral amovible.

L'utilisation de ces interruptions du TPC est sous la responsabilité de l'administrateur de l'autoroute, qui s'assure que seulement le personnel autorisé puisse enlever le dispositif de retenue amovible pour permettre de basculer la circulation en toute sécurité.

### **14.4 DISPOSITIFS DE RETENUE**

Les dispositifs de retenue sont des équipements de protections des véhicules contre les sorties accidentelles de chaussées.

L'emploi des dispositifs de retenue est étroitement lié avec la notion de zone de sécurité (ICTAAL 2000), qui est définie sur les côtés des chaussées, avec une largeur min de 8,5m, sinon tout obstacle (naturel ou artificiel) doit être isolé ou exclu, y compris les installations autoroutières.

Les dispositifs de retenue utilisés sont les suivants :

**a. Glissières de sécurité métalliques fixes**

La glissière de sécurité simple est utilisée pour implantation en TPC et du côté droit de la chaussée pour protection contre les obstacles.

**b. Glissières de sécurité métalliques amovibles**

Les glissières de sécurité métalliques amovibles sont les glissières démontables utilisées dans l'interruption du TPC pour permettre de basculer la circulation d'une chaussée à l'autre.

**c. Séparateurs en Béton**

Les séparateurs en béton du type « DBA » (double séparateur en béton adhérent) sont des murets de type New Jersey, continus en béton coulé en place ou préfabriqué. Ils ont un comportement rigide lors d'un impact avec un véhicule, tout en facilitant le redressement de ce dernier.

## 14.5 CLÔTURES

Les clôtures sont des aménagements spécifiques pour assurer la sécurité des usagers et, le cas échéant, pour assurer le respect de péage. Ainsi l'autoroute doit être clôturée sur toute sa longueur, des deux côtés.

La clôture est installée à l'intérieur de l'emprise de l'autoroute, en assurant une bande de 4 mètres de largeur de cette emprise pour un accès d'entretien et comme piste latérale pour les propriétés avoisinantes.

La clôture est raccordée aux remblais d'accès des passages supérieurs et aux murs de tête des passages inférieurs et des dalots. Des ouvertures dans ces clôtures sont prévues pour entretien des ouvrages courants et d'art au besoin.

Le type de clôture est en maille ou en fils barbelés avec poteaux métalliques de 60 millimètres de diamètre, installés aux 3,0 mètres.

## 14.6 ÉCLAIRAGE

Le présent tronçon ne comporte pas de zone susceptible d'être éclairée, à l'exception des gares de péage.

Par contre, toutes les installations des gares de péage font partie d'un mandat séparé qui vise l'ensemble de l'Autoroute Est-Ouest.

## 14.7 APPLICATION AU PROJET

### 14.7.1 Signalisation horizontale

#### a. Le marquage du tracé

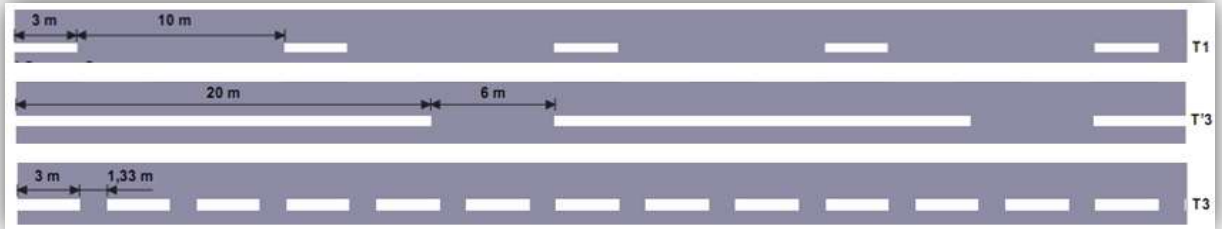


Fig. 14.1 Les lignes longitudinal (source S -H partie 1-7)

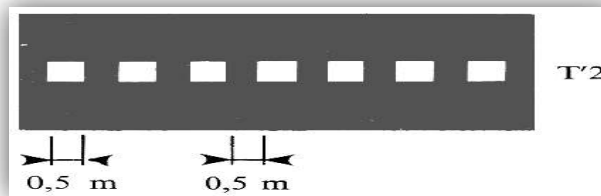


Fig. 14.2 Lignes transversales (source S -H partie 1-7)

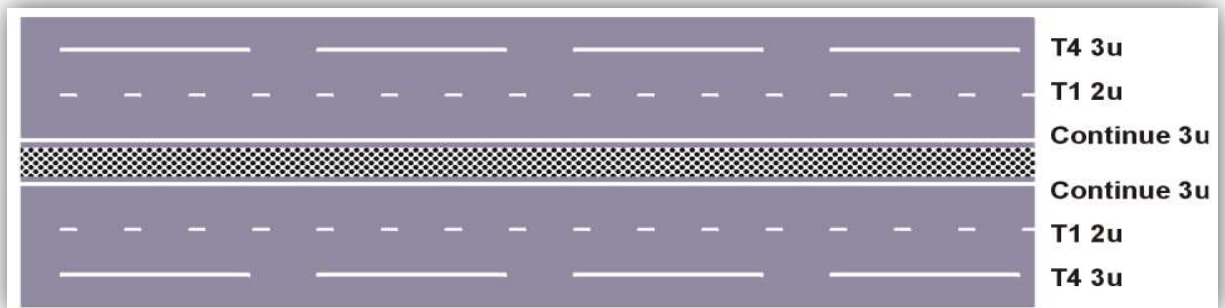


Fig. 14.3 Les lignes de délimitation de voies dans le tracé (source S -H partie 1-7)

#### b. Voies d'insertion, de décélération

La ligne séparant la voie d'insertion de la chaussée principale est du type T2 de largeur 5u.

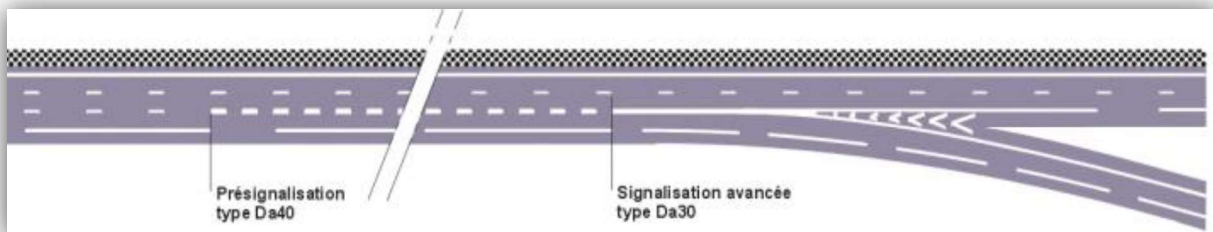


Fig. 14.4 Avec affectation de voies



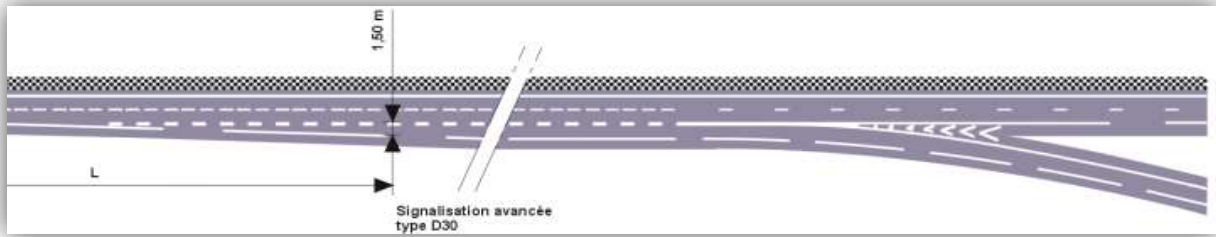


Fig. 14.5 Sans affectation de voies

c. Voies d'accélération

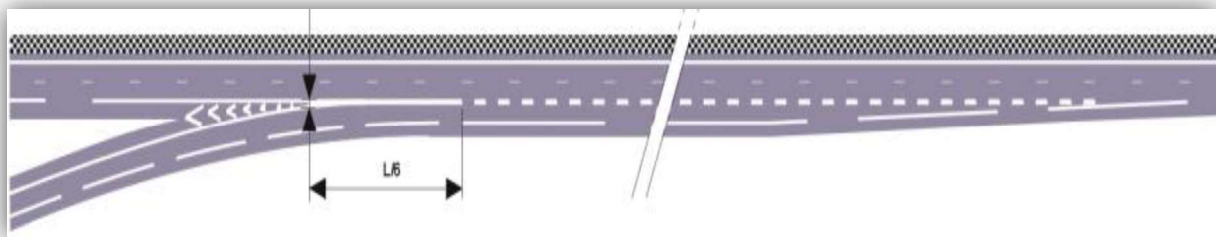


Fig. 14.6 Même nombre de voies (source S -H partie 1-7)

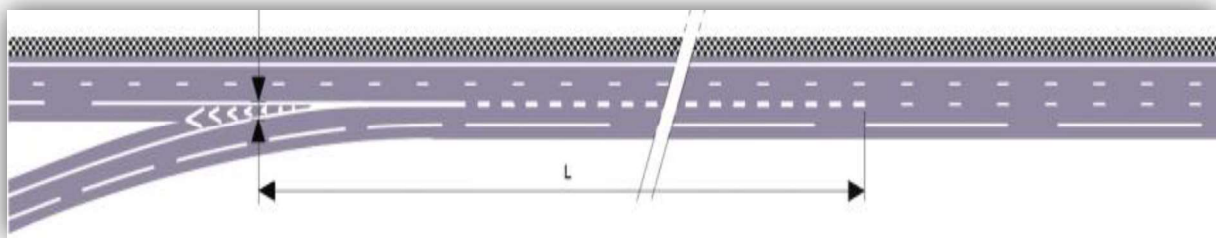


Fig. 14.7 Nombre de voies inférieur (source S -H partie 1-7)

d. Autres marques

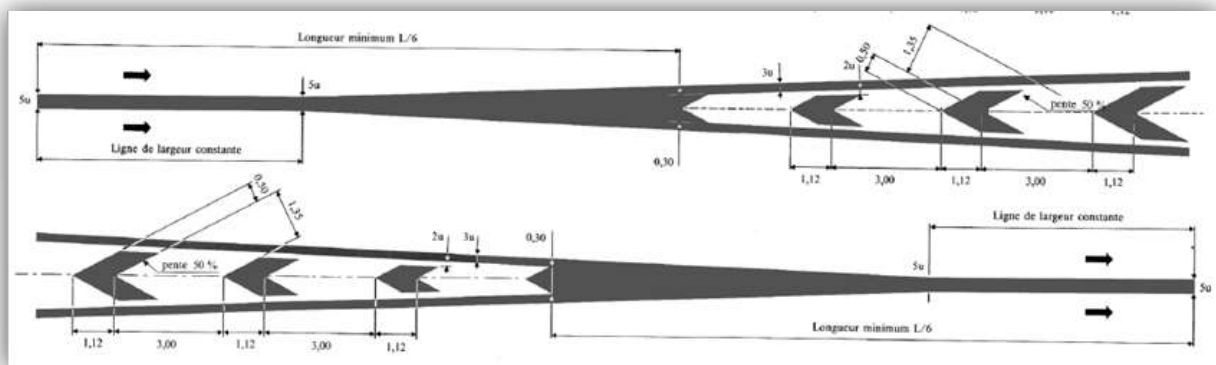
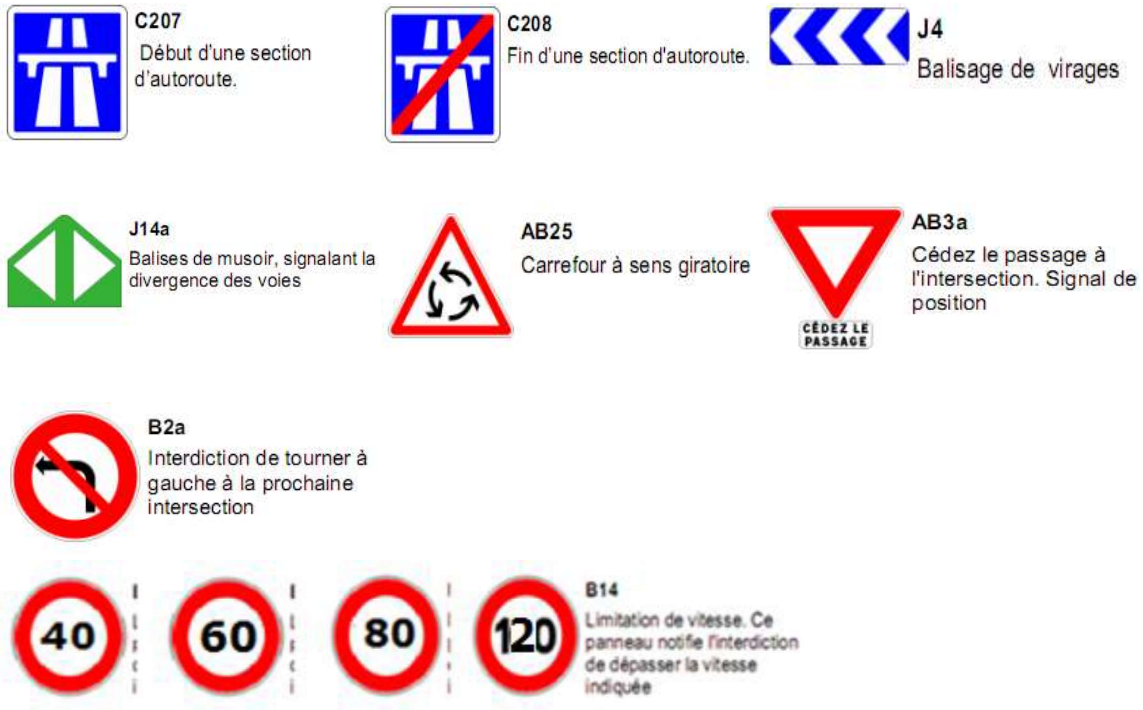


Fig. 14.8 Schéma de marquage avec hachures

### 14.7.2 Signalisation verticale



(120 sur l'autoroute, 80 à l'entrée d'une bretelle, 60 sur l'ouvrage et 40 dans la boucle)

### 14.7.3 Signalisation de direction

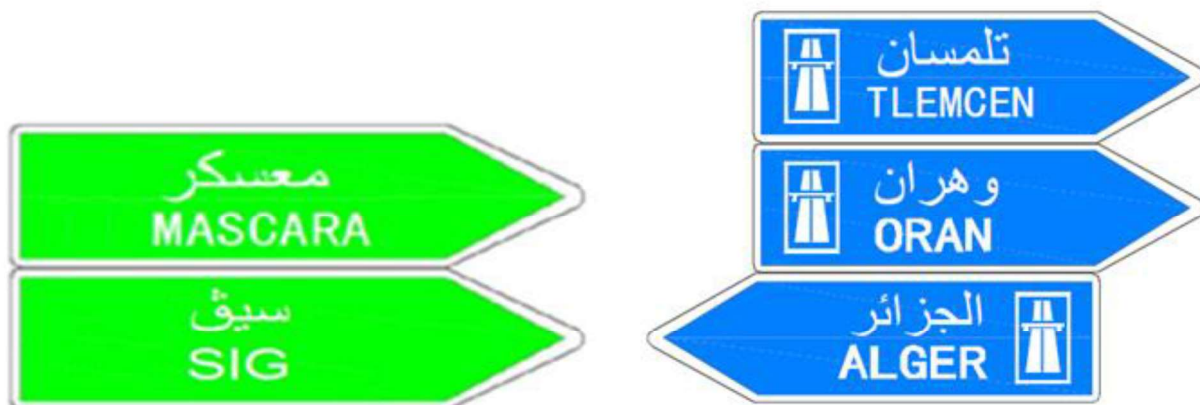


Fig. 14.9 Signalisation de direction

14.2. Plaque de signalisation à l'entrée de l'échangeur

	A droite	A gauche
Avertissement <b>D50</b>		
Pré-signalisation <b>D40</b>		
Signalisation avancée <b>D30</b>		

## CONCLUSION GENERALE

Comme conclusion de ce projet intitulé «Etude d'un tronçon autoroutier de l'AEO sur 7 Km avec étude d'un échangeur sur la RN97 SIG-MASCARA», nous voudrions indiquer quelques remarques sur les obstacles que nous avons rencontrés lors de ce travail.

Sachant que pour ce tracé, il nous est imposé de suivre un couloir très limité par le levé topographique se qui a impliqué le franchissement d'une zone inondable sans pour autant avoir la possibilité d'entrevoir une autre opportunité.

On a essayé de faire une étude complète qui englobe la partie géométrique « le tracé en plan, profil en long...etc. », la géotechnique, l'étude hydraulique, la signalisation ...».

Ayant finalisé la conception, à cause du délai insuffisant et de la quantité de travail importante, il nous a pas été permis de bien détaillé certain chapitre de l'étude.

Enfin, on peut dire que ce projet nous a été enrichissant pour finaliser notre formation, en touchant une multitude de branches du domaine des travaux publics, qu'un bon ingénieur doit connaitre. Le projet du siècle de notre pays « L'autoroute Est –Ouest » est bénéfique non seulement en matière économique et social, mais aussi en matière technique pour la formation des futurs ingénieurs au sein de l'ENSTP.

# BIBLIOGRAPHIE

## Cours

- Cours de dimensionnement des chaussées ENSTP 5<sup>ème</sup> année.
- Cours des routes ENSTP 4<sup>ème</sup> année.
- Cours d'hydraulique ENSTP 4<sup>ème</sup> année.
- Cours de mécanique de sol ENSTP 3<sup>ème</sup> année.
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves « CTPP ».

## Règlements

- ICTAAL 2000 : instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison.
- ICTAAL2000 Guide Echangeur.
- B40 : Normes techniques d'aménagement des routes.
- Normes technique d'aménagement des carrefours dénivelés  
« SAETI Norme IV 1892 »
- Signalisation routière.

## Autres

- Aide mémoire Routes.
- Site Internet « [www.SETRA.com](http://www.SETRA.com) ».
- [www.google.com](http://www.google.com)

# ANNEXE **1**

## TRACE EN PLAN

<b>Axe En Plan R 100</b>						
Elts Caractéristiques			Points de Contacts			
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y	
Droite 1	Gisement 286.4228 g	163.500	0.000	752311.702	3940945.481	
Clothoïde 1	Paramètre -20.000	3.636	163.500	752151.907	3940910.876	
Arc 1	Rayon -110.000 m	174.417	167.136	752148.349	3940910.125	
	Centre X 752126.847 m					
	Centre Y 3941018.003 m					
Clothoïde 2	Paramètre 20.000	3.636	341.553	752018.662	3940998.102	
Droite 2	Gisement 389.4704 g	60.664	345.190	752018.044	3941001.685	
Clothoïde 3	Paramètre -30.000	7.087	405.853	752008.056	3941061.521	
Arc 2	Rayon -127.000 m	185.178	412.940	752006.954	3941068.521	
	Centre X 752132.755 m					
	Centre Y 3941085.928 m					
Clothoïde 4	Paramètre 30.000	7.087	598.118	752101.310	3941208.974	
Droite 3	Gisement 85.8478 g	75.126	605.204	752108.207	3941210.601	
			680.330	752181.484	3941227.164	
Longueur totale de l'axe 680.330 mètre(s)						

<b>Axe En Plan R110</b>						
Elts Caractéristiques			Points de Contacts			
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y	
Droite 1	Gisement 90.1146 g	97.839	0.000	751674.288	3940791.984	
Clothoïde 1	Paramètre -71.963	49.087	97.839	751770.950	3940807.116	
Arc 1	Rayon -105.500 m	93.597	146.926	751819.771	3940810.920	
	Centre X 751811.617 m					
	Centre Y 3940705.736 m					
Clothoïde 2	Paramètre 30.320	8.714	240.523	751898.315	3940765.850	
Clothoïde 3	Paramètre 30.320	15.491	249.237	751903.081	3940758.555	
Arc 2	Rayon 59.345 m	2.982	264.728	751911.929	3940745.854	
	Centre X 751957.491 m					
	Centre Y 3940783.880 m					
			267.710	751913.897	3940743.614	
Longueur totale de l'axe 267.710 mètre(s)						

<b>Axe En Plan R 55</b>						
Elts Caractéristiques			Points de Contacts			
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y	
Arc 1	Rayon -55.291 m	103.778	0.000	751915.737	3940745.309	
	Centre X 751956.151 m					
	Centre Y 3940783.041 m					
Clothoïde 1	Paramètre 37.616	25.591	103.778	751932.354	3940832.949	
Droite 1	Gisement 86.4066 g	205.213	129.369	751956.813	3940840.265	
			334.583	752157.366	3940883.751	
Longueur totale de l'axe 334.583 mètre(s)						

<b>Axe En Plan R 80</b>						
Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	285.8478 g	83.854	0.000	752178.640	3941239.746
Clothoïde 1	Paramètre	87.123	42.169	83.854	752096.850	3941221.259
Arc 1	Rayon	180.002 m	228.123	126.023	752056.137	3941210.370
	Centre X	752116.070 m				
	Centre Y	3941040.638 m				
Clothoïde 2	Paramètre	-91.143	46.150	354.146	751936.185	3941034.164
Droite 2	Gisement	189.5485 g	19.301	400.296	751941.772	3940988.387
Clothoïde 3	Paramètre	-55.675	36.043	419.597	751944.926	3940969.345
Arc 2	Rayon	-86.001 m	97.042	455.640	751948.315	3940933.533
	Centre X	751862.403 m				
	Centre Y	3940937.434 m				
Clothoïde 4	Paramètre	57.079	37.884	552.682	751895.658	3940858.123
Droite 3	Gisement	288.7457 g	27.789	590.566	751859.033	3940848.764
				618.354	751831.677	3940843.877
Longueur totale de l'axe				618.354 mètre(s)		

<b>Axe En Plan Axe OA</b>						
Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Arc 1	Rayon	56.747 m	128.815	0.000	751914.816	3940744.461
	Centre X	751956.553 m				
	Centre Y	3940782.909 m				
Clothoïde 1	Paramètre	-43.356	33.125	128.815	752012.841	3940775.711
Droite 1	Gisement	389.5161 g	198.720	161.940	752010.617	3940808.636
Clothoïde 2	Paramètre	-98.939	61.858	360.660	751978.039	3941004.668
Arc 2	Rayon	-158.249 m	187.134	422.518	751971.901	3941066.115
	Centre X	752130.075 m				
	Centre Y	3941061.247 m				
Clothoïde 3	Paramètre	81.886	42.371	609.651	752074.698	3941209.490
Droite 2	Gisement	85.7632 g	65.762	652.023	752115.521	3941220.712
				717.785	752179.646	3941235.296
Longueur totale de l'axe				717.785 mètre(s)		

<b>Axe En Plan Axe PRINCIPAL</b>						
Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	311.7850 g	905.515	0.000	755472.509	3940859.165
Arc 1	Rayon	5000.000 m	2037.088	905.515	754582.465	3941025.837
	Centre X	753662.153 m				
	Centre Y	3936111.264 m				
Droite 2	Gisement	285.8480 g	458.243	2942.603	752559.787	3940988.229
Arc 2	Rayon	-6000.000 m	1047.126	3400.845	752112.820	3940887.199
	Centre X	750789.982 m				
	Centre Y	3946739.557 m				
Droite 3	Gisement	296.9583 g	910.727	4447.972	751076.543	3940746.404
Arc 3	Rayon	3500.000 m	1276.898	5358.699	750166.856	3940702.908
	Centre X	750334.017 m				
	Centre Y	3937206.902 m				
Droite 4	Gisement	273.7327 g	643.898	6635.597	748930.522	3940413.178
				7279.495	748340.661	3940154.975
Longueur totale de l'axe				7279.495 mètre(s)		

# ANNEXE **2**

## PROFIL EN LONG

### Axe vertical : PL 100

Abscisse curviligne	Altitude	Pourcentage de pente (%)	Emplacement
0.00	34.040m		PIV
50.00	34.260m	0.44%	
100.00	34.480m	0.44%	
150.00	34.700m	0.44%	
157.55	34.733m	0.44%	PVC
175.00	34.840m	0.61%	Point bas
192.45	35.009m	0.96%	PVT
200.00	35.094m	1.14%	
250.00	35.663m	1.14%	
300.00	36.232m	1.14%	
329.99	36.574m	1.14%	PVC
350.00	36.761m	0.94%	
370.94	36.872m	0.53%	Point haut
400.00	36.880m	0.03%	
411.90	36.835m	-0.38%	PVT
450.00	36.644m	-0.50%	
500.00	36.394m	-0.50%	
550.00	36.144m	-0.50%	
600.00	35.894m	-0.50%	
650.00	35.644m	-0.50%	
680.47	35.491m	-0.50%	PIV

### Axe vertical : PL 110

Abscisse curviligne	Altitude	Pourcentage de pente (%)	Emplacement
0.00	36.850m		PIV
50.00	36.613m	-0.47%	
54.20	36.593m	-0.47%	PVC
92.89	36.660m	0.17%	Point bas
100.00	36.726m	0.93%	
131.58	37.225m	1.58%	PVT
150.00	37.613m	2.11%	
200.00	38.666m	2.11%	
208.76	38.850m	2.11%	PIV

### Axe vertical : PL 55

Abscisse curviligne	Altitude	Pourcentage de pente (%)	Emplacement
0.00	38.850m		PIV
50.00	37.350m	-3.00%	
74.51	36.615m	-3.00%	PVC
100.00	36.012m	-2.36%	Point bas
125.49	35.735m	-1.09%	PVT
150.00	35.625m	-0.45%	
200.00	35.399m	-0.45%	
250.00	35.174m	-0.45%	
300.00	34.949m	-0.45%	
330.79	34.810m	-0.45%	PIV



### Axe vertical : PL 80

Abscisse curviligne	Altitude	Pourcentage de pente (%)	Emplacement
0.00	35.491m		PIV
50.00	35.741m	0.50%	
100.00	35.991m	0.50%	
150.00	36.242m	0.50%	
188.84	36.436m	0.50%	PVC
200.00	36.479m	0.39%	
206.32	36.493m	0.21%	Point haut
223.79	36.489m	-0.02%	PVT
250.00	36.436m	-0.20%	
300.00	36.337m	-0.20%	
350.00	36.238m	-0.20%	
400.00	36.138m	-0.20%	
450.00	36.039m	-0.20%	
500.00	35.940m	-0.20%	
504.30	35.931m	-0.20%	PVC
513.26	35.927m	-0.05%	Point bas
522.22	35.949m	0.25%	PVT
550.00	36.060m	0.40%	
597.77	36.250m	0.40%	PIV

### Axe vertical : PL .OA

Abscisse curviligne	Altitude	Pourcentage de pente (%)	Emplacement
0.00	38.850m		PIV
50.00	40.374m	3.05%	
100.00	41.898m	3.05%	
125.35	42.671m	3.05%	PVC
150.00	43.301m	2.56%	
163.36	43.540m	1.79%	Point haut
200.00	43.832m	0.79%	
201.36	43.832m	0.03%	PVT
250.00	43.836m	0.01%	
279.75	43.838m	0.01%	PVC
300.00	43.758m	-0.40%	
333.02	43.275m	-1.46%	Point haut
350.00	42.856m	-2.46%	
386.29	41.576m	-3.53%	PVT
400.00	40.993m	-4.25%	
447.08	38.990m	-4.25%	PVC
450.00	38.867m	-4.21%	
500.00	37.206m	-3.32%	
503.47	37.121m	-2.43%	Point bas
550.00	36.377m	-1.60%	
559.85	36.313m	-0.66%	PVT
600.00	36.114m	-0.50%	
650.00	35.866m	-0.50%	
700.00	35.619m	-0.50%	
725.77	35.491m	-0.50%	PIV

### Axe vertical : PL PRINCIPAL

Abscisse curviligne	Altitude	Pourcentage de pente (%)	Emplacement
0.00	28.569m		PIV
50.00	28.677m	0.21%	
100.00	28.784m	0.21%	
150.00	28.892m	0.21%	
200.00	28.999m	0.21%	
250.00	29.107m	0.21%	
300.00	29.214m	0.21%	
350.00	29.322m	0.21%	
400.00	29.429m	0.21%	
450.00	29.537m	0.21%	
500.00	29.644m	0.21%	
550.00	29.752m	0.21%	
600.00	29.859m	0.21%	
650.00	29.967m	0.21%	
700.00	30.074m	0.21%	
750.00	30.182m	0.21%	
800.00	30.289m	0.21%	
850.00	30.397m	0.21%	
900.00	30.504m	0.21%	
950.00	30.611m	0.21%	
1000.00	30.719m	0.21%	
1050.00	30.826m	0.21%	
1100.00	30.934m	0.21%	
1150.00	31.041m	0.21%	
1200.00	31.149m	0.21%	
1250.00	31.256m	0.21%	
1300.00	31.364m	0.21%	
1350.00	31.471m	0.21%	
1400.00	31.579m	0.21%	
1450.00	31.686m	0.21%	
1500.00	31.794m	0.21%	
1550.00	31.901m	0.21%	
1600.00	32.009m	0.21%	
1650.00	32.116m	0.21%	
1700.00	32.224m	0.21%	
1750.00	32.331m	0.21%	
1800.00	32.439m	0.21%	
1850.00	32.546m	0.21%	
1900.00	32.654m	0.21%	
1950.00	32.761m	0.21%	
2000.00	32.869m	0.21%	
2050.00	32.976m	0.21%	
2100.00	33.084m	0.21%	
2150.00	33.191m	0.21%	
2200.00	33.299m	0.21%	
2250.00	33.406m	0.21%	
2300.00	33.514m	0.21%	
2350.00	33.621m	0.21%	
2400.00	33.729m	0.21%	
2450.00	33.836m	0.21%	
2500.00	33.943m	0.21%	
2550.00	34.051m	0.21%	
2600.00	34.158m	0.21%	
2650.00	34.266m	0.21%	
2700.00	34.373m	0.21%	

2750.00	34.481m	0.21%	
2783.17	34.552m	0.21%	PVC
2791.83	34.558m	0.07%	Point haut
2800.00	34.541m	-0.21%	
2800.49	34.539m	-0.35%	PVT
2850.00	34.360m	-0.36%	
2900.00	34.179m	-0.36%	
2950.00	33.998m	-0.36%	
3000.00	33.817m	-0.36%	
3035.58	33.688m	-0.36%	PVC
3048.05	33.669m	-0.15%	Point bas
3050.00	33.670m	0.09%	
3060.52	33.701m	0.29%	PVT
3100.00	33.887m	0.47%	
3150.00	34.121m	0.47%	
3200.00	34.355m	0.47%	
3250.00	34.590m	0.47%	
3300.00	34.824m	0.47%	
3350.00	35.059m	0.47%	
3400.00	35.293m	0.47%	
3450.00	35.528m	0.47%	
3500.00	35.762m	0.47%	
3550.00	35.997m	0.47%	
3600.00	36.231m	0.47%	
3650.00	36.466m	0.47%	
3700.00	36.700m	0.47%	
3750.00	36.935m	0.47%	
3800.00	37.169m	0.47%	
3850.00	37.404m	0.47%	
3900.00	37.638m	0.47%	
3950.00	37.873m	0.47%	
4000.00	38.107m	0.47%	
4050.00	38.342m	0.47%	
4100.00	38.576m	0.47%	
4150.00	38.811m	0.47%	
4200.00	39.045m	0.47%	
4201.17	39.051m	0.47%	PVC
4250.00	39.359m	0.63%	Point bas
4298.83	39.827m	0.96%	PVT
4300.00	39.840m	1.12%	
4350.00	40.400m	1.12%	
4400.00	40.960m	1.12%	
4450.00	41.520m	1.12%	
4500.00	42.080m	1.12%	
4550.00	42.640m	1.12%	
4600.00	43.200m	1.12%	
4650.00	43.760m	1.12%	
4700.00	44.320m	1.12%	
4750.00	44.880m	1.12%	
4800.00	45.440m	1.12%	
4850.00	46.000m	1.12%	
4900.00	46.561m	1.12%	
4950.00	47.121m	1.12%	
5000.00	47.681m	1.12%	
5050.00	48.241m	1.12%	
5100.00	48.801m	1.12%	
5150.00	49.361m	1.12%	
5200.00	49.921m	1.12%	

5250.00	50.481m	1.12%	
5300.00	51.041m	1.12%	
5350.00	51.601m	1.12%	
5400.00	52.161m	1.12%	
5450.00	52.721m	1.12%	
5500.00	53.281m	1.12%	
5550.00	53.841m	1.12%	
5600.00	54.401m	1.12%	
5650.00	54.961m	1.12%	
5700.00	55.521m	1.12%	
5750.00	56.081m	1.12%	
5800.00	56.641m	1.12%	
5850.00	57.201m	1.12%	
5900.00	57.762m	1.12%	
5950.00	58.322m	1.12%	
6000.00	58.882m	1.12%	
6050.00	59.442m	1.12%	
6100.00	60.002m	1.12%	
6150.00	60.562m	1.12%	
6200.00	61.122m	1.12%	
6250.00	61.682m	1.12%	
6300.00	62.242m	1.12%	
6350.00	62.802m	1.12%	
6400.00	63.362m	1.12%	
6450.00	63.922m	1.12%	
6500.00	64.482m	1.12%	
6550.00	65.042m	1.12%	
6600.00	65.602m	1.12%	
6650.00	66.162m	1.12%	
6700.00	66.722m	1.12%	
6750.00	67.282m	1.12%	
6800.00	67.842m	1.12%	
6850.00	68.402m	1.12%	
6900.00	68.963m	1.12%	
6950.00	69.523m	1.12%	
7000.00	70.083m	1.12%	
7050.00	70.643m	1.12%	
7100.00	71.203m	1.12%	
7150.00	71.763m	1.12%	
7200.00	72.323m	1.12%	
7250.00	72.883m	1.12%	
7300.00	73.443m	1.12%	
7303.40	73.481m	1.12%	PIV

# ANNEXE **3**

## TABULATION

### AXE R 100

Num.	Abscisse	Axe Plan	Gisement	X	Y
P.1	0.000	Droite 1	190.115	751674.288	3940791.984
P.2	20.000	Droite 1	190.115	751694.047	3940795.077
P.3	25.000	Droite 1	190.115	751698.987	3940795.851
P.3-1	40.000	Droite 1	190.115	751713.806	3940798.171
P.4	50.000	Droite 1	190.115	751723.686	3940799.717
P.4-1	60.000	Droite 1	190.115	751733.566	3940801.264
P.5	75.000	Droite 1	190.115	751748.385	3940803.584
P.5-1	80.000	Droite 1	190.115	751753.325	3940804.357
P.6	100.000	Clothoïde 1	190.143	751773.085	3940807.450
P.6-1	120.000	Clothoïde 1	193.133	751792.893	3940810.196
P.7	125.000	Clothoïde 1	194.649	751797.870	3940810.677
P.7-1	140.000	Clothoïde 1	201.040	751812.853	3940811.239
P.8	150.000	Arc 1	206.780	751822.831	3940810.638
P.8-1	160.000	Arc 1	212.814	751832.710	3940809.106
P.9	175.000	Arc 1	221.866	751847.144	3940805.074
P.9-1	180.000	Arc 1	224.883	751851.811	3940803.279
P.10	200.000	Arc 1	236.951	751869.472	3940793.958
P.10-1	220.000	Arc 1	249.020	751885.060	3940781.475
P.11	225.000	Arc 1	252.037	751888.566	3940777.911
P.11-1	240.000	Arc 1	261.089	751898.016	3940766.279
P.12	250.000	Clothoïde 3	264.013	751903.490	3940757.911
P.12-1	260.000	Clothoïde 3	260.022	751909.032	3940749.589
P.13	267.710	Arc 2	252.525	751913.897	3940743.614

### AXE R 110

Num.	Abscisse	Axe Plan	Gisement	X	Y
P.1	0.000	Droite 1	190.115	751674.288	3940791.984
P.2	25.000	Droite 1	190.115	751698.987	3940795.851
P.3	50.000	Droite 1	190.115	751723.686	3940799.717
P.4	75.000	Droite 1	190.115	751748.385	3940803.584
P.5	100.000	Clothoïde 1	190.143	751773.085	3940807.450
P.6	125.000	Clothoïde 1	194.649	751797.870	3940810.677
P.7	150.000	Arc 1	206.780	751822.831	3940810.638
P.8	175.000	Arc 1	221.866	751847.144	3940805.074
P.9	200.000	Arc 1	236.951	751869.472	3940793.958
P.10	225.000	Arc 1	252.037	751888.566	3940777.911
P.11	250.000	Droite 17	263.573	751903.593	3940757.979
P.12	267.709	Arc 2	252.525	751913.897	3940743.614

### AXE R 55

Num.	Abscisse	Axe Plan	Gisement	X	Y
P.1	0.000	Arc 1	52.184	751915.737	3940745.309
P.2	25.000	Arc 1	80.969	751903.312	3940766.758
P.3	50.000	Arc 1	109.754	751901.508	3940791.480
P.4	75.000	Arc 1	138.539	751910.686	3940814.505

P.5	100.000	Arc 1	167.324	751929.001	3940831.208
P.6	125.000	Clothoïde 1	185.977	751952.545	3940839.329
P.7	150.000	Droite 1	186.407	751976.975	3940844.637
P.8	175.000	Droite 1	186.407	752001.408	3940849.934
P.9	200.000	Droite 1	186.407	752025.840	3940855.232
P.10	225.000	Droite 1	186.407	752050.272	3940860.530
P.11	250.000	Droite 1	186.407	752074.704	3940865.827
P.12	275.000	Droite 1	186.407	752099.137	3940871.125
P.13	300.000	Droite 1	186.407	752123.569	3940876.423
P.14	325.000	Droite 1	186.407	752148.001	3940881.720
P.15	334.583	Droite 1	186.407	752157.366	3940883.751

### AXE R 80

Num.	Abscisse	Axe Plan	Gisement	X	Y
P.1	0.000	Droite 1	385.848	752178.640	3941239.746
P.2	25.000	Droite 1	385.848	752154.255	3941234.235
P.3	50.000	Droite 1	385.848	752129.871	3941228.723
P.4	75.000	Droite 1	385.848	752105.486	3941223.211
P.5	100.000	Clothoïde 1	384.755	752081.122	3941217.609
P.6	125.000	Clothoïde 1	378.748	752057.103	3941210.708
P.7	150.000	Arc 1	369.911	752034.126	3941200.906
P.8	175.000	Arc 1	361.069	752012.727	3941188.019
P.9	200.000	Arc 1	352.227	751993.319	3941172.293
P.10	225.000	Arc 1	343.385	751976.275	3941154.031
P.11	250.000	Arc 1	334.543	751961.923	3941133.586
P.12	275.000	Arc 1	325.702	751950.539	3941111.350
P.13	300.000	Arc 1	316.860	751942.344	3941087.753
P.14	325.000	Arc 1	308.018	751937.494	3941063.249
P.15	350.000	Arc 1	299.176	751936.083	3941038.308
P.16	375.000	Clothoïde 2	292.000	751937.958	3941013.392
P.17	400.000	Clothoïde 2	289.549	751941.723	3940988.679
P.18	425.000	Clothoïde 3	289.848	751945.801	3940964.014
P.19	450.000	Clothoïde 3	299.040	751948.396	3940939.172
P.20	475.000	Arc 2	317.220	751945.277	3940914.454
P.21	500.000	Arc 2	335.726	751935.213	3940891.665
P.22	525.000	Arc 2	354.232	751919.040	3940872.717
P.23	550.000	Arc 2	372.739	751898.115	3940859.199
P.24	575.000	Clothoïde 4	386.378	751874.320	3940851.691
P.25	600.000	Droite 3	388.746	751849.745	3940847.105
P.26	618.354	Droite 3	388.746	751831.677	3940843.877

### AXE O.A

Num.	Abscisse	Axe Plan	Gisement	X	Y
P.1	0.000	Arc 1	252.609	751914.816	3940744.461
P.2	25.000	Arc 1	224.563	751935.197	3940730.334
P.3	50.000	Arc 1	196.516	751959.657	3940726.247
P.4	75.000	Arc 1	168.470	751983.523	3940732.981
P.5	100.000	Arc 1	140.423	752002.239	3940749.250
P.6	125.000	Arc 1	112.377	752012.231	3940771.946
P.7	150.000	Clothoïde 1	91.930	752012.425	3940796.834
P.8	175.000	Droite 1	89.516	752008.476	3940821.519
P.9	200.000	Droite 1	89.516	752004.377	3940846.181
P.10	225.000	Droite 1	89.516	752000.279	3940870.843
P.11	250.000	Droite 1	89.516	751996.180	3940895.505

P.12	275.000	Droite 1	89.516	751992.082	3940920.166
P.13	300.000	Droite 1	89.516	751987.984	3940944.828
P.14	325.000	Droite 1	89.516	751983.885	3940969.490
P.15	350.000	Droite 1	89.516	751979.787	3940994.152
P.16	375.000	Clothoïde 2	90.185	751975.738	3941018.821
P.17	400.000	Clothoïde 2	94.549	751972.616	3941043.621
P.18	425.000	Arc 2	102.957	751971.997	3941068.595
P.19	450.000	Arc 2	113.014	751975.122	3941093.373
P.20	475.000	Arc 2	123.071	751982.105	3941117.350
P.21	500.000	Arc 2	133.129	751992.774	3941139.931
P.22	525.000	Arc 2	143.186	752006.863	3941160.551
P.23	550.000	Arc 2	153.243	752024.020	3941178.699
P.24	575.000	Arc 2	163.300	752043.818	3941193.921
P.25	600.000	Arc 2	173.358	752065.765	3941205.839
P.26	625.000	Clothoïde 3	182.297	752089.288	3941214.242
P.27	650.000	Clothoïde 3	185.744	752113.549	3941220.263
P.28	675.000	Droite 2	185.763	752137.926	3941225.807
P.29	700.000	Droite 2	185.763	752162.304	3941231.352
P.30	717.785	Droite 2	185.763	752179.646	3941235.296

### AXE PRINCIPAL

Num.	Abscisse	Axe Plan	Gisement	X	Y
P.1	0.000	Droite 1	11.785	755472.509	3940859.165
P.2	50.000	Droite 1	11.785	755423.363	3940868.369
P.3	100.000	Droite 1	11.785	755374.218	3940877.572
P.4	150.000	Droite 1	11.785	755325.072	3940886.775
P.5	200.000	Droite 1	11.785	755275.926	3940895.978
P.6	250.000	Droite 1	11.785	755226.781	3940905.181
P.7	300.000	Droite 1	11.785	755177.635	3940914.384
P.8	350.000	Droite 1	11.785	755128.489	3940923.587
P.9	400.000	Droite 1	11.785	755079.343	3940932.790
P.10	450.000	Droite 1	11.785	755030.198	3940941.994
P.11	500.000	Droite 1	11.785	754981.052	3940951.197
P.12	550.000	Droite 1	11.785	754931.906	3940960.400
P.13	600.000	Droite 1	11.785	754882.760	3940969.603
P.14	650.000	Droite 1	11.785	754833.615	3940978.806
P.15	700.000	Droite 1	11.785	754784.469	3940988.009
P.16	750.000	Droite 1	11.785	754735.323	3940997.212
P.17	800.000	Droite 1	11.785	754686.178	3941006.415
P.18	850.000	Droite 1	11.785	754637.032	3941015.619
P.19	900.000	Droite 1	11.785	754587.886	3941024.822
P.20	950.000	Arc 1	11.219	754538.705	3941033.830
P.21	1000.000	Arc 1	10.582	754489.436	3941042.349
P.22	1050.000	Arc 1	9.945	754440.084	3941050.376
P.23	1100.000	Arc 1	9.309	754390.655	3941057.908
P.24	1150.000	Arc 1	8.672	754341.153	3941064.945
P.25	1200.000	Arc 1	8.035	754291.583	3941071.488
P.26	1250.000	Arc 1	7.399	754241.950	3941077.534
P.27	1300.000	Arc 1	6.762	754192.260	3941083.083
P.28	1350.000	Arc 1	6.126	754142.516	3941088.136
P.29	1400.000	Arc 1	5.489	754092.724	3941092.690
P.30	1450.000	Arc 1	4.852	754042.889	3941096.747
P.31	1500.000	Arc 1	4.216	753993.016	3941100.305
P.32	1550.000	Arc 1	3.579	753943.110	3941103.364
P.33	1600.000	Arc 1	2.943	753893.175	3941105.924

P.34	1650.000	Arc 1	2.306	753843.218	3941107.985
P.35	1700.000	Arc 1	1.669	753793.243	3941109.545
P.36	1750.000	Arc 1	1.033	753743.254	3941110.606
P.37	1800.000	Arc 1	0.396	753693.258	3941111.167
P.38	1850.000	Arc 1	399.759	753643.258	3941111.228
P.39	1900.000	Arc 1	399.123	753593.260	3941110.789
P.40	1950.000	Arc 1	398.486	753543.269	3941109.851
P.41	2000.000	Arc 1	397.850	753493.290	3941108.412
P.42	2050.000	Arc 1	397.213	753443.328	3941106.473
P.43	2100.000	Arc 1	396.576	753393.387	3941104.035
P.44	2150.000	Arc 1	395.940	753343.474	3941101.098
P.45	2200.000	Arc 1	395.303	753293.592	3941097.662
P.46	2250.000	Arc 1	394.666	753243.748	3941093.727
P.47	2300.000	Arc 1	394.030	753193.945	3941089.294
P.48	2350.000	Arc 1	393.393	753144.189	3941084.363
P.49	2400.000	Arc 1	392.757	753094.484	3941078.935
P.50	2450.000	Arc 1	392.120	753044.837	3941073.010
P.51	2500.000	Arc 1	391.483	752995.251	3941066.589
P.52	2550.000	Arc 1	390.847	752945.732	3941059.672
P.53	2600.000	Arc 1	390.210	752896.285	3941052.261
P.54	2650.000	Arc 1	389.574	752846.914	3941044.355
P.55	2700.000	Arc 1	388.937	752797.624	3941035.956
P.56	2750.000	Arc 1	388.300	752748.422	3941027.065
P.57	2800.000	Arc 1	387.664	752699.310	3941017.682
P.58	2850.000	Arc 1	387.027	752650.295	3941007.808
P.59	2900.000	Arc 1	386.390	752601.381	3940997.445
P.60	2950.000	Droite 2	385.848	752552.572	3940986.598
P.61	3000.000	Droite 2	385.848	752503.802	3940975.575
P.62	3050.000	Droite 2	385.848	752455.032	3940964.551
P.63	3100.000	Droite 2	385.848	752406.263	3940953.527
P.64	3150.000	Droite 2	385.848	752357.493	3940942.504
P.65	3200.000	Droite 2	385.848	752308.723	3940931.480
P.66	3250.000	Droite 2	385.848	752259.954	3940920.456
P.67	3300.000	Droite 2	385.848	752211.184	3940909.433
P.68	3350.000	Droite 2	385.848	752162.414	3940898.409
P.69	3400.000	Droite 2	385.848	752113.645	3940887.386
P.70	3450.000	Arc 2	386.370	752064.831	3940876.558
P.71	3500.000	Arc 2	386.900	752015.929	3940866.138
P.72	3550.000	Arc 2	387.431	751966.942	3940856.126
P.73	3600.000	Arc 2	387.961	751917.873	3940846.523
P.74	3650.000	Arc 2	388.492	751868.726	3940837.328
P.75	3700.000	Arc 2	389.022	751819.504	3940828.544
P.76	3750.000	Arc 2	389.553	751770.210	3940820.170
P.77	3800.000	Arc 2	390.083	751720.849	3940812.207
P.78	3850.000	Arc 2	390.614	751671.422	3940804.655
P.79	3900.000	Arc 2	391.144	751621.935	3940797.516
P.80	3950.000	Arc 2	391.675	751572.389	3940790.790
P.81	4000.000	Arc 2	392.205	751522.790	3940784.476
P.82	4050.000	Arc 2	392.736	751473.139	3940778.576
P.83	4100.000	Arc 2	393.266	751423.441	3940773.090
P.84	4150.000	Arc 2	393.797	751373.699	3940768.019
P.85	4200.000	Arc 2	394.327	751323.917	3940763.362
P.86	4250.000	Arc 2	394.858	751274.097	3940759.120
P.87	4300.000	Arc 2	395.388	751224.244	3940755.293
P.88	4350.000	Arc 2	395.919	751174.360	3940751.882
P.89	4400.000	Arc 2	396.449	751124.450	3940748.887
P.90	4450.000	Droite 3	396.958	751074.517	3940746.308



P.91	4500.000	Droite 3	396.958	751024.574	3940743.920
P.92	4550.000	Droite 3	396.958	750974.631	3940741.532
P.93	4600.000	Droite 3	396.958	750924.688	3940739.144
P.94	4650.000	Droite 3	396.958	750874.745	3940736.756
P.95	4700.000	Droite 3	396.958	750824.802	3940734.368
P.96	4750.000	Droite 3	396.958	750774.859	3940731.980
P.97	4800.000	Droite 3	396.958	750724.917	3940729.592
P.98	4850.000	Droite 3	396.958	750674.974	3940727.203
P.99	4900.000	Droite 3	396.958	750625.031	3940724.815
P.100	4950.000	Droite 3	396.958	750575.088	3940722.427
P.101	5000.000	Droite 3	396.958	750525.145	3940720.039
P.102	5050.000	Droite 3	396.958	750475.202	3940717.651
P.103	5100.000	Droite 3	396.958	750425.259	3940715.263
P.104	5150.000	Droite 3	396.958	750375.316	3940712.875
P.105	5200.000	Droite 3	396.958	750325.373	3940710.487
P.106	5250.000	Droite 3	396.958	750275.430	3940708.099
P.107	5300.000	Droite 3	396.958	750225.487	3940705.711
P.108	5350.000	Droite 3	396.958	750175.544	3940703.323
P.109	5400.000	Arc 3	396.207	750125.614	3940700.692
P.110	5450.000	Arc 3	395.298	750075.726	3940697.358
P.111	5500.000	Arc 3	394.388	750025.890	3940693.312
P.112	5550.000	Arc 3	393.479	749976.117	3940688.555
P.113	5600.000	Arc 3	392.569	749926.417	3940683.087
P.114	5650.000	Arc 3	391.660	749876.801	3940676.910
P.115	5700.000	Arc 3	390.750	749827.278	3940670.024
P.116	5750.000	Arc 3	389.841	749777.858	3940662.432
P.117	5800.000	Arc 3	388.931	749728.552	3940654.135
P.118	5850.000	Arc 3	388.022	749679.369	3940645.134
P.119	5900.000	Arc 3	387.113	749630.320	3940635.431
P.120	5950.000	Arc 3	386.203	749581.414	3940625.029
P.121	6000.000	Arc 3	385.294	749532.662	3940613.929
P.122	6050.000	Arc 3	384.384	749484.074	3940602.134
P.123	6100.000	Arc 3	383.475	749435.659	3940589.646
P.124	6150.000	Arc 3	382.565	749387.428	3940576.467
P.125	6200.000	Arc 3	381.656	749339.389	3940562.601
P.126	6250.000	Arc 3	380.746	749291.554	3940548.050
P.127	6300.000	Arc 3	379.837	749243.931	3940532.817
P.128	6350.000	Arc 3	378.927	749196.531	3940516.906
P.129	6400.000	Arc 3	378.018	749149.363	3940500.319
P.130	6450.000	Arc 3	377.108	749102.436	3940483.060
P.131	6500.000	Arc 3	376.199	749055.761	3940465.132
P.132	6550.000	Arc 3	375.290	749009.347	3940446.540
P.133	6600.000	Arc 3	374.380	748963.203	3940427.286
P.134	6650.000	Droite 4	373.733	748917.327	3940407.402
P.135	6700.000	Droite 4	373.733	748871.523	3940387.352
P.136	6750.000	Droite 4	373.733	748825.720	3940367.302
P.137	6800.000	Droite 4	373.733	748779.916	3940347.252
P.138	6850.000	Droite 4	373.733	748734.112	3940327.202
P.139	6900.000	Droite 4	373.733	748688.308	3940307.152
P.140	6950.000	Droite 4	373.733	748642.504	3940287.102
P.141	7000.000	Droite 4	373.733	748596.700	3940267.052
P.142	7050.000	Droite 4	373.733	748550.896	3940247.002
P.143	7100.000	Droite 4	373.733	748505.092	3940226.953
P.144	7150.000	Droite 4	373.733	748459.288	3940206.903
P.145	7200.000	Droite 4	373.733	748413.484	3940186.853
P.146	7250.000	Droite 4	373.733	748367.680	3940166.803
P.147	7279.495	Droite 4	373.733	748340.661	3940154.975

# ANNEXE 4

## CUBATURE

### Axe: Axe en plan 100

<u>Abscisse</u>	<u>Surface de déblai (m2)</u>	<u>Volume de déblai (m3)</u>	<u>Surface de remblai (m2)</u>	<u>Volume de remblai (m3)</u>	<u>Vol. déblai Cum. (m3)</u>	<u>Vol. remblai Cum. (m3)</u>
0+00.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+25.000	0.00	0.00	12.27	153.32	0.00	153.32
0+50.000	0.00	0.00	2.44	183.85	0.00	337.17
0+75.000	0.00	0.00	4.08	81.57	0.00	418.74
1+00.000	0.00	0.00	3.88	99.55	0.00	518.29
1+25.000	0.00	0.00	3.95	97.83	0.00	616.12
1+34.477	0.00	0.00	4.00	37.63	0.00	653.75
1+35.000	0.00	0.00	4.00	2.09	0.00	655.84
1+50.000	0.00	0.00	4.00	59.98	0.00	715.82
1+65.000	0.00	0.00	4.60	63.84	0.00	779.66
1+80.000	0.00	0.00	5.74	76.49	0.00	856.15
1+95.000	0.00	0.00	8.51	105.91	0.00	962.06
2+02.130	0.00	0.00	6.79	54.00	0.00	1016.06
2+20.000	0.00	0.00	8.62	135.26	0.00	1151.32
2+40.000	0.00	0.00	11.37	196.30	0.00	1347.62
2+60.000	0.00	0.00	12.03	229.74	0.00	1577.36
2+80.000	0.00	0.00	15.28	268.07	0.00	1845.43
3+00.000	0.00	0.00	19.48	341.16	0.00	2186.59
3+14.195	0.00	0.00	22.49	292.31	0.00	2478.90
3+15.000	0.00	0.00	22.67	18.17	0.00	2497.07
3+30.000	0.00	0.00	25.90	358.47	0.00	2855.54
3+45.000	0.00	0.00	28.82	406.09	0.00	3261.63
3+60.000	0.00	0.00	31.03	446.65	0.00	3708.27
3+65.762	0.00	0.00	31.68	180.68	0.00	3888.95
3+75.000	0.00	0.00	32.49	296.42	0.00	4185.36
3+88.933	0.00	0.00	33.18	457.49	0.00	4642.85
3+90.000	0.00	0.00	33.20	35.42	0.00	4678.27
4+05.000	0.00	0.00	33.14	496.00	0.00	5174.27
4+20.000	0.00	0.00	32.46	487.82	0.00	5662.09
4+33.258	0.00	0.00	31.81	420.29	0.00	6082.38
4+40.000	0.00	0.00	31.18	209.00	0.00	6291.38
4+60.000	0.00	0.00	29.51	597.23	0.00	6888.61

4+80.000	0.00	0.00	28.65	572.05	0.00	7460.67
5+00.000	0.00	0.00	28.01	556.55	0.00	8017.21
5+20.000	0.00	0.00	26.12	530.21	0.00	8547.42
5+40.000	0.00	0.00	24.17	491.11	0.00	9038.53
5+60.000	0.00	0.00	21.05	439.97	0.00	9478.50
5+78.847	0.00	0.00	18.29	359.00	0.00	9837.50
5+85.000	0.00	0.00	18.15	108.57	0.00	9946.06
6+00.000	0.00	0.00	17.76	263.02	0.00	10209.08
6+15.000	0.00	0.00	17.34	260.18	0.00	10469.26
6+23.118	0.00	0.00	17.16	140.07	0.00	10609.33
6+25.000	0.00	0.00	17.12	32.25	0.00	10641.58
6+50.000	0.00	0.00	16.53	420.58	0.00	11062.16
6+75.000	0.00	0.00	15.95	405.95	0.00	11468.11
6+80.473	0.00	0.00	15.65	86.45	0.00	11554.56

### Axe: Axe en plan 110

<u>Abscisse</u>	<u>Surface de déblai (m2)</u>	<u>Volume de déblai (m3)</u>	<u>Surface de remblai (m2)</u>	<u>Volume de remblai (m3)</u>	<u>Vol. déblai Cum. (m3)</u>	<u>Vol. remblai Cum. (m3)</u>
0+00.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+25.000	0.00	0.00	2.43	30.33	0.00	30.33
0+40.812	0.00	0.00	3.45	46.44	0.00	76.77
0+45.000	0.00	0.00	3.67	14.91	0.00	91.68
0+60.000	0.00	0.00	1.87	41.26	0.00	132.94
0+75.000	0.00	0.00	3.94	42.84	0.00	175.79
0+90.000	0.00	0.00	8.30	90.02	0.00	265.81
0+92.890	0.00	0.00	9.57	25.37	0.00	291.18
1+00.000	0.00	0.00	12.44	77.33	0.00	368.50
1+10.000	0.76	3.98	10.85	114.23	3.98	482.74
1+20.000	0.53	6.75	13.11	116.11	10.73	598.85
1+30.000	0.31	4.41	15.87	140.48	15.14	739.33
1+40.000	0.14	2.37	19.17	169.91	17.51	909.24
1+50.000	0.02	0.82	23.09	205.07	18.34	1114.31
1+60.000	0.00	0.09	27.25	244.46	18.42	1358.76
1+70.000	0.00	0.00	31.11	283.51	18.42	1642.28
1+80.000	0.00	0.00	33.43	313.15	18.42	1955.43
1+95.000	0.00	0.00	20.27	392.72	18.42	2348.15
1+99.567	0.00	0.00	14.78	80.01	18.42	2428.16
2+05.428	0.00	0.00	8.37	72.27	18.42	2500.44
2+08.761	0.00	0.00	1.46	18.84	18.42	2519.28

### Axe en plan 55

<u>Abscisse</u>	<u>Surface de déblai (m2)</u>	<u>Volume de déblai (m3)</u>	<u>Surface de remblai (m2)</u>	<u>Volume de remblai (m3)</u>	<u>Vol. déblai Cum. (m3)</u>	<u>Vol. remblai Cum. (m3)</u>
0+00.000	0.00	0.00	33.81	0.00	0.00	0.00
0+20.000	0.00	0.00	19.07	489.97	0.00	489.97
0+40.000	0.00	0.00	24.64	413.23	0.00	903.21
0+60.000	0.00	0.00	16.57	397.16	0.00	1300.37
0+80.000	0.00	0.00	9.92	255.58	0.00	1555.95
0+93.556	0.00	0.00	9.63	129.58	0.00	1685.53
1+05.000	0.00	0.00	5.27	83.70	0.00	1769.24
1+20.000	0.00	0.00	3.52	64.21	0.00	1833.45
1+33.520	0.00	0.00	3.15	44.62	0.00	1878.07
1+50.000	0.00	0.00	2.99	50.62	0.00	1928.69
1+75.000	0.00	0.00	2.84	72.85	0.00	2001.54
1+97.107	0.00	0.00	3.06	65.15	0.00	2066.69
2+00.000	0.00	0.00	3.12	8.94	0.00	2075.63
2+25.000	0.00	0.00	2.76	73.49	0.00	2149.12
2+50.000	0.00	0.00	1.64	55.04	0.00	2204.16
2+75.000	0.00	0.00	2.88	56.51	0.00	2260.68
3+00.000	0.00	0.00	3.27	76.81	0.00	2337.48
3+25.000	0.00	0.00	3.24	81.30	0.00	2418.78
3+30.791	0.00	0.00	3.23	18.74	0.00	2437.52

### Axe: Axe en plan 80

<u>Abscisse</u>	<u>Surface de déblai (m2)</u>	<u>Volume de déblai (m3)</u>	<u>Surface de remblai (m2)</u>	<u>Volume de remblai (m3)</u>	<u>Vol. déblai Cum. (m3)</u>	<u>Vol. remblai Cum. (m3)</u>
0+00.000	0.00	0.00	23.65	0.00	0.00	0.00
0+25.000	0.00	0.00	24.38	600.41	0.00	600.41
0+50.000	0.00	0.00	25.11	618.62	0.00	1219.03
0+75.000	0.00	0.00	26.03	639.23	0.00	1858.26
0+81.719	0.00	0.00	26.29	175.75	0.00	2034.01
0+90.000	0.00	0.00	26.53	218.69	0.00	2252.70
1+05.000	0.00	0.00	24.14	383.81	0.00	2636.51
1+20.000	0.00	0.00	26.86	390.01	0.00	3026.53

1+28.208	0.00	0.00	26.22	223.53	0.00	3250.06
1+40.000	0.00	0.00	27.41	324.68	0.00	3574.74
1+60.000	0.00	0.00	31.73	605.45	0.00	4180.19
1+80.000	0.00	0.00	33.17	663.07	0.00	4843.26
2+00.000	0.00	0.00	33.50	680.84	0.00	5524.10
2+20.000	0.00	0.00	31.08	659.37	0.00	6183.47
2+40.000	0.00	0.00	24.41	566.17	0.00	6749.64
2+60.000	0.00	0.00	24.16	495.11	0.00	7244.75
2+80.000	0.00	0.00	24.42	495.10	0.00	7739.85
3+00.000	0.00	0.00	23.88	492.21	0.00	8232.06
3+20.000	0.00	0.00	21.97	467.26	0.00	8699.32
3+40.000	0.00	0.00	20.36	431.33	0.00	9130.64
3+54.033	0.00	0.00	19.38	284.07	0.00	9414.71
3+60.000	0.00	0.00	19.00	116.51	0.00	9531.22
3+75.000	0.00	0.00	18.14	282.23	0.00	9813.45
3+90.000	0.00	0.00	17.42	268.61	0.00	10082.06
4+00.523	0.00	0.00	16.90	180.61	0.00	10262.66
4+19.411	0.00	0.00	15.53	306.30	0.00	10568.97
4+20.000	0.00	0.00	15.48	9.14	0.00	10578.11
4+35.000	0.00	0.00	14.22	220.87	0.00	10798.98
4+50.000	0.00	0.00	13.41	202.24	0.00	11001.21
4+55.785	0.00	0.00	13.14	74.13	0.00	11075.34
4+60.000	0.00	0.00	12.91	52.84	0.00	11128.18
4+80.000	0.00	0.00	11.26	232.63	0.00	11360.82
5+00.000	0.00	0.00	8.27	188.00	0.00	11548.82
5+20.000	0.00	0.00	6.56	142.82	0.00	11691.64
5+40.000	0.00	0.00	6.97	131.21	0.00	11822.85
5+53.433	0.00	0.00	5.43	80.90	0.00	11903.74
5+55.000	0.00	0.00	5.17	8.02	0.00	11911.76
5+70.000	0.00	0.00	3.44	62.60	0.00	11974.36
5+85.000	0.00	0.00	5.56	66.51	0.00	12040.87
5+89.318	0.00	0.00	5.51	23.89	0.00	12064.76
5+97.771	0.00	0.00	5.40	46.08	0.00	12110.84

**Axe: Axe en plan ouvrage**

<u>Abcisse</u>	<u>Surface de déblai (m2)</u>	<u>Volume de déblai (m3)</u>	<u>Surface de remblai (m2)</u>	<u>Volume de remblai (m3)</u>	<u>Vol. déblai Cum. (m3)</u>	<u>Vol. remblai Cum. (m3)</u>
0+00.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+20.000	0.00	0.00	95.06	969.68	0.00	969.68

0+40.000	0.00	0.00	116.48	2158.85	0.00	3128.53
0+60.000	0.00	0.00	139.51	2613.84	0.00	5742.37
0+80.000	0.00	0.00	164.48	3105.01	0.00	8847.38
1+00.000	0.00	0.00	189.37	3618.15	0.00	12465.53
1+20.000	0.00	0.00	210.71	4093.27	0.00	16558.79
1+36.813	0.00	0.00	227.52	3764.93	0.00	20323.72
1+50.000	0.00	0.00	239.74	3132.99	0.00	23456.71
1+65.000	0.00	0.00	255.12	3740.95	0.00	27197.66
1+69.923	0.00	0.00	260.27	1268.51	0.00	28466.17
1+75.000	0.00	0.00	265.11	1333.80	0.00	29799.97
2+00.000	0.00	0.00	274.60	6746.38	0.00	36546.35
2+25.000	0.00	0.00	0.00	3432.53	0.00	39978.88
2+50.000	0.00	0.00	281.85	3523.08	0.00	43501.96
2+75.000	0.00	0.00	286.29	7101.70	0.00	50603.67
3+00.000	0.00	0.00	285.82	7151.41	0.00	57755.07
3+25.000	0.00	0.00	273.99	6997.60	0.00	64752.68
3+50.000	0.00	0.00	253.36	6591.76	0.00	71344.44
3+68.646	0.00	0.00	230.29	4509.17	0.00	75853.61
3+75.000	0.00	0.00	221.08	1433.93	0.00	77287.54
3+90.000	0.00	0.00	198.27	3139.24	0.00	80426.78
4+05.000	0.00	0.00	175.13	2789.32	0.00	83216.09
4+20.000	0.00	0.00	153.32	2448.24	0.00	85664.33
4+30.505	0.00	0.00	138.71	1521.86	0.00	87186.19
4+40.000	0.00	0.00	126.05	1246.11	0.00	88432.30
4+60.000	0.00	0.00	101.18	2252.66	0.00	90684.96
4+80.000	0.00	0.00	78.13	1777.70	0.00	92462.66
5+00.000	0.00	0.00	61.95	1389.00	0.00	93851.66
5+20.000	0.00	0.00	51.74	1127.67	0.00	94979.34
5+40.000	0.00	0.00	49.80	1007.82	0.00	95987.16
5+60.000	0.00	0.00	45.63	946.86	0.00	96934.02
5+80.000	0.00	0.00	41.66	866.08	0.00	97800.10
6+00.000	0.00	0.00	42.77	837.14	0.00	98637.23
6+17.240	0.00	0.00	38.84	695.21	0.00	99332.45
6+30.000	0.00	0.00	30.56	437.91	0.00	99770.36
6+45.000	0.00	0.00	27.03	429.33	0.00	100199.68
6+60.000	0.00	0.00	26.53	400.93	0.00	100600.61
6+60.832	0.00	0.00	26.50	22.06	0.00	100622.67
6+75.000	0.00	0.00	26.05	372.24	0.00	100994.92
7+00.000	0.00	0.00	25.29	641.74	0.00	101636.65

7+25.000	0.00	0.00	24.50	622.44	0.00	102259.09
7+25.773	0.00	0.00	24.45	18.92	0.00	102278.01

### Axe: Axe en plan principal

<u>Abscisse</u>	<u>Surface de déblai (m2)</u>	<u>Volume de déblai (m3)</u>	<u>Surface de remblai (m2)</u>	<u>Volume de remblai (m3)</u>	<u>Vol. déblai Cum. (m3)</u>	<u>Vol. remblai Cum. (m3)</u>
0+00.000	0.32	0.00	99.54	0.00	0.00	0.00
0+50.000	0.33	7.50	102.69	2558.12	14.94	5076.77
1+00.000	0.33	8.18	101.08	2542.85	31.31	10182.58
1+50.000	0.33	8.15	100.42	2522.59	47.63	15236.09
2+00.000	0.33	8.22	101.19	2534.55	64.03	20295.54
2+50.000	0.33	8.07	90.99	2354.15	80.22	25131.29
3+00.000	0.33	8.29	96.03	2361.57	96.77	29791.45
3+50.000	0.33	8.24	99.59	2484.05	113.20	34715.04
4+00.000	0.33	8.17	102.23	2548.95	129.57	39779.97
4+50.000	0.33	8.53	102.52	2550.91	146.62	44878.17
5+00.000	0.33	8.25	101.90	2543.14	163.11	49972.20
5+50.000	0.38	8.86	73.78	2201.75	180.22	54727.18
6+00.000	0.33	6.41	103.98	2490.00	193.67	59329.70
6+50.000	0.33	8.19	102.68	2576.87	210.08	64499.63
7+00.000	0.33	7.99	102.10	2564.79	226.05	69636.55
8+00.000	0.33	8.24	101.48	2548.72	258.99	79914.66
9+00.000	0.33	8.26	99.43	2503.74	291.97	89990.92
9+40.000	0.33	6.59	95.31	1911.34	305.12	93855.62
10+20.000	0.33	6.61	94.27	1863.47	331.53	101310.62
10+60.000	0.33	6.60	95.61	1916.46	344.74	105130.16
11+40.000	0.33	6.65	95.82	1910.30	371.17	112734.29
11+80.000	0.33	6.64	95.39	1913.53	384.45	116565.67
12+20.000	0.33	6.62	94.09	1887.75	397.69	120354.15
12+60.000	0.33	6.59	89.21	1815.50	410.89	124033.95
13+00.000	0.33	6.57	89.75	1804.37	424.06	127637.30
13+40.000	0.33	6.58	91.55	1841.27	437.20	131301.89
13+80.000	0.33	6.60	88.27	1775.21	450.38	134885.11
14+20.000	0.33	6.54	85.59	1728.64	463.49	138369.13
14+60.000	0.33	6.53	84.15	1687.62	476.55	141758.79
15+00.000	0.33	6.54	76.82	1579.05	489.64	144990.21
15+40.000	0.33	6.50	83.25	1599.15	502.65	148124.17
15+80.000	0.33	6.55	95.54	1855.90	515.70	151713.08

16+20.000	0.33	6.58	100.21	1972.89	528.87	155612.19
16+60.000	0.33	6.58	104.05	2075.30	542.04	159724.34
17+00.000	0.33	6.54	102.66	2061.13	555.15	163860.55
17+40.000	0.33	6.54	104.17	2070.58	568.21	167986.58
17+80.000	0.33	6.56	102.85	2067.80	581.31	172135.41
18+20.000	0.33	6.59	104.17	2067.38	594.48	176256.96
18+60.000	0.33	6.61	108.15	2157.87	607.69	180532.96
19+00.000	0.32	6.49	107.08	2159.59	620.79	184862.81
19+40.000	0.33	6.57	110.77	2179.93	633.81	189185.75
19+80.000	0.33	6.57	129.22	2489.35	646.99	193979.95
20+20.000	0.33	6.55	116.97	2481.11	660.08	199064.61
20+60.000	0.33	6.61	119.07	2363.74	673.28	203771.15
21+00.000	0.33	6.61	114.26	2326.84	686.51	208472.92
21+40.000	0.34	6.71	115.89	2288.55	699.80	213033.68
21+80.000	0.33	6.54	119.20	2371.03	713.05	217742.71
22+20.000	0.34	6.61	127.19	2503.06	726.17	222668.94
22+60.000	0.33	6.54	127.08	2554.52	739.32	227779.09
23+00.000	0.33	6.56	130.06	2555.08	752.44	232859.44
23+40.000	0.33	6.58	139.18	2743.03	765.60	238254.31
23+80.000	0.33	6.61	148.14	2918.17	778.83	244001.02
24+20.000	0.33	6.60	149.24	2997.98	792.00	249986.01
24+60.000	0.33	6.57	147.69	2946.05	805.17	255893.53
25+00.000	0.33	6.57	149.42	2978.73	818.31	261833.76
25+40.000	0.33	6.57	149.37	3008.52	831.45	267851.24
25+80.000	0.33	6.63	133.97	2799.66	844.66	273604.60
26+20.000	0.32	6.56	140.15	2765.43	857.88	279073.67
26+60.000	0.33	6.51	144.38	2863.77	870.85	284758.89
27+00.000	0.33	6.67	143.62	2904.42	884.14	290575.37
27+40.000	0.34	6.70	135.13	2763.66	897.50	296187.53
27+80.000	0.33	6.56	131.72	2663.09	910.71	301547.87
28+20.000	0.33	6.56	118.98	2452.33	923.82	306579.92
28+60.000	0.33	6.54	105.05	2168.94	936.92	311057.13
29+00.000	0.33	6.55	95.87	1958.48	950.01	315065.87
29+05.973	0.33	1.95	94.67	568.99	951.97	315634.86
29+40.000	0.33	6.56	88.24	1801.99	963.12	318745.79
29+42.603	0.33	0.85	87.74	229.00	963.98	318974.79
29+50.000	0.33	2.43	86.32	643.82	966.41	319618.61
30+00.000	0.33	8.23	73.69	1933.29	982.86	323643.02
30+50.000	0.33	8.07	57.78	1557.94	999.05	326957.87
30+58.417	0.33	2.74	56.15	479.51	1001.79	327437.38



30+72.473	0.33	4.57	55.00	781.14	1006.36	328218.51
31+00.000	0.33	8.24	58.69	1423.15	1015.43	329780.87
31+50.000	0.33	8.22	59.31	1483.01	1031.87	332739.11
31+94.253	1.21	13.40	22.03	675.02	1051.68	334756.73
32+50.000	0.00	0.00	40.28	1044.21	1070.23	336804.64
32+70.975	0.00	0.00	45.17	896.11	1070.23	337700.75
33+00.000	0.00	0.00	43.48	1103.87	1070.23	338985.74
33+18.216	0.00	0.00	42.56	783.63	1070.23	339769.37
33+58.993	0.00	0.00	35.41	569.40	1070.23	341410.71
34+00.000	0.00	0.00	36.71	896.72	1070.23	342871.21
34+00.845	0.00	0.00	36.70	31.02	1070.23	342902.23
34+20.000	0.00	0.00	34.72	683.95	1070.23	343586.17
34+37.475	0.00	0.00	33.15	592.95	1070.23	344179.12
34+60.000	0.00	0.00	36.61	695.88	1070.23	344958.48
35+00.000	0.00	0.00	36.29	728.74	1070.23	346419.14
35+14.679	0.00	0.00	35.64	527.93	1070.23	346947.07
35+54.881	0.00	0.00	36.88	544.46	1070.23	348402.30
36+00.000	0.00	0.00	36.18	730.42	1070.23	350058.83
36+20.422	0.00	0.00	36.99	747.10	1070.23	350805.93
36+64.714	0.00	0.00	41.03	917.86	1070.23	352411.35
37+00.000	0.00	0.00	37.25	807.12	1070.23	353864.24
37+34.271	0.00	0.00	31.03	460.96	1070.23	355033.35
37+80.000	0.02	0.29	23.69	501.06	1070.64	356273.45
37+94.138	0.05	0.47	26.62	355.60	1071.11	356629.06
38+40.000	0.23	4.48	14.66	327.75	1079.07	357535.24
38+80.000	0.33	5.38	11.31	259.70	1088.76	358088.15
39+20.000	2.66	32.12	7.51	162.02	1129.71	358450.20
39+60.000	4.81	79.73	3.26	93.26	1267.70	358679.22
40+00.000	11.32	187.83	0.18	14.60	1578.27	358739.27
40+40.000	19.56	358.50	0.00	0.00	2212.81	358741.02
40+80.000	21.97	423.50	0.00	0.00	3035.76	358741.02
41+20.000	24.65	515.40	0.00	0.00	4039.71	358741.02
41+60.000	33.03	589.09	0.00	0.00	5134.18	358741.02
42+00.000	40.27	784.28	0.00	0.00	6630.27	358741.02
42+40.000	43.80	862.79	0.00	0.00	8320.59	358741.02
42+80.000	46.20	919.02	0.00	0.00	10134.64	358741.02
43+20.000	49.25	1100.43	0.00	0.00	12304.97	358741.02
43+60.000	37.61	789.58	0.00	0.00	14000.55	358741.02
44+00.000	28.25	611.75	0.00	0.00	15317.63	358741.02
44+11.342	24.64	299.92	0.00	0.00	15617.55	358741.02

44+40.000	13.50	346.72	0.00	0.00	16162.57	358741.02
44+47.972	11.69	100.40	0.10	0.39	16262.97	358741.40
44+50.000	11.15	23.16	0.17	0.27	16286.14	358741.67
45+00.000	6.10	163.82	2.74	73.71	16676.92	358857.02
45+22.342	3.02	101.93	8.51	125.69	16778.85	358982.70
45+50.000	4.11	87.62	10.53	241.15	16874.35	359246.82
45+77.842	1.40	4.22	17.43	48.74	16949.49	359638.15
46+00.000	1.06	27.35	20.73	422.77	16976.84	360060.92
46+50.000	0.66	19.05	26.76	625.20	17019.98	361236.01
47+00.000	0.57	15.24	28.26	724.32	17051.63	362665.84
47+50.000	0.36	9.82	35.64	800.78	17073.89	364175.11
48+00.000	0.33	8.32	39.00	974.14	17090.90	366081.41
48+50.000	0.35	8.65	28.64	873.50	17107.90	367957.91
49+00.000	0.33	8.55	34.54	815.47	17125.31	369515.18
49+50.000	0.34	8.15	41.83	998.83	17141.47	371421.72
50+00.000	0.33	8.14	49.94	1181.51	17157.92	373683.38
50+50.000	0.29	7.65	58.24	1442.70	17173.67	376464.93
51+00.000	0.33	8.44	71.43	1655.83	17190.05	379611.79
51+50.000	0.35	8.80	85.16	2044.53	17207.41	383529.21
52+00.000	0.33	8.84	94.94	2319.12	17225.33	388045.21
52+28.829	0.33	1.26	102.84	391.26	17234.83	390892.55
52+50.000	0.36	7.30	110.04	2253.56	17242.13	393146.11
52+84.329	0.33	3.12	116.05	1083.02	17254.00	397056.54
53+00.000	0.33	5.17	117.08	1826.72	17259.17	398883.26
53+50.000	0.36	8.68	126.11	3086.38	17276.23	404943.12
53+58.699	0.33	2.98	128.41	1107.00	17279.21	406050.12
53+80.000	0.32	6.47	132.99	2617.30	17286.11	408834.75
53+95.329	0.27	4.53	135.35	2056.63	17290.63	410891.38
54+00.000	0.26	1.26	136.12	634.08	17291.89	411525.46
54+40.000	0.11	3.06	146.67	2880.53	17299.52	417181.06
54+80.000	0.03	0.81	151.92	3017.38	17301.98	423163.29
55+20.000	0.00	0.05	160.61	3162.31	17302.38	429400.97
55+60.000	0.00	0.00	171.05	3366.20	17302.38	436028.94
56+00.000	0.00	0.00	185.23	3622.04	17302.38	443131.31
56+40.000	0.00	0.00	198.33	3991.96	17302.38	450984.22
56+80.000	0.00	0.00	213.41	4187.53	17302.38	459208.42
57+20.000	0.00	0.00	233.44	4540.90	17302.38	468089.90
57+60.000	0.00	0.00	260.06	5034.39	17302.38	477892.54
58+00.000	0.00	0.00	275.34	5459.46	17302.38	488658.69
58+40.000	0.00	0.00	286.82	5555.90	17302.38	499655.61

58+80.000	0.00	0.00	313.94	6183.20	17302.38	511750.87
59+20.000	0.00	0.00	299.78	6186.74	17302.38	524265.94
59+60.000	0.00	0.00	297.38	5938.79	17302.38	536167.54
60+00.000	0.00	0.00	292.11	5868.92	17302.38	547958.10
60+40.000	0.00	0.00	294.12	5853.31	17302.38	559644.62
60+80.000	0.00	0.00	300.30	5980.82	17302.38	571544.41
61+20.000	0.00	0.00	300.11	6002.22	17302.38	583550.78
61+60.000	0.00	0.00	307.49	6085.27	17302.38	595647.49
62+00.000	0.00	0.00	323.68	6383.56	17302.38	608252.73
62+40.000	0.00	0.00	337.72	6703.52	17302.38	621519.40
62+80.000	0.00	0.00	343.90	6834.12	17302.38	635125.86
63+20.000	0.00	0.00	353.81	7049.10	17302.38	649124.94
63+60.000	0.00	0.00	361.52	7204.85	17302.38	663457.55
64+00.000	0.00	0.00	372.70	7411.70	17302.38	678169.15
64+40.000	0.00	0.00	389.51	7694.07	17302.38	693389.15
64+80.000	0.00	0.00	390.92	7811.02	17302.38	708997.10
65+20.000	0.00	0.00	398.71	7943.90	17302.38	724807.03
65+60.000	0.00	0.00	401.66	8025.86	17302.38	740829.21
65+98.967	0.00	0.00	392.30	7456.82	17302.38	756242.61
66+00.000	0.00	0.00	392.88	405.60	17302.38	756648.21
66+35.597	0.00	0.00	393.49	6151.47	17302.38	770681.67
66+50.000	0.00	0.00	391.06	5649.95	17302.38	776331.62
67+00.000	0.00	0.00	385.94	9666.89	17302.38	795729.32
67+09.967	0.00	0.00	385.71	3845.47	17302.38	799574.79
67+50.000	0.00	0.00	381.14	9568.95	17302.38	814932.12
67+65.467	0.00	0.00	379.05	5878.89	17302.38	820811.01
68+00.000	0.00	0.00	376.00	9424.31	17302.38	833843.58
68+50.000	0.00	0.00	361.43	9164.26	17302.38	852354.28
69+00.000	0.00	0.00	351.74	8808.32	17302.38	870092.05
69+50.000	0.00	0.00	352.56	8810.84	17302.38	887703.50
70+00.000	0.00	0.00	352.28	8788.78	17302.38	905284.57
70+50.000	0.00	0.00	339.65	8511.59	17302.38	922465.61
71+00.000	0.00	0.00	343.32	8645.29	17302.38	939710.28
71+50.000	0.00	0.00	327.31	8381.53	17302.38	956673.48
72+00.000	0.00	0.00	325.70	8180.61	17302.38	973054.86
72+50.000	0.00	0.00	340.45	8653.04	17302.38	990176.55
73+00.000	0.00	0.00	328.77	8385.30	17302.38	1007093.17
73+03.402	0.00	0.00	328.01	1117.03	17302.38	1008210.20

# LISTE DES TABLEAUX

N°	Nom du tableau	Page
3.1	Eventuelle zone inondable	7
3.2	Donnée de sondage des niveaux de nappes	7
3.3	Donnée de sondage	8
4.1	Paramètres géométriques de l'autoroute	12
5.1	Le trafic journalier moyen annuel à l'année 2009	13
5.2	Taux de croissance du trafic (%)	13
5.3	Calcul du trafic journalier moyen annuel à l'année horizon	14
5.4	Trafic moyen journalier moyen annuel (v/j)	15
5.5	Coefficient d'équivalence « P »	15
5.6	Calcul du trafic effectif $T_{eff}$	15
5.7	Calcul du débit $Q_{prévisible}$	16
5.8	Coefficient « K1 »	16
5.9	Coefficient « K2 »	16
5.10	Valeur de la capacité théorique	17
5.11	Détermination de nombre de voies	17
6.1	Formations identifiées par puits de reconnaissance	20
6.2	Formations identifiées par forages carottés	21
6.3	Essais pressiométriques	21
6.4	Essais SPT	22
6.5	Données de sondage des niveaux de nappes	22
6.6	Caractéristiques du tuf de la carrière d'Ahl Ounane	26
6.7	Caractéristiques du tuf de la carrière d'Ali Cherif	26
7.1	Choix des températures équivalentes	29
7.2	Le trafic à l'année de mise en service	29
7.3	Le trafic de PL/j/sens	30
7.4	Calcul du trafic selon la répartition transversale de la chaussée	30
7.5	TJMA <sub>pl</sub> (v/j/s) de la voie la plus chargée (année de référence)	30
7.6	Nombre cumulé PL TC <sub>i</sub>	31
7.7	Valeur de coefficient d'agressivité A	32
7.8	Valeur de tCEi <sub>2030</sub>	32
7.9	Classe TPLi pour RP1	32
7.10	Risque adopté pour le réseau RP1	32
7.11	Présentation des classes de portance des sols	33
7.12	Classes de portance à long terme du sol support	33
7.13	Calcul de déformation admissible	35
7.14	Performances mécaniques des matériaux bitumineux	36
7.15	Comparaison des déformations admissibles	37
7.16	Détermination de l'épaisseur totale	38
7.17	Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau	38
7.18	Les résultats des deux méthodes	40
8.1	Valeurs extrêmes des alignements droits du tracé en plan	42
8.2	Valeurs minimales des rayons du tracé en plan	42
8.3	Les éléments de l'axe du tracé en plan	43
8.4	Les données de l'axe à calculer	44
8.5	Valeurs extrêmes des paramètres du profil en long	46
8.6	Les données de l'axe à calculer	47
9.1	Nombre de voies de chaque tronçon	51
9.2	Profil en travers type proposé	55

11.1	Pluie maximum journalière (millimètre)	61
11.2	Les données Des sous bassins versants	63
11.3	Calcul de l'intensité	64
11.4	Les coefficients de ruissellements	64
11.5	Les surfaces des sous bassin versants	64
11.6	Le débit équivalent des bassins versants	65
11.7	Valeurs de $Q_s$ en fonction de (b,h)	66
11.8	Tableau récapitulatif des dalots et buses	67
12.1	Valeurs limites des rayons du tracé en plan	69
12.2	Enchaînement des éléments du tracé en plan	70
12.3	Les valeurs limites des paramètres du profil en long	72
12.4	Largeurs des composants du profil en travers	72
12.5	Dévers de la chaussée	72
12.6	Bretelle unidirectionnelle à une voie	73
12.7	Bretelle bidirectionnelle à 2 voies	73
12.8	Bretelle bidirectionnelle à 2x2 voies	73
12.9	Principales distances de visibilité	74
14.1	Les caractéristiques de tous les types des lignes adoptées	80
14.2	Plaques de signalisation à l'entrée de l'échangeur	86

# LISTE DES FIGURES

N°	Nom de la figure	Page
2.1	Les lots de tracé de l'autoroute Est-Ouest	2
2.2	Les sections de lot Ouest de l'AEO (W4 la section concernée)	3
2.3	La situation du projet dans la section W4	3
2.4	Image satellite de la zone du projet	4
3.1	Les Oueds de la zone : SIG, TAKRARA	7
3.2	Les principales contraintes : routes (RN,CW), oueds, terrains agricoles (oliviers...)	8
3.3	La variante « 01 »	9
3.4	La variante « 02 »	10
5.1	Schéma illustratif	14
5.2	Répartition de nombre de voies sur le tracé	17
6.1	Carrière d'Ahl Ounane	26
6.2	Carrière d'Ali Chérif	27
6.3	Carrière de Tizi	27
7.1	Position du projet dans la carte climatique de l'Algérie	29
7.2	Les épaisseurs des couches par la méthode du catalogue	34
7.3	Mode de fonctionnement de la structure	35
7.5	Le dimensionnement du tronçon (CW 21 vers échangeur RN 97)	39
7.6	Le dimensionnement du tronçon (Echangeur RN 97 vers fin de projet)	39
8.1	Raccordement circulaire entre deux alignements	44
8.2	Schéma illustratif d'un rayon concave	47
9.1	Différents types de profil en travers	50
9.2	Les éléments de profil en travers	51
9.3	Détail de terre plein central (TPC)	51
9.4	Les éléments du profil en travers au droit des ouvrages d'art courant	53
10.1	Les sections des profils en travers d'un tracé donné	57
10.2	Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné	57
11.1	Les réseaux des isohyètes interannuelles	61
11.2	La forme du fossé	65
11.3	Le fossé retenu	66
11.4	La forme de buse	66
12.1	Plan de situation de l'échangeur	68
12.2	Graphe de la longueur de clothoïde en fonction du rayon	70
12.3	La zone de décélération	71
12.4	La zone de d'accélération	72
12.5	Visibilité sur une entrée d'autoroute	73
12.6	Visibilité sur une sortie d'autoroute	74
13.1	Les éléments du profil en travers d'ouvrage d'art	76
13.2	Coupe longitudinale d'une culée d'un pont	76
14.1	Les lignes longitudinales	83
14.2	Lignes transversales	83
14.3	Les lignes de délimitation de voies dans le tracé	83
14.4	Avec affectation de voies	83
14.5	Sans affectation de voies	84
14.6	Même nombre de voies	84
14.7	Nombre de voies inférieur	84
14.8	Schéma de marquage avec hachures	84