

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 sur 10 Km  
avec conception d'un échangeur

Proposé par :

ANA

Encadreur :

Mr. BEN MESBAH MOHAMED

LAMINE

Présenté par :

Mr. KHELIFA BILEL

Mr. KHOUIEL MOHAMED

**Promotion 2012**

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics. Garidi. Kouba.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## *Remerciements*

*Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce travail.*

*En second lieu, notre encadreur*

*Mr : BEN MESBAH MOHAMED LAMINE pour ses appréciations compétentes, ses précieux conseils et son aide durant toute la période du travail.*

*Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers tous les Enseignants et le personnel administratif de l'ENSTP qui ont contribué à notre formation et à l'élaboration de ce présent travail.*

*Nous tenons à remercier Mr Guerti Antar chef de service de route à L'ANA*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail. Et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.*



# بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

*Au nom d'ALLAH, le tout Miséricordieux, le très Miséricordieux*

*Je remercie ALLAH le tout Puissant clément et Miséricordieux*

*De m'avoir motivé à réaliser ce modeste travail.*

*Je dédie ce modeste travail à **ma très chère mère**, qui m'a accompagné durant les moments les plus pénibles de ce long parcours de mon éducation, celle qui a fait preuve de ces plus copieux desseins pour me permettre de goûter le fardeau de ce monde et de chercher la voie de ma vie avec ces précieux conseils.*

*A **mon père** qui a sacrifié sa vie afin de me voir grandir et réussir dans le parcours de l'enseignement. Celui qui a toujours resté à mes côtés dans les moments rudes de ma vie.*

*A Mes cher **frères** et **sœurs***

*A toute la famille **KHELIFA** sans exception*

*A tous mes amis*

*A mon binôme et confrère **KHOUIEL MOHAMED***

*A mes confrères de **la promotion 2012***

*A mon **encadreur** et tous les enseignants de l'**ENSTP***

*A tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce mémoire.*

*Et à tous ceux qui portent l'Algérie dans leurs cœurs et veulent la construire.*

**KHELIFA BILEL**



# بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

*Au nom d'ALLAH, le tout Miséricordieux, le très Miséricordieux*

*Je remercie ALLAH le tout Puissant clément et Miséricordieux*

*De m'avoir motivé à réaliser ce modeste travail.*

*Je dédie ce modeste travail à **ma très chère mère**, qui m'a accompagné durant les moments les plus pénibles de ce long parcours de mon éducation, celle qui a fait preuve de ces plus copieux desseins pour me permettre de goûter le fardeau de ce monde et de chercher la voie de ma vie avec ces précieux conseils.*

*A **mon père** qui a sacrifié sa vie afin de me voir grandir et réussir dans le parcours de l'enseignement. Celui qui a toujours resté à mes côtés dans les moments rudes de ma vie.*

*A Mes cher **frères** et **sœurs***

*A toute la famille **KHOUIEL** sans exception*

*A tous mes amis*

*A mon binôme et confrère : **KHELIFA BILEL***

*A mes confrères de **la promotion 2012***

*A mon **encadreur** et tous les enseignants de l'**ENSTP***

*A tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce mémoire.*

*Et à tous ceux qui portent l'Algérie dans leurs cœurs et veulent la construire.*

**KHOUIEL MOHAMED**



# **SOMMAIRE**

Page

## **INTRODUCTION GENERALE**

### **CHAPITRE 1 PRESENTATION DU PROJET**

1. Introduction .....	01
2. Cadre de l'étude .....	01
3. La 4ème Rcade Autoroutière d'ALGER .....	01
4. Description de la 4ème Rcade Autoroutière D'Alger .....	01
5. Objectifs de l'étude .....	02
6. Pourquoi une 4ème rocade d'Alger ? .....	02
7. Une Autoroute à péage .....	03

### **CHAPITRE 2 AVANT PROJET SOMMAIRE**

1. Introduction .....	04
2. La zone d'études .....	04
3. Types des contraintes .....	04
4. Choix de couloir (APS) .....	05
5. Conclusion .....	07

### **CHAPITRE 3 ETUDE DE TRAFIC**

1. Introduction .....	08
2. Les données de trafic .....	08
3. Projection future du trafic .....	08
4. Calcul du Trafic Effectif .....	09
5. Débit de pointe horaire normale .....	10
6. Débit Horaire Admissible .....	10
7. Détermination Nombre Des Voies .....	11
8. L'année de saturation .....	12

## CHAPITRE 4 CONCEPTION DE L'ÉCHANGEUR

1. Définition d'un échangeur .....	13
2. Règles de conception .....	13
3. Le rôle d'un échangeur .....	13
4. Les différents types d'échangeurs .....	14
5. Caractéristiques géométriques des échangeurs .....	16
6. Choix de l'échangeur .....	16
7. Vitesse de référence .....	17
8. Caractéristiques géométriques des bretelles.....	17
9. Visibilité .....	20

## CHAPITRE 5 TRACE EN PLAN

1. Introduction .....	22
2. Tracé en plan .....	22
2.1 Valeurs des rayons .....	22
2.2 Enchaînement des éléments du tracé en plan .....	22
2.3 Raccordements progressifs .....	23
2.4 Exemple de calcul de tracé en plan .....	23

## CHAPITRE 6 PROFIL EN LONG

1. Définition .....	26
2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long .....	26
3. Coordination du tracé en Plan et Du profil en long .....	26
4. Paliers et déclivités .....	27
4.1 Valeurs limites .....	27
4.2 Exemple de calcul de profil en long .....	28

## CHAPITRE 7 PROFIL EN TRAVERS

1. Introduction .....	30
2. Profil en travers en section courante .....	30
2.1 Chaussée .....	30
2.2 Terre-plein central (T.P.C) .....	30
2.3 Accotement .....	31
3. Profils en travers au droit des ouvrages d'art courants .....	32
4. Pentes transversales .....	32
4.1 En alignement et en courbe non déversée .....	32
4.2 En courbe déversée .....	33
4.3 Changement de dévers .....	33
5. Profil en travers type du notre projet .....	34

## CHAPITRE 8

## ETUDE GEOTECHNIQUE

1	Introduction .....	35
2	Les moyens de reconnaissance .....	35
2.1	L'étude des archives et documents existants .....	35
2.2	Les différents essais «in-situ » .....	35
2.3	Les différents essais en laboratoire .....	36
3	Stabilité des talus .....	41
4	Conditions de remblais .....	41

## CHAPITRE 9

## DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSÉE

1.	Introduction .....	42
2.	Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves .....	42
2.1	Les données climatiques.....	42
2.2	Le trafic .....	43
3.	Présentation des classes de portance des sols .....	46
4.	classes de portances de sols supports pour le dimensionnement .....	46
5.	Choix de dimensionnement .....	47
6.	Vérification en fatigue des structures .....	48
6.1	Calcul la déformation admissible ( $\epsilon_{z,adm}$ )de sol support .....	48
6.2	Calcul de la déformation admissible de traction ( $\epsilon_{t,adm}$ ) .....	48
7.	Méthode de C.B.R (California – Bearing – Ratio) .....	52
7.1	L'épaisseur équivalente .....	53
8.	Conclusion .....	54

## CHAPITRE 10

## CUBATURE

1.	Généralités .....	55
2.	Les méthodes de calcul. ....	55
3.	Description de la méthode.....	55
4.	Application .....	56
5.	Calcul des Cubatures de Terrassement. ....	56

## CHAPITRE 11

## ASSAINISSEMENT ROUTIER

1.	Introduction .....	57
2.	Objectif de l'assainissement .....	57
3.	Assainissement de la chaussée .....	57
4.	Assainissement du TPC de 12m .....	59
5.	Etude Hydrologique .....	59
6.	Dimensionnement .....	64
6.1	Dimensionnement des fosses .....	64
6.2	Dimensionnement des buses .....	66
6.3	Dimensionnement des dalots .....	67

## **CHAPITRE 12 SIGNALISATION ET ECLAIRAGE**

1. Introduction .....	69
2. Signalisation horizontale .....	69
2.1 Caractéristiques générales des marques .....	69
3. Signalisation verticale .....	72
3.1 Signalisation de danger, de prescription et d'indication .....	72
3.2 Signalisation de direction .....	73
4. Signalisation de l'échangeur .....	74

## **CHAPITRE 13 IMPACT SUR L'ENVIROENNEMENT**

1. Introduction .....	75
2. Cadre juridique .....	75
3. Objectifs .....	75
4. L'impact sur l'agriculture .....	76
5. L'impact sur la nature .....	76
6. L'impact sur les habitants .....	77
7. Conclusion .....	78

## **CHAPITRE 14 LES OUVRAGE D'ART**

1. Introduction .....	79
2. les types d'ouvrage .....	79
2.1 Au niveau de l'échangeur de la 4ème rocade d'Alger .....	79
2.2 Au niveau des voies de rétablissement .....	80
3. Rétablissements préconises .....	80
3. Conclusion .....	81

## **CHAPITRE 15 DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF** 82

## **CONCLUSION GENERALE** 84

## **BIBLIOGRAPHIE**

## **LISTES DES ANNEXES**

# INTRODUCTION GENERALE

A La fin de chaque cycle de formation, l'école nationale supérieure des travaux publics (ENSTP), prévoit dans son programme du deuxième semestre de la cinquième année un travail de fin d'étude qui s'étale sur une durée de trois (03) mois environ.

L'objectif de ce travail, est d'étudier un projet réel afin de permettre de :

- + compléter les connaissances théoriques acquises durant les cycles de formation.
- + s'intégrer au monde du travail.
- + connaître les missions et les responsabilités d'un ingénieur d'état en travaux publics.

De ce fait l'élève ingénieur est appelé à fournir beaucoup d'effort, faire des observations; des remarques afin de présenter un travail qui est digne de son nom.

C'est dans ce cadre que l'Agence Nationale des Autoroutes nous a proposé un projet de fin d'étude qui consiste en :

## **L'Etude d'un tronçon autoroutier sur 10 km avec conception d'un échangeur**

Le projet global appelle la 4ème rocade d'Alger, projet autoroutier de 300 km de longueur, reliera Khemis Miliana dans la wilaya d'Ain Defla et la ville de Bordj Bou Arreridj.

Les avantages qui découlent de notre projet sont de deux ordres à savoir:

**Les avantages directs :** qui concernent principalement tous les usagers de la route : gain de temps et de confort, garantir la sécurité et l'économie de fonctionnement des véhicules. Ces avantages peuvent être mesurés en unités physiques (heures, nombre d'accidents, de morts de blessés, journées d'hospitalisation, carburants, ...).

**Les avantages indirects :** qui ne concernent pas directement les usagers de la route, mais la politique du transport et plus généralement, le développement économique national ou local et l'aménagement du territoire.

## CHAPITRE 1

---

# Présentation du projet

## 1. Introduction :

La wilaya d'AIN DEFLA est située à 145 km au Sud-Ouest de la capitale et englobe d'importants axes routiers, elle s'étend sur une superficie de 4260 km<sup>2</sup> avec une population estimée au 31/12/2007 à 777264H.

Elle recouvre une superficie agricole totale de 235611 ha soit 53% de la superficie totale de la wilaya, elle est comme une source agriculture grâce à ça la 4ème Rocade Autoroutière traverse la wilaya d'AIN DEFLA

## 2. Cadre de l'étude:

Notre projet c'est le tronçon « du pk16 au pk26 » de la 4ème Rocade Autoroutière d'Alger; qui situe à l'Est de la wilaya d'AIN DEFLA (entre l'est de la ville de Djendel et l'ouest de la ville de Amoura).il passe par les contraintes :

RN18 au pk18+687, CC au pk24+524 et Oued Chorfa au pk25+490.

Notre projet consiste à faire une conception d'un échangeur relie la RN18 avec la 4ème Rocade Autoroutière au PK 16+520 environ, avec une gare de péage.

## 3. La 4ème Rocade Autoroutière d'ALGER :

La 4ème Rocade d'Alger présentera les caractéristiques d'une Autoroute de liaison à péage, dont Le profil en travers est en 2x2 voies, élargis sable à terme à 2x3 voies par l'intérieur. Les ouvrages D'art et le tunnel prévus seront étudiés et réalisés directement en 2x3 voies.

La vitesse de circulation sera de 110 km/h.

## 4. Description de la 4ème Rocade Autoroutière D'Alger :

La 4ème Rocade d'Alger est une Autoroute à péage qui traverse les territoires de cinq (05) Wilayas Du centre du pays, à savoir : Ain Defla, Médéa, Bouira, M'Sila et Bordj Bou Arreridj. Elle prend naissance dans la wilaya d'Aïn Defla, au niveau de l'échangeur de l'Autoroute Est-Ouest situé à 03 Kms de Khemis Miliana et traverse le territoire de cette Wilaya en passant par Les localités de Djendel et Amoura, puis traverse le territoire de la Wilaya de Médéa, en passant Par les localités de Hennacha et Ouled Bouachra, pour arriver à environ 5 km au sud de la ville de Berrouaghia (au niveau de la RN1), puis Rébaïa et Chellalet El Adhaoura. Elle traverse par la suite les territoires des Wilaya de Bouira et M'Sila en passant non loin de Dirah, De Sidi Aissa et de Tarmount, pour terminer en fin sa course dans la Wilaya de Bordj Bou Arreridj ,Au niveau de l'Autoroute Est-Ouest.

## 5. Objectifs de l'étude :

L'objectif principal destiné au projet est :

- Relie la 4ème Rocade Autoroutière d'Alger à RN18.
- Gain de temps.
- Garantir une meilleure fluidité de la circulation.
- Assurer la sécurité sur ce tronçon.
- Raccorder la ville de Djendel (zone agriculture) à Alger.

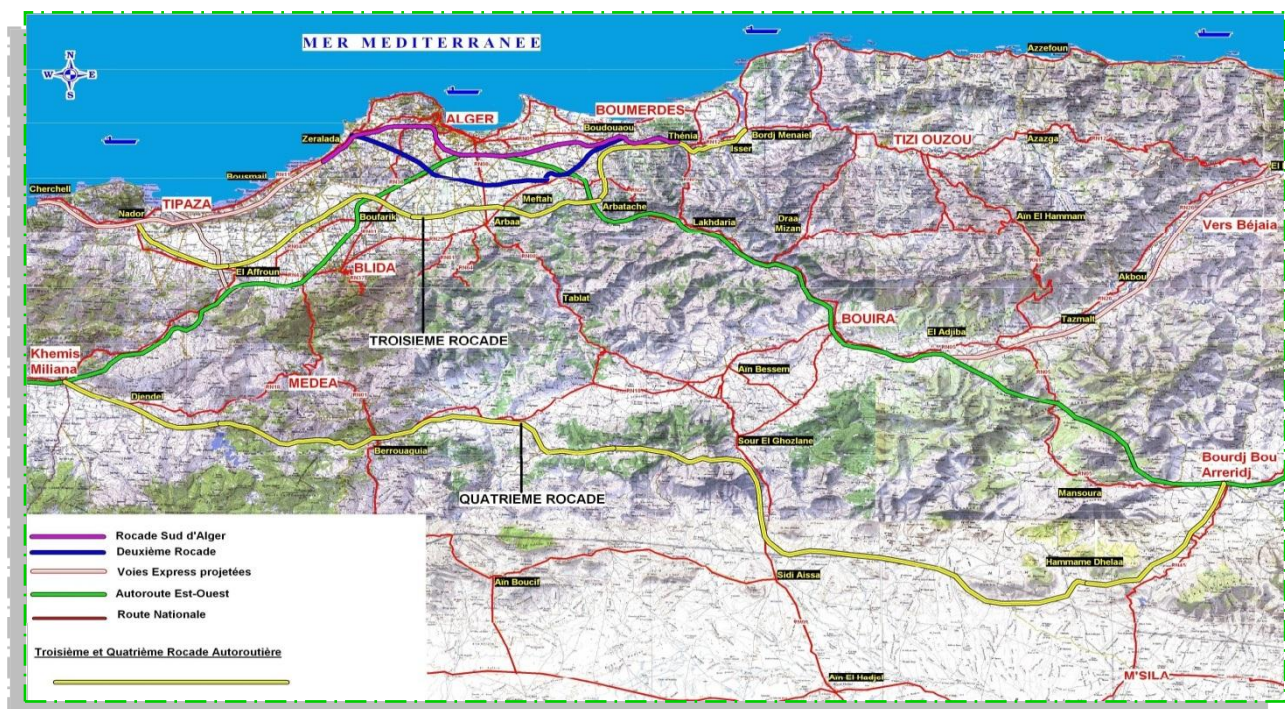
## 6. Pourquoi une 4ème rocade d'Alger ?

La 4ème Rocade d'Alger s'inscrit dans le Schéma Directeur Routier et Autoroutier (SDRA) élaboré par le Ministère des Travaux Publics dans le cadre du développement et de la modernisation des infrastructures routières et autoroutières du pays. Celui-ci englobe, entre autres, l'étude et la réalisation de plusieurs Rocades destinées à désengorger la région du « Grand Alger », à savoir :

- La 2ème rocade qui relie Zeralda à Boudouaou.
- La 3ème Rocade qui relie Cherchel à Tizi-ouzou.
- La 4ème Rocade qui relie Bordj Bou Arreridj à Khemis Miliana.

La 4ème Rocade Autoroutière contribuera au soulagement des régions du centre du pays du trafic de transit Est-Ouest, ainsi qu'au renforcement et à la consolidation de l'infrastructure routière de la région du Titteri (Médéa) et celle du sud de Bouira.

Cette nouvelle infrastructure à péage constituera à terme une option de plus pour le trafic empruntant l'autoroute Est-Ouest et permettra également de diminuer la pression, de plus en plus accrue, qui s'exerce sur les principaux axes routiers tels que la RN4, la RN5 et la RN1.



## **7. Une Autoroute à péage :**

Le péage peut être défini comme une redevance perçue pour service rendu dans le cadre de l'utilisation de la route par l'utilisateur.

La 4ème Rcade constitue une option de plus pour les usagers de l'Autoroute Est-Ouest au niveau des villes de Bordj Bou Arreridj et Khemis Miliana.

L'instauration du péage au niveau de la 4ème Rcade s'inscrit dans la continuité avec celui de l'autoroute Est-Ouest.

Les recettes procurées par ce dernier permettent d'entrevoir le financement de l'entretien Et la gestion de cette infrastructure, Ainsi que, la création d'emplois.

## CHAPITRE 2

---

Avant-projet

sommaire

## 1. Introduction :

Dans cette phase(APS) on va étudier deux variantes sur une carte topographique 1/5000, afin de trouver la meilleure solution adaptée pour la réalisation de notre projet.

## 2. La zone d'étude :

La zone entre DJENDEL et AMOURA par laquelle notre tracé passe est un terrain vallonné, un espace agricole planté de pomme de terre.

## 3. Types des contraintes :

L'investigation sur site nous permet de constater que le relief du présent tronçon est vallonné, les conditions géologiques sont simples, il n'y a pas de risques géologiques très marqués et il n'y a pas de points sensibles qui influencent le tracé non plus. Les principales contraintes sur ce tronçon sont comme suit :

- Les routes nationales et chemins communes sur le long du tracé.
- Les réseaux (électricité).
- Les vergers plantés de pomme de terre.
- L'oueds et cours d'eau.
- La zone concernée par le projet est une zone agricole.





Figure 2.1

#### 4. Choix de couloir (APS) :

##### Présentation des variantes :

Dans cette phase, on va étudier deux variantes qui passent au nord de la ville de DJENDEL vers sud de la ville de AMOURA afin de trouver la meilleure solution adaptée pour la réalisation de notre projet.

##### → La variante « A » :

Ce tracé est le plus court et le plus proche de la ville de DJENDEL, il traverse un relief vallonné et évite certaines habitations, de plus il se trouve une large surface non exploitée au départ du tracé qui permettra l'implantation de la station de péage.

Elle franchit :

- la route nationale 18.
- l'oued de Chorfa.
- chemin commune

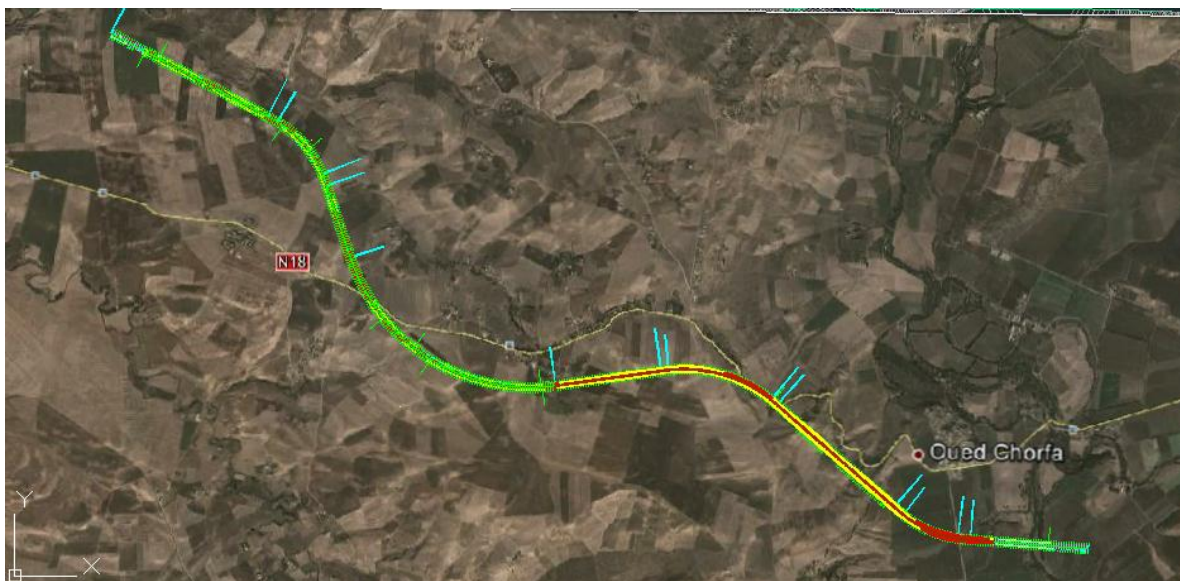


Figure 2.2 la Variante « A »

→ La variante « B » :

Cette variante passe aussi au nord de la ville de DJENDEL vers sud de la ville de AMOURA, elle franchit les mêmes obstacles que la variante A (RN18, chemin commune, oued Chorfa).

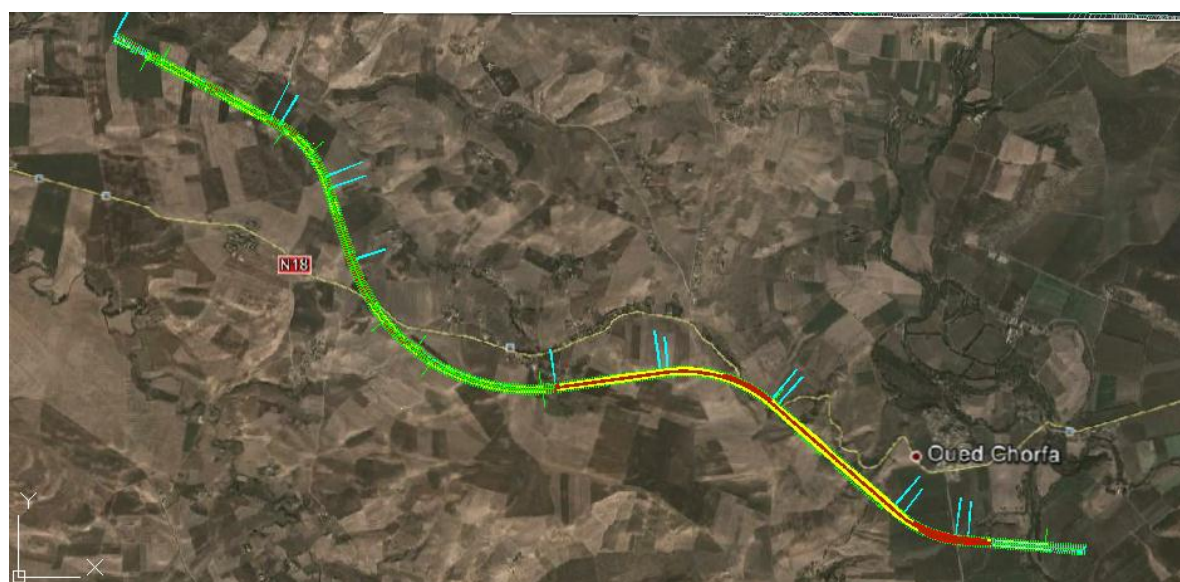


Figure 2.3 La Variante « B »

## 5. Conclusion :

Apparemment la zone que traversent les deux tracés est de mêmes caractéristiques géométriques (terrain vallonné), toutefois une différence se situe au niveau du coût :

- ✚ La variante B où nous avons les volumes de terrassement les plus grands (volume de remblai 612324 m<sup>3</sup>, volume de déblai 989309 m<sup>3</sup>)

A partir de cela, nous déduisons bien que le facteur économique jouera le seul rôle décisif dans le choix de la variante retenue (Variante **B** avérée trop chère), le tracé de la variante **A** sera le tracé retenu.

## CHAPITRE 3

---

# Étude de trafic

## 1. Introduction :

Une étude de 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.

## 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 2014 (TJMA<sub>2014</sub>) est de 7647 v/j.
- La mise en service est prévue pour l'année 2014
- La durée de vie est de 20ans.
- pourcentage de poids lourd : p=29.44%.
- le Taux de croissance du trafic est représenté dans le tableau 4.1 :

**Tableau 4.1 Taux de croissance du trafic (%)**

Période	Taux de croissance (%)
2014 - 2019	11.74
2019 - 2020	10.49
2020 - 2030	0.76
2030 - 2034	2.21

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 :

$$\tau_{\text{moyen}}\% = \frac{11.74+10.49+0.76+2.21}{4} = 6.3 \%$$

## 3. Projection future du trafic :

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

$$\text{TJMA}_h = \text{TJMA}_0 (1+\tau_i)^n$$

Avec :

- $\text{TJMA}_h$  : le trafic à l'année horizon (année de mise en service **2014**)
- $\text{TJMA}_0$  : le trafic à l'année de référence.
- $n$  : nombres d'années.
- $\tau_i$  : taux d'accroissement du trafic (%).

Les résultats sont représentés dans le tableau 4.2 suivant :

**Tableau 4.2 Trafic moyen journalier annuel (V/j)**

Année représentée	TJMA (v/j)
2014	7647
2019	13324
2020	14721
2030	15884
2034	17339

#### 4. Calcul Du Trafic Effectif :

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + Z.P] \text{ TJMA}$$

Avec :  $T_{\text{eff}}$  : trafic effectif à l'année horizon en (uvp/jour).

$Z$  : pourcentage de poids lourd  $Z = 29.44\%$

$P$  : coefficient d'équivalence pour le poids lourds

**Tableau 4.3 Coefficient d'équivalence « P »**

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 **E2** (terrain vallonné), donc et d'après le tableau du coefficient d'équivalence, on a **P=6**.

$$T_{\text{eff}} (2034) = [(1 - Z) + Z.P] \text{ TJMA}_{2034}$$

$$T_{\text{eff}} (2034) = 17339 \times [(1 - 0.2944) + (6 \times 0.2944)] \approx 42863 \text{ uvp/j.}$$

**Donc:**  **$T_{\text{eff}} (2034) = 42863 \text{ uvp/j}$**

## 5. Débit de pointe horaire normale :

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

$$Q = \frac{1}{n} \cdot T_{\text{eff}}$$

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 début prévisible à la 20<sup>ème</sup> année :

$$Q_{\text{prévisible}} (2034) = 0.12 \times T_{\text{eff}} (2034)$$

$$Q_{\text{prévisible}} (2034) = 0.12 \times 42863 \approx 5144 \text{ uvp/h.}$$

$$\Rightarrow Q_{\text{prévisible}} (2034) = 5144 \text{ uvp/h}$$

## 6. Débit Horaire Admissible :

La formule qui donne le Débit Horaire Admissible est :

$$Q_{\text{adm}} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{\text{th}}$$

Avec :

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

Tableau 4.4 Coefficient « K1 »

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Pour notre projet l'environnement est E1 (terrain vallonné), donc **K1=0.85**

Tableau 4.5 Coefficient « K2 »

Environnement	Catégorie de la route				
	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Pour notre projet (E2, C1), donc **K1=0.99**

Tableau 4.6 Valeur de la capacité théorique

	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

$$Q_{adm} = K1 \times K2 \times C_{th} = 0.85 \times 0.99 \times 1800 = 1515 \text{ uvp/h.}$$

$$\Rightarrow Q_{adm} = 1515 \text{ uvp/h.}$$

## 7. Détermination Nombre Des Voies :

### ▪ Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

On compare  $Q$  à  $Q_{adm}$  pour les divers types de routes et on prend le profil permettant d'avoir :  $Q \leq Q_{adm}$

### ▪ Cas d'une chaussée unidirectionnelle : (notre cas)

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

Tel que :  $S$  : coefficient de dissymétrie, en général égal à 2/3.

$Q_{adm}$  : débit admissible par voie.

$$N = \frac{S \times Q}{Q_{adm}}$$

Pour notre projet on a une chaussée unidirectionnelle (autoroute):

$$N = S \times \frac{Q \text{ prévisible}}{K1 \cdot K2 \cdot c_{th}(/voie)} = \frac{2}{3} \times \frac{5144}{1515} = 2.26 \approx 2$$

**Donc : l'autoroute est de 2×2voies.**

## 8. L'année de saturation

$$Q_{\text{adm}} = 1515 \text{ uvp/h}$$

$$T_{\text{eff}} (2014) = [(1 - Z) + Z.P] T_{\text{JMA}_{2014}}$$

$$T_{\text{eff}} (2014) = 7647 \times [(1 - 0.2944) + (6 \times 0.2944)] \approx 18904 \text{ uvp/j.}$$

Donc:  $T_{\text{eff}} (2014) = 18904 \text{ uvp/j}$

$$Q_{\text{prévisible}} (2014) = 0.12 \times T_{\text{eff}} (2014)$$

$$Q_{\text{prévisible}} (2014) = 0.12 \times 18904 \approx 2269 \text{ uvp/h.}$$

=>  $Q_{\text{prévisible}} (2014) = 2269 \text{ uvp/h}$

La route saturée =>  $Q_{\text{adm}} = 4 \times Q_{\text{prévisible}} (1 + \tau_{\text{moyen}})^n$

$$n = \frac{\log\left(\frac{Q_{\text{adm}}}{4 \times Q_{\text{prévisible}}}\right)}{\log(1 + \tau)} = \log\left(\frac{1515}{9076}\right) / \log(1 + 0.063) \approx 29$$

Donc L'autoroute sera saturée après 29 ans de service.

## CHAPITRE 4

---

# Conception de l'échangeur

## 1. Définition d'un échangeur :

L'échangeur est un croisement étagé entre deux routes avec raccordement de circulation entre les voies qui se croisent. Son implantation doit permettre de respecter les conditions générales de visibilité et de perception du point d'échange.

## 2. Règles de conception :

La conception est l'étape la plus importante d'un projet puisqu'elle tient compte du prix de revient comparativement aux avantages distribués à moyen et long terme. Pour diminuer son prix de revient on évite :

- ➔ Le passage au voisinage sur des habitations et des maisons publiques.
- ➔ Le passage sur les oueds ou leur voisinage pour ne pas avoir d'ouvrage d'art à construire et de murs de soutènement.
- ➔ Les longs alignements droits.
- ➔ Les terrassements importants.
- ➔ Les sections à forte déclivité.
- ➔ Les sites en courbures à faibles rayons.

## 3. Le rôle d'un échangeur :

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.

Le but d'un échangeur est de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les flux dans le sens considéré et par ordre d'importance les divers sens de parcours utilisés par les usagers de la route.

### ➤ Avantages de l'échangeur :

Les avantages de l'échangeur sont :

- ➔ Facilité aux usagers un déplacement dans de bonne conditions de confort et de sécurité.
- ➔ Evité les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents.
- ➔ Evité les points d'arrêts qui provoquent des pertes de temps considérable « problèmes d'encombrement bouchon ».
- ➔ Evité les contraintes d'arrêt et de reprise.
- ➔ Assure la continuité du réseau autoroutier.

### ➤ **Inconvénients de l'échangeur :**

L'inconvénient majeur, entraîne un investissement financier volumineux, c'est pourquoi son utilisation comme solution aux problèmes d'un carrefour doit être pleinement justifiée.

## **4. Les différents types d'échangeurs :**

On connaît un grand nombre de formes d'échangeurs. Cependant, les types de base ne sont pas nombreux, chaque type peut varier de forme et de détendue.

Un important élément de conception d'échangeur, est l'assemblage d'un ou de plusieurs types de bretelles de base mais c'est l'aspect coût et conditions du site qui désigne la forme de bretelle à considérer.

### ➤ **Echangeurs majeurs :**

L'échangeur majeur raccordement entre autoroute et autoroute sans qu'il y a de cisaillement dans les deux autoroutes à raccorder sont :

- ➔ Trèfle complet quand il y a quatre branches à raccorder.
- ➔ Bifurcation « Y » quand il y a trois branches à raccorder.

### ➤ **Echangeurs mineurs :**

Il est utilisé pour les raccordements d'une autoroute « route principale » et une route ordinaire « route secondaire », les schémas concernant par le raccordement sont :

- ➔ Losange.
- ➔ Demi-trèfle.
- ➔ trompette.

#### **a. Losange:**

Il permet une distribution symétrique des échanges, mais nécessite une emprise dans les 4 quadrants et crée des cisaillements sur la route secondaire.

#### **Avantage :**

- ➔ Bretelles directes ce qui permet de pratiquer une grande vitesse.
- ➔ Un schéma simple.
- ➔ Construction moins coûteuse par rapport aux autres schémas.
- ➔ Permettre une déviation suivant les diagonal, pour le passage de convoi exceptionnel par exemple.

#### **Inconvénients :**

- ➔ L'emprise « il occupe quatre quadrants ».
- ➔ Subsistent des cisaillements sur la route secondaire qui exige un aménagement de carrefour.

### b. Demi-trèfle :

Comporte deux boucles et deux diagonales, c'est un carrefour à niveau sur la route secondaire, il est envisagé de préférence au schéma de type losange dans le cas particulier d'une distribution nettement dissymétrique des trafics d'échange dans la mesure de possible utilisation des boucles en voies d'entrée. Ce qui améliore les conditions de visibilité et de sécurité.

#### Avantage :

- Emprise réduite « occupe deux quadrants ».
- Construction économique.

#### Inconvénients :

- Schéma moins directionnel.
- Ouvrage de franchissement très large.
- Circulation lente dans les boucles.
- Cisaillement sur la route secondaire

Généralement on a deux types de demi-trèfle :

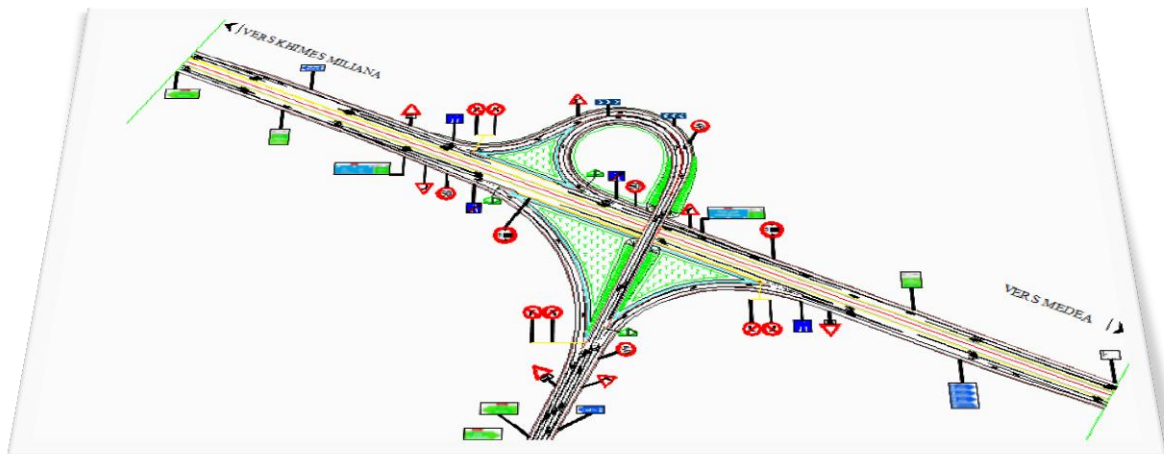
- Demi-trèfle symétrique par rapport au centre (à quadrants opposés).
- Demi-trèfle symétrique par rapport à la route principale (à quadrants contigus).

### c. Trompette :

D'usage exceptionnel par exemple raccordement à une route importante parallèle à l'autoroute. Utilisé dans le cas de raccordement entre trois branches, il comporte :

- Un alignement droit commun à toutes les bretelles.
- Une boucle « entrée ou sortie ».
- Une diagonal de sortie.

Ce schéma est bien adapté pour les accès aux autoroutes à péage, par ce que toute voiture roulant parcourra un sens à l'autre, doit obligatoirement passer par un alignement droit où on implante la station de péage. Ce type est utilisé même pour les raccordements à quatre branches.



## 5. Caractéristiques géométriques des échangeurs :

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

- ➔ Le Pont (passage supérieur ou inférieur).
- ➔ Le Carrefour (s) plan(s).
- ➔ Les Bretelles (rampes d'entrée, et des rampes de sortie).

### ➤ Le Pont :

Qui assure un passage supérieur ou inférieur, la détermination du nombre d'ouvrage d'art « Pont » dans un échangeur est en étroite relation avec :

- ➔ Le type d'échangeur choisi.
- ➔ Les instructions et réglementation de conception.
- ➔ La condition de coordination profil en long- tracé en plan.
- ➔ Les contraintes du terrain d'implantation.

### ➤ Les Carrefours plans :

On trouve les carrefours plans seulement sur les raccordements Autoroute-route ordinaire, leur aménagement doit tenir compte des facteurs de sécurité, commodité et débit. Entre autres, un compromis entre ces conditions doit être recherché.

### ➤ Les Bretelles :

Ce sont des voies qui se débouclent et se raccordent de ou vers l'autoroute « route ordinaire » du côté droite de la chaussée considérée, et qui se terminent à une de ses extrémités par une voie de décélération et à l'autre par des voies d'accélération ;

Comportant une section de manœuvre et une section de décélération proprement dite, dont les caractéristiques découlent principalement de la vitesse d'insertion des véhicules sur l'autoroute ou de départ de celle-ci.

## 6. Choix de l'échangeur :

La connaissance des différents types d'échangeurs existants, de leurs propriétés « avantages, inconvénient... » Et la limite de leur utilisation, permettent de choisir la configuration la plus adopté ou cas qui présente.

Donc le choix du type de l'échangeur devient automatique après la détermination de certains paramètres bien spécifiques au site d'implantation et aux objectifs à atteindre. Et pour ce but on suit le chemin suivant :

### **Etape 1 : détermination du tracé à partir de :**

- ➔ Présentation du site d'implantation.
- ➔ Type de route et nombre de branches à raccorder.
- ➔ Distribution du trafic avec les différents sens de parcours.
- ➔ Vitesse d'approche pratique qui détermine les caractéristiques sur la bretelle.

### **Etape 2 : configuration de tracé à adopter :**

L'échangeur a adopté doit aussi assurer un haut niveau de sécurité et de service, et ceci est garante en respectant les normes de l'art de la conception qui se résume :

- ➔ Tracé respectant les valeurs limitées de conception « valeur de rayon, d'alignements».

- Longueurs des voies « insertion, décélération » réglementaires.

### Etape 3 : analyse :

C'est la dernière étape qui valide le choix sous la base que le futur échangeur doit assurer les meilleures conditions de visibilité, de confort et de sécurité.

- ✚ Pour notre cas, l'échangeur prévu est de type **trompette** au **PK 16+520**, raccordé avec **RN18** par un **carrefour giratoire** ; l'échangeur comporte une **gare de péage** avec aires de stationnement.

## 7. Vitesse de référence :

La vitesse de référence de notre projet est de **110 km/h**, nous recommandons une vitesse de référence minimale de **50 km/h** 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 110km/h peuvent trouver inconfortable une décélération prononcée jusqu'à une vitesse basse de 50km/h dans les bretelles.

## 8. Caractéristiques géométriques des bretelles :

Pour les diffuseurs, généralement, les bretelles sont à **1 voie** (d'après l'**ICTAAL 2000**).

### ➤ Tracé en plan d'une bretelle :

#### a. Valeurs limites des rayons :

Tableau 4.1 Valeurs limites des rayons

		1 voie sortie	1 voie boucle
Rayon minimal	<b>R<sub>m</sub> (m)</b>	40(7%) et 100(le premier rayon rencontré)	40 (7%)
Rayon minimal non déversé	<b>R<sub>nd</sub> (m)</b>	300	
Rayon maximal dans la partie circulaire des boucles(m)		----	60
Dévers entre R <sub>nd</sub> et R <sub>m</sub>	<b>d (m)</b>	$d = (675/R) + 0.25$ entre 300 et 100	-----

- Dans une courbe de rayon inférieur à **100 m**, une surlargeur de **50/R** 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 clothoïde.
- 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.

### c. Raccordement progressif :

Pour les bretelles à une voie ou les branches, une courbe circulaire de rayon inférieur ou égal à  $1.5R_{nd}$ , 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.

### ➤ 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.

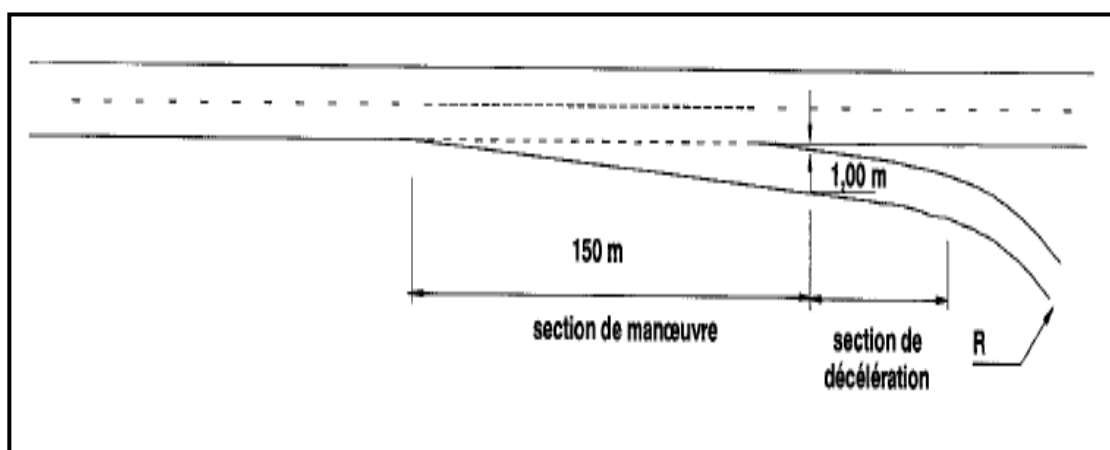
#### a. La zone de décélération :

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 ;

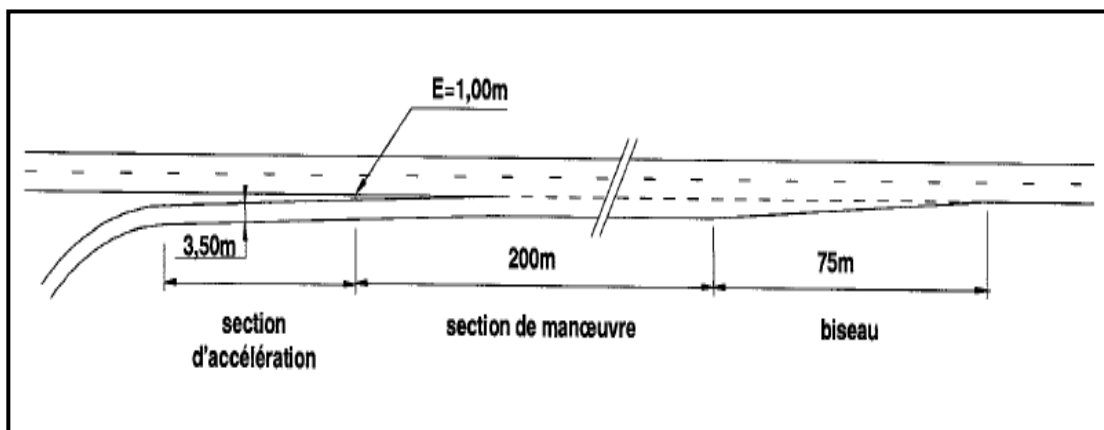
→ une section de décélération, dont la longueur permet de passer de la vitesse conventionnelle (70 km/h, pour un rayon de la bretelle inférieur à 120 m) à la fin de la section de manœuvre, à la vitesse associée au rayon de la première courbe rencontrée, avec une décélération en palier de  $1,5 \text{ m/s}^2$ .



## 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 m/s<sup>2</sup> ;
- 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.



## ➤ Profil en long d'une bretelle :

Tableau 4.2 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

## ➤ Profil en travers d'une bretelle :

### a. Largeur des bretelles :

Tableau 4.3 les largeurs des composantes du profil en travers

Chaussée	<b>unidirectionnelle</b>	4,00 m + S®
	<b>bidirectionnelle</b>	7,00 m + S®
<b>B.D.D.</b>		1,00 m
<b>B.D.G.</b>		0,50 m

Surlargeur en courbe (par voie) :  $S^{\circledast} = 50/R$  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.

Tableau 4.4 Dévers de la chaussée

	Rayons (m)	Valeur du dévers
Alignement ou rayon $\geq R_{nd}$	AD ou $R \geq 300$	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 %

## 9. Visibilité :

### ➤ 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

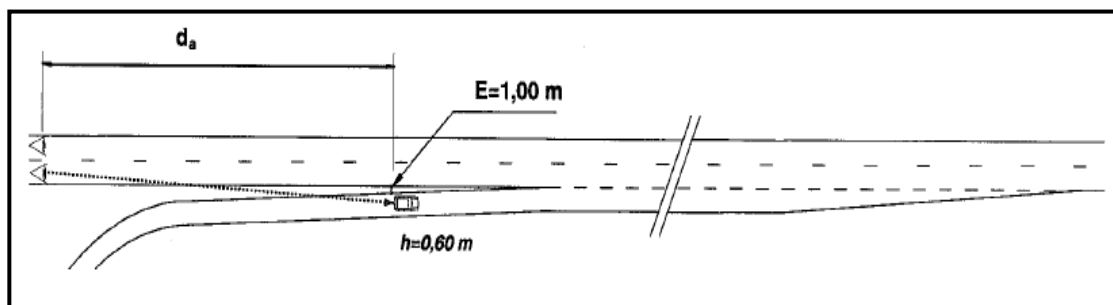
**Distance d'arrêt :**  $d_a$  = distance de freinage + distance de perception/réaction

$$d_a = 2V + V^2 / 2g (\gamma(v) + p)$$

Avec :

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

Pour les rayons  $R < 5V$ , ( $V$  en Km/h et  $R$  rayon de la courbe en m) : la distance de freinage est majorée de 25%

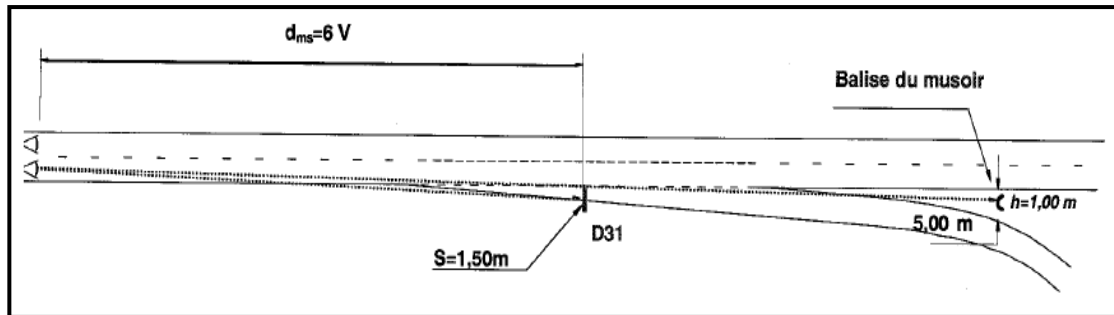


➤ **Visibilité sur une sortie d'autoroute :**

**a. Distance de manœuvre de sortie  $d_{ms}$  :**

qui permet de définir également les changements de files en section courante :

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



**b. Distance de visibilité sur marquage  $d_{vm}$  :**

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

**c. Distance de lecture ( $l_c$ ) :**

Définissant la distance minimale permettant à l'usager de lire les informations sur les panneaux de signalisation :  $l_c = 5V$  avec V en m/s.

➤ **Résumé :**

Le tableau suivante représente les Principales distances de visibilité.

**Tableau 4.5 Principales distances de visibilité**

Vitesse	<b>110(km/h)</b>
Vitesse	<b>30.555(m/s)</b>
Décélération moyenne $\gamma(v)$	<b>0.36 (m/s<sup>2</sup>)</b>
Distance d'arrêt en palier ( $p=0$ )	<b>195m</b>
Distance de manœuvre en sortie $d_{ms}$ (et changement de file)	<b>183.33m</b>
Distance de visibilité sur marquage $d_{vm}$	<b>91.665m</b>
Distance de lecture $l_c$	<b>152.775m</b>

## CHAPITRE 5

---

# Tracé en plan

## 1. Introduction :

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.

S'il en résulte une économie sensible ou une meilleure insertion dans le site, il est possible de dissocier les deux chaussées par leur profil en long ou leur tracé en plan.

## 2. Tracé en plan :

Le tracé en plan est une succession de droites reliées par des liaisons. Il représente la projection de l'axe routier sur un plan horizontal qui peut être une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau.

### 2.1. Valeurs des rayons :

Les rayons en plan doivent respecter les valeurs minimales résumées dans le tableau 5.1.

**Tableau 5.1 Valeurs minimales des rayons du tracé en plan**

Catégorie		L2
Rayon minimal	$R_m$ (m)	400 m
Rayon minimal non déversé	$R_{nd}$ (m)	650 m
Rayon minimum sans courbe de transition	$R$ (m)	1500 m

- Il est conseillé de remplacer les longs alignements droits par des grands rayons.
- L'emploi de rayons supérieurs ou égaux à **1,5  $R_{nd}$**  est souhaitable, dans la mesure où cela n'induit pas de surcoût sensible, afin d'améliorer le confort et faciliter le respect des règles de visibilité.

### 2.2. Enchaînement des éléments du tracé en plan :

Des courbes circulaires de rayon modéré (**<1,5  $R_{nd}$** ) ne peuvent être utilisées qu'en respectant les règles d'enchaînement du tracé en plan ci-après :

- introduire de telles courbes sur une longueur de **500 à 1000 m** à l'aide de courbes de plus grand rayon. En ce cas, deux courbes successives doivent satisfaire à la condition «  **$R_1 \leq 1,5 R_2$**  », où  **$R_1$**  est le rayon de la première courbe rencontrée et «  **$R_2 < 1,5 R_{nd}$**  » 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**, sauf pour deux courbes de sens contraire introduites par des raccordements progressifs =>  **$L_{min} = 200m$** .



$$G_{P_1}^{P_3} = 100 - \text{Arctg}\left(\frac{|\Delta y_{13}|}{|\Delta x_{13}|}\right) = 41.8074 \text{ grade}$$

$$G_{P_3}^{P_1} = 200 + 41.8074 = 241.8074 \text{ grade}$$

→ **Calcul de longueur de raccordement progressif :**

On prend un rayon  $R = 850$  m, d'après l'**ICTAAL 2000** le rayon est inférieur à  $R_{nd}$  (650 m) :

Le dévers de la courbe  $\delta_1 = 2.5\%$

$$L_S \geq \text{MAX} \begin{cases} L_1 = 14|\Delta\delta| = 14|\delta_1 - \delta_0| \\ L_2 = \frac{R}{9} \end{cases}$$

**Avec :**  $\delta_0$  : Représente la pente transversale initiale  $\Rightarrow \delta_0 = -2.5\%$

$\delta_1$  : Représente le dévers de la courbe  $\Rightarrow \delta_1 = 2.5\%$

$$L_S \geq \text{MAX} \begin{cases} L_1 = 14 \times |2.5 + 2.5| = 70 \text{ m} \\ L_2 = \frac{850}{9} = 94.44 \text{ m} \end{cases}$$

**Donc on prend:**  $L_S = 95$  m.

Le paramètre  $A = \sqrt{L_S \times R} = \sqrt{95 \times 850} = 284.165$  m

On a:  $\frac{R}{3} \leq A \leq R \Rightarrow$  Donc:  $283.33 \text{ m} \leq 284.165 \text{ m} \leq 850 \text{ m}$  (vérifié).

→ **Calcul des angles :**

$$\alpha_1 = |G_{P_1}^{P_3} - G_{P_1}^{P_2}| \Rightarrow \alpha_1 = 27.1503 \text{ grade.}$$

$$\alpha_2 = |G_{P_2}^{P_3} - G_{P_1}^{P_3}| \Rightarrow \alpha_2 = 21.4754 \text{ grade.}$$

$$\alpha_3 = 200 - (\alpha_1 + \alpha_2) \Rightarrow \alpha_3 = 151.3743 \text{ grade.}$$

$$\gamma = 200 - \alpha_3 = 48.6257 \text{ grade}$$

$$\tau = \frac{200 \times L}{2\pi \times R} = 3.5594 \text{ grade}$$

On a  $\tau < \frac{\gamma}{2} \Rightarrow$  non chevauchement

D'après la table de clothoïde on a :

$$\frac{L}{R} = \frac{95}{850} = 0.1176 \Rightarrow \frac{X_m}{R} = 0.058306 \Rightarrow X_m = 49.5601 \text{ m}$$

$$X = 99.97105 \text{ m}, Y = 1.97625 \text{ m}$$

→ **Calcul de la tangente :**

$$T = t + X_m = \tan\left(\frac{Y}{X}\right) \times (R + \Delta R) + X_m$$

$$T = 53.1195 \text{ m}$$

→ **Calcul de la corde polaire à la clothoïde :**

$$S_L = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{99.97105^2 + 1.97625^2} = 99.9906 \text{ m}$$

→ **Calcul de la l'angle polaire :**

$$\sigma = \text{Arctg}\left(\frac{Y}{X}\right) = 1.2583 \text{ grade}$$

→ **Calcul de la longueur de l'arc de cercle :**

$$b = \frac{\pi \times R \times (\gamma - 2\tau)}{200} = 554.19 \text{ m}$$

→ **La longueur de la courbe : 2Clothoïde+Rayon:**

$$L \text{ courbe} = (2 \times L) + b = (2 \times 95) + 554.19 = 744.19 \text{ m}$$

→ **Calcul les coordonnées des points singuliers :**

$$K_{A1} = \begin{cases} x_{K_{A1}} = x_{P_2} - T \times \sin(G_{P_1}^{P_2}) = 450901,151 \text{ m} \\ y_{K_{A1}} = y_{P_2} - T \times \cos(G_{P_1}^{P_2}) = 4007815,082 \text{ m} \end{cases}$$

$$K_{E1} = \begin{cases} x_{K_{E1}} = x_{K_{A1}} + S_L \times \sin(G_{P_1}^{P_2} - \sigma) = 450988,545 \text{ m} \\ y_{K_{E1}} = y_{K_{A1}} + S_L \times \cos(G_{P_1}^{P_2} - \sigma) = 4007863,666 \text{ m} \end{cases}$$

$$K_{E2} = \begin{cases} x_{K_{E2}} = x_{K_{A2}} - S_L \times \sin(G_{P_2}^{P_3} + \sigma) = 451448,194 \text{ m} \\ y_{K_{E2}} = y_{K_{A2}} - S_L \times \cos(G_{P_2}^{P_3} + \sigma) = 4003736,300 \text{ m} \end{cases}$$

$$K_{A2} = \begin{cases} x_{K_{A2}} = x_{P_3} - (P_2P_3 - T) \times \sin(G_{P_2}^{P_3}) = 450966,237 \text{ m} \\ y_{K_{A2}} = y_{P_3} - (P_2P_3 - T) \times \cos(G_{P_2}^{P_3}) = 4003642,005 \text{ m} \end{cases}$$

**Remarque :**

Les calculs d'axe sont faits à l'aide du logiciel **PISTE5.06** et sont joints dans l'annexe.

## CHAPITRE 6

---

# Profil en long

## 1. Définition :

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

Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers.

L'optimisation du profil en long a été réalisée en parallèle avec l'étude d'assainissement et avec la conception des ouvrages courants

Le profil en long est constitué de deux éléments géométriques :

- ➔ Lignes droites (déclivités).
- ➔ Arcs de cercle tangents.

## 2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long :

Afin d'inciter les usagers, en particulier les conducteurs de poids lourds, à adopter un comportement compatible avec les difficultés que représentent une forte dénivelée, il faut :

- ➔ proscrire les longs alignements droits et les courbes à grand développement, et leur préférer de courtes lignes droites associées à des rayons proches de  $1,5 R_{nd}$  ;
- ➔ prévoir à l'amont de chaque descente, une zone de transition au moyen, par exemple, d'une réduction progressive des rayons du tracé en plan ;
- ➔ introduire franchement une forte pente en évitant les pentes augmentant progressivement ;
- ➔ éviter d'introduire des points singuliers (échangeurs, aires, courbes de rayon inférieur à  $R_{nd}$ ...) dans la déclivité et dans les quelques hectomètres qui la suivent.

## 3. Coordination du tracé en Plan et Du 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, respecter les règles de visibilité et autant que possible, un certain confort visuel; ces objectifs incitent à :

- ➔ Associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important.
- ➔ Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :  $R_V > 6R_H$ , pour éviter un défaut d'inflexion.

- ➔ Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible, lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500m au moins, créant une perte de tracés suffisamment francs pour prévenir les perceptions trompeuses.

#### 4. Paliers et déclivités :

Les paliers sont des sections de routes horizontales. Un véritable palier est à éviter, l'écoulement longitudinal des eaux y est mal assuré et une humidité néfaste à la chaussée tend à s'y maintenir pendant toute la mauvaise saison.

La déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontale. Elle est dénommée rampe si la route s'élève dans le sens du kilométrage, et pente dans le cas contraire.

##### 4.1. Valeurs limites :

La stagnation des eaux sur une chaussée étant très préjudiciable à sa conservation et à la sécurité, donc Il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 0.5 %, pour éviter la stagnation des eaux.

Les paramètres du profil en long doivent respecter les valeurs limites données dans le tableau 6.1.

**Tableau 6.1 Valeurs limites des paramètres du profil en long**

Catégorie	L2
Déclivité maximale (%)	6 %
Déclivité minimale (%)	0.5 %
Rayon minimal en angle saillant	6000 m
Rayon minimal en angle rentrant	3000 m

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

#### **SECTION A FORTE DENIVELEE**

Les configurations géométriques qui génèrent une forte dénivelée sont susceptibles de poser des problèmes de sécurité ou de capacité. Un tracé approprié et une signalisation spécifique permettent d'en limiter les risques ; mais certaines configurations peuvent en outre nécessiter la création d'une voie supplémentaire affectée aux véhicules lents ou d'un lit d'arrêt.

## 4.2. Exemple de calcul de profil en long (Cas d'un rayon concave) :

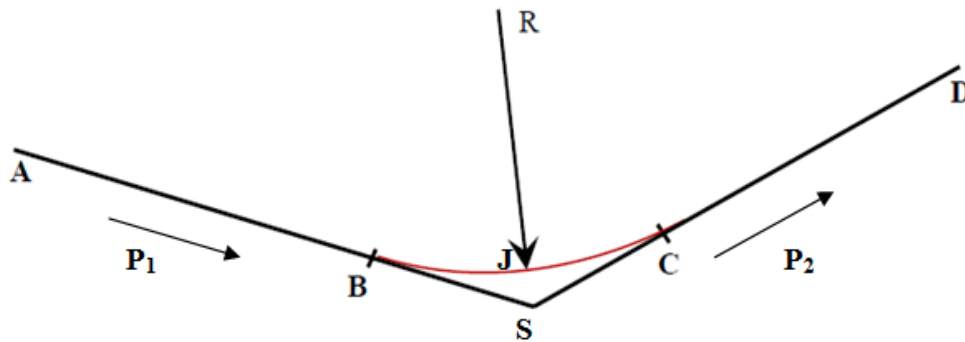


Figure 6.1

### → Les points du profil en long :

$$A \begin{cases} X = 19145.76 \\ Z = 441.9 \end{cases}$$

$$S \begin{cases} X = 19583.16 \\ Z = 437.65 \end{cases}$$

$$D \begin{cases} X = 20283.16 \\ Z = 467.47 \end{cases}$$

Rayon  $R = 3000$  m.

### → Calcul des pentes :

$$P_1 = \frac{Z_S - Z_A}{X_S - X_A} \Rightarrow P_1 = -0.97\%$$

$$P_2 = \frac{Z_D - Z_S}{X_D - X_S} \Rightarrow P_2 = 4.26\%$$

### → Calcul des tangentes :

$$T = \frac{R}{2} \times (|P_1| + |P_2|) \Rightarrow T = 78.45 \text{ m}$$

### → Calcul de la flèche $B_X$ :

$$B_X = \frac{T^2}{(2 \times R)} \Rightarrow B_X = 1.026 \text{ m}$$

### → Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$B \begin{cases} X_B = X_S - T \Rightarrow X_B = 19504.71 \text{ m} \\ Z_B = Z_S + (T \times |P_1|) \Rightarrow Z_B = 438.41 \text{ m} \end{cases} \Rightarrow \mathbf{B(19504.71; 438.41)}$$

$$C \begin{cases} X_C = X_S + T = 19661.61 \text{ m} \\ Z_C = Z_S + (T \times |P_2|) = 440.99 \text{ m} \end{cases} \Rightarrow \mathbf{C(19661.61; 440.99)}$$

→ **Calcul de la longueur de raccordement:**

$$L=2 \times T \Rightarrow L=156.9 \text{ m}$$

→ **Calcul des cordonnées du point J :**

$$\begin{cases} X_{J/A} = R \times P_1 = 29.1\text{m} \\ Z_{J/A} = X_{J/A} \times P_1 - \frac{(X_{J/A})^2}{2 \times R} = 0.1411\text{m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_j = X_B + X_{\frac{J}{A}} & \Rightarrow X_j = 19533.81 \text{ m} \\ Z_j = Z_B - Z_{\frac{J}{A}} & \Rightarrow Z_j = 438.27 \text{ m} \end{cases} \Rightarrow \mathbf{J(19533.81; 438.27)}$$

**Remarque :**

Les calculs sont faits à l'aide du logiciel **PISTE** ; et sont joints dans l'annexe.

## CHAPITRE 7

---

# Profil en travers

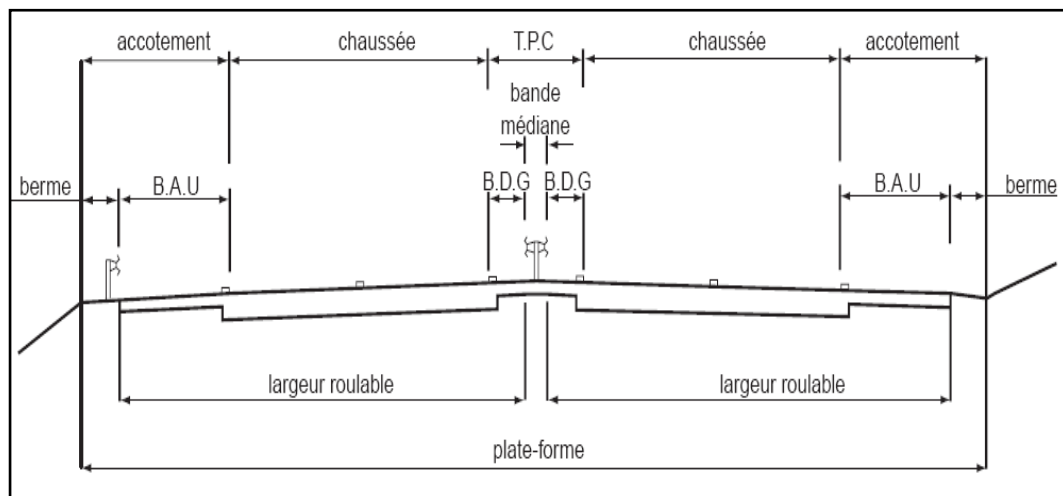
## 1. Introduction :

Le profil en travers d'une chaussée est la coupe perpendiculaire à l'axe de la chaussée par un plan vertical.

Il existe deux types de profil :

- Profil en travers courant.
- Profil en travers type.

## 2. Profil en travers en section courante :



**Figure 7.1** profil en travers courante

**T.P.C.** : Terre-Plein Central.

**B.A.U.** : Bande d'Arrêt d'Urgence.

**B.D.G.** : Bande Dérasée de Gauche.

### 2.1. Chaussée :

D'après l'étude de trafic, nous avons trouvé une chaussée de 2×2 voies larges de 3,50 m.

### 2.2. Terre-plein central (T.P.C) :

Le T.P.C assure la séparation matérielle des deux sens de circulation. Sa largeur résulte de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.

#### 2.2.1. Bande dérasée de 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.

### 2.2.2. Bande médiane :

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, le cas échéant, des piles d'ouvrages et des aménagements paysagers.

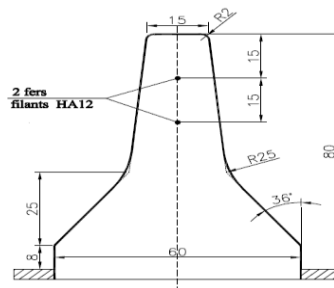
Sa largeur dépend, pour le minimum, des éléments qui y sont implantés.

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

Sinon, elle peut être engazonnée et plantée d'arbustes, à moins que sa largeur et la topographie du site ne permettent la conservation du terrain naturel et de la végétation existante ; dans ce cas, une berme de 1,00 m est maintenue en bordure de la B.D.G.

Pour notre projet, nous avons implanté une DBA (double séparateur en béton adhérent) comme séparateur physique

Figure 7.2 DBA



### 2.2.3. Interruption du T.P.C (I.T.P.C) :

Elle permet, en cas de besoin, de basculer la circulation d'une chaussée vers l'autre.

Les I.T.P.C sont implantées de part et d'autre des ouvrages d'art non courants, des tunnels et des échangeurs, et avec un intervalle maximal de 3 km.

## 2.3. Accotement :

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

### 2.3.1. Zone de sécurité :

La largeur de la zone de sécurité est, à compter du bord de la chaussée, de 10 m, doit être isolée par une clôture métallique.

### 2.3.2. 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.

Sa largeur est de 3,00 m lorsque le trafic poids lourd excède 2 000 v/j (deux sens confondus)  $L(B.A.U) = 3 \text{ m}$ .

### 2.3.3. 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 ; mais elle peut être intégrée à un dispositif d'assainissement dont la pente ne dépasse pas 25 %.

## 3. Profils en travers au droit des ouvrages d'art courants :

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 4,75 m en tout point de la largeur roulable 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.

## 4. Pentes transversales :

Les courbes de rayon inférieur à Rnd sont déversées vers l'intérieur de la courbe.

### 4.1. En alignement et en courbe non déversée :

La pente transversale d'une chaussée est de 2,5% vers l'extérieur.

La pente d'une B.A.U (ou d'une B.D.D), est identique à celle de la chaussée adjacente, mais au-delà de la surlargeur de chaussée portant le marquage de rive, elle peut être portée à 4 % pour des raisons techniques.

Les pentes des B.D.G et du versant en toit d'un T.P.C revêtu sont identiques à celle de la chaussée adjacente.

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.

#### **4.2. En courbe déversée :**

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 pente de la B.A.U (ou la B.D.D) intérieure à la courbe est la même que celle de la chaussée adjacente. La pente de la B.A.U extérieure (ou la B.D.D) reste la même qu'en alignement droit tant que le dévers ne dépasse pas 4 % ; au-delà, elle est de sens opposé au dévers et égale à 1,5 %, hormis la sur largeur de chaussée qui conserve la même pente que la chaussée.

#### **4.3. Changement de dévers :**

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

##### **4.3.1. Point de rotation des dévers :**

Lorsque le T.P.C est revêtu, le point de rotation des dévers se situe habituellement sur l'axe de la plate-forme ; sinon le point de rotation des dévers de chaque chaussée se situe sur le bord gauche de la chaussée.

### 5. Profil en travers type du notre projet :

Tableau 7.1 profil en travers type proposé

Description	Largeur (m)	nombre	largeur totale (m)
• Voie de circulation 2x2	3.5	4	14
• Terre-plein central (T.P.C)	11	1	11
- Bande dérasée de gauche (B.D.G)	1	2	2
- Bande médiane (B.M)	9	1	9
• Accotement	4	2	8
- Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	3	2	6
- La berme	1	2	2
<b>totale</b>			<b>33</b>
• Zone de sécurité à l'extérieur des voies de circulation	10	2	20
<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	7 % (maximum).		
- 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.		

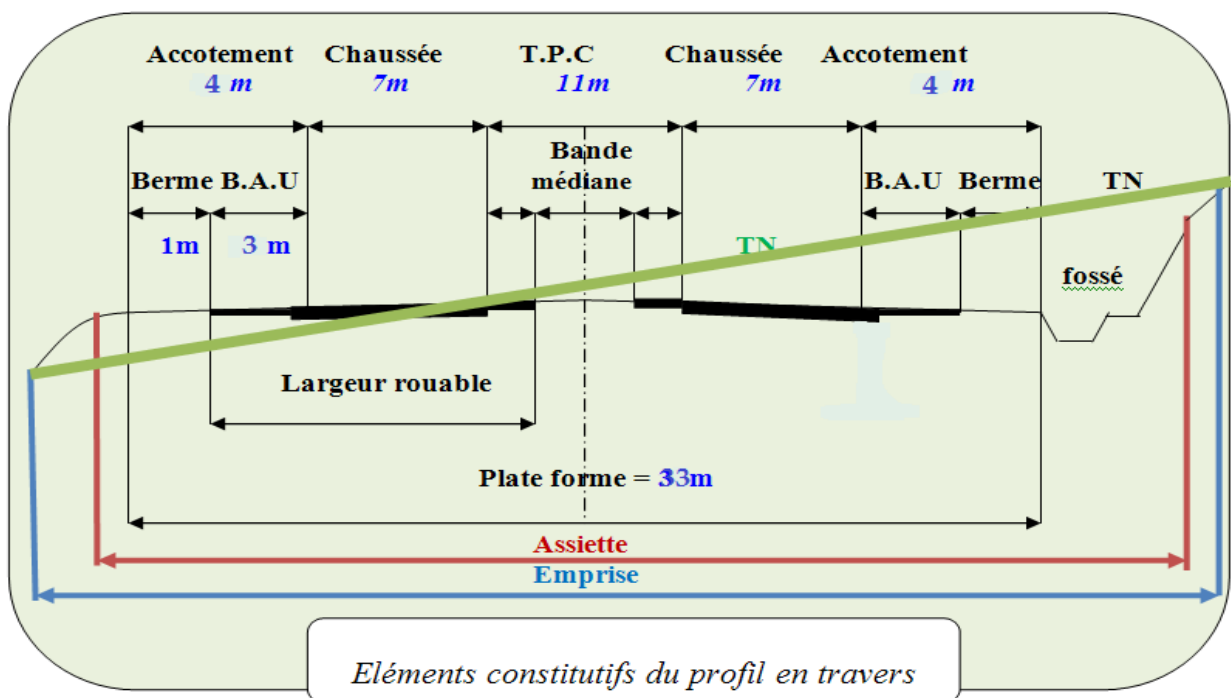


Figure7.3 Les dimensions du profil en travers en section courante

## CHAPITRE 8

---

Étude

géotechnique

## 1. Introduction :

L'ingénieur concepteur doit définir un programme de reconnaissance géotechnique après avoir tracé son axe. Cette étude lui permettra d'avoir des descriptions lithologiques, hydrogéologiques et hydrauliques de la région. Une interprétation physico-mécanique lui permettra d'appréhender le comportement géotechnique du sol support. L'étude géotechnique doit d'abord permettre la localisation des différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol.

Les travaux de reconnaissance géologiques et géotechniques effectués par le Laboratoire des Travaux Publics de l'Ouest (LTPO).

## 2. Les moyens de reconnaissance :

- ➔ L'étude des archives et documents existants.
- ➔ Les visites de site et les essais « **in-situ** ».
- ➔ Les essais de laboratoire.

### 2.1. L'étude des archives et documents existants :

Les études antérieures effectuées au voisinage du tracé sont 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.

### 2.2. Les différents essais «in-situ» :

#### 2.2.1. Les essais de plaque:

Ces essais permettront d'apprécier directement le module d'un sol par un essai sur le terrain, ils consistent à charger une plaque circulaire et à mesurer le déplacement vertical sous charge.

On déduira ensuite un module de sol **E** en interprétant la valeur du déplacement mesuré à l'aide de la formule de **Bossinesq** qui relie le déplacement **Z**, la pression **Q<sub>0</sub>**, le rayon de charge **a** et les caractéristiques du massif. Après plusieurs approches, on a abouti à l'approche suivante :  $E = 5 \times \text{CBR}$ . (Pour le cas de notre projet le  $\text{CBR} = 5 \text{ MPa}$ )

#### 2.2.2. Forages carottés :

C'est le seul moyen précis pour reconnaître l'épaisseur et la nature des couches de sols en présence. On y prélève généralement des échantillons de sols remaniés ou intacts pour les besoins d'essais de laboratoire. Les forages permettent aussi de reconnaître le niveau des

nappes éventuelles et le suivi de leur niveau à l'aide de tube piézométriques. Les forages peuvent être réalisés :

- Manuellement
- A la tarière
- A la sondeuse

### 2.2.3. Le pressiomètre :

Le pressiomètre est un essai de chargement statique du sol en place, effectué grâce à une sonde cylindrique dilatable radialement introduite dans un forage.

Il permet d'obtenir une courbe de variation volumétrique de sol en fonction de la contrainte appliquée, et de définir une relation contrainte-déformation du sol en place dans l'hypothèse d'une déformation plane.

### 2.2.4. Les essais de pénétration :

Le principe consiste à enfoncer dans le sol un train de tiges muni d'une pointe ou d'une trosse coupante à son extrémité et de mesurer la résistance du sol à l'effort de pénétration.

Plusieurs types de pénétromètres sont utilisés :

#### → **Le pénétration au carottier SPT (Standard Pénétration Test) :**

Le battage s'exerce sur un tube carottier. L'essai est similaire à l'essai précédent (enfoncement de 15 puis de 30 cm).

#### → **Le pénétromètre dynamique :**

L'enfoncement de train de tiges est provoqué par la chute d'un mouton tombant d'une hauteur normalisée. On mesure le nombre de coups nécessaires pour obtenir un enfoncement donné (10 cm). A l'aide de la formule de battage classique des Hollandais, on calcule alors la résistance de pointe en fonction de la profondeur.

#### → **Le pénétromètre statique :**

L'enfoncement est provoqué par une pression continue exercée sur la tête de train de tiges. On détermine ainsi, en fonction de la profondeur, la résistance de pointe, l'effort latéral total.

## 2.3. Les différents essais en laboratoire :

Les essais de laboratoire visent à déterminer les propriétés physiques et mécaniques des matériaux afin de choisir le dimensionnement du corps de chaussée ou type de fondations (superficielles ou profondes) et leurs dimensions et ce, pour chaque ouvrages d'art.

Les essais réalisés en laboratoire sont :

Tableau 8.1 Les différents essais en laboratoire

<b>Les essais d'identification</b>
Teneur en eau naturelle
Masse volumique des particules solides des sols
Masse volumique des sols fins
Limites d'Atterberg
Analyse granulométrique (tamisage à sec)
Analyse granulométrique (par sédimentométrie)
Teneur en carbonates
L'équivalent de sable
Essai au bleu de méthylène
<b>Les essais mécaniques</b>
Essai Proctor normal et modifié
Essai CBR standard et imbibé et immédiat
Essai Los-Angeles
Essai Micro-Deval
Essai œdométrique
Cisaillement direct

### 2.3.1. Les essais d'identification

#### 2.3.1.1. Teneur en eau naturelle :

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 :  $\omega = W_w / W_s$ .

#### 2.3.1.2. Masse volumique des particules solides des sols :

L'essai détermine la masse volumique moyenne d'un échantillon composé de particules, parfois de nature différente.

La masse volumique des particules solides d'un sol est utilisée pour connaître l'indice des vides, le degré de saturation et la porosité.

La masse volumique des particules solides d'un sol ( $\rho_s$ ) est le quotient de la masse de ces particules solides ( $m_s$ ) par leur volume ( $v_s$ ).

$$\rho_s = m_s / v_s$$

### 2.3.1.3. Masse volumique des sols fins :

L'essai détermine la masse volumique des sols fins d'un échantillon prélevé sur site dans le sol en place ou dans un remblai ou préparé en laboratoire selon processus défini.

La masse volumique des sols fins est un paramètre d'état. Utilisé avec la teneur en eau et la masse volumique des particules solides, il permet de déterminer l'indice des vides, la porosité, le degré de saturation et la masse volumique du sol sec

La masse volumique d'un sol ( $\rho$ ) est le quotient de la masse ( $m$ ) du sol par le volume ( $v$ ) qu'il occupe (y compris les fluides qu'il contient).

$$\rho = m / v$$

### 2.3.1.4. Limites d'Atterberg :

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

Limites d'Atterberg (limite de liquidité, Limite de plasticité) : teneur en eau pondérales correspondant à des états particuliers d'un sol.

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 les limites de liquidité et de plasticité

$$I_P = W_L - W_P$$

### 2.3.1.5. Analyse granulométrique (par tamisage) :

Analyse granulométrique par tamisage consiste à déterminer les propriétés de grains de différentes tailles dans le sol dont le diamètre  $D$  est supérieure à  $80\mu$ . elle se fait avec des tamis de mailles carrées dont elles sont en progression géométrique  $\sqrt[10]{10}$ . on appelle module d'un tamis de maille  $a$  :  $m = 10 \log a + 1$ .

### 2.3.1.6. Analyse granulométrique (par sédimentométrie) :

L'analyse granulométrique par sédimentation est un essai géotechnique qui complète l'analyse granulométrique par tamisage d'un sol et qui peut être nécessaire à sa classification.

### 2.3.1.7. Teneur en carbonates :

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.

### 2.3.1.8. Équivalent de sable :

L'essai d'équivalent de sable, permettant de mesurer la propreté d'un sable, est effectué sur la fraction d'un granulat passant au tamis à mailles carrées de 5 mm. Il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments fins, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments sableux qui sédimentent et les éléments fins qui flocculent. La valeur de l'équivalent de sable (ES) est le rapport, multiplié par 100, de la hauteur de la partie sableuse sédimentée, à la hauteur totale du floculat et de la partie sableuse sédimentée.

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

### 2.3.1.9. Essai au bleu de méthylène :

L'essai au bleu de méthylène est déterminé de la valeur de bleu de méthylène d'un sol ou d'un matériau rocheux.

La valeur de bleu de méthylène d'un sol (VBS) mesure la capacité d'absorption d'un sol ou d'un matériau rocheux.

L'essai consiste à mesurer par dosage la quantité de bleu de méthylène pouvant être absorbée par le matériau mis en suspension dans l'eau. Cette quantité est rapportée par proportionnalité directe à la fraction 0/50 mm du sol. La valeur de bleu du sol est directement liée à la surface spécifique des particules constituant le sol ou le matériau rocheux.

Le dosage s'effectue en ajoutant successivement différentes quantités de bleu de méthylène et en contrôlant l'adsorption après chaque ajout. Pour ce faire, on prélève une goutte de la suspension que l'on dépose sur un papier filtre, ce qui provoque la création d'une tache.

L'absorption maximale est atteinte lorsqu'une auréole bleu clair persistante apparaît à la périphérie de la tache.

## 2.3.2. Les essais mécaniques :

### 2.3.2.1. Essai Proctor normal et modifié :

Les caractéristiques de compactage Proctor sont des paramètres très utilisés pour identifier les matériaux et pour définir les spécifications de compactage qui leur sont applicables lorsqu'ils sont utilisés dans la construction des remblais et des couches de forme.

Les caractéristiques de compactage Proctor d'un matériau sont déterminées à partir des essais dits : Essai Proctor normal ou Essai Proctor modifié.

Les deux essais sont identiques dans leur principe, seules diffèrent les valeurs des paramètres qui définissent l'énergie de compactage appliquée.

Le principe de ces essais consiste à humidifier un matériau à plusieurs teneurs en eau et à le compacter, pour chacune des teneurs en eau, selon un procédé et une énergie conventionnels. Pour chacune des valeurs de teneur en eau considérées, on détermine la masse volumique sèche du matériau et on trace la courbe des variations de cette masse volumique en fonction de la teneur en eau.

D'une manière générale cette courbe, appelée courbe Proctor, présente une valeur maximale de la masse volumique du matériau sec qui est obtenue pour une valeur particulière de la teneur en eau. Ce sont ces deux valeurs qui sont appelées caractéristiques optimales de compactage Proctor normal ou modifié suivant l'essai réalisé.

### **2.3.2.2. Portance CBR (California Bearing Ratio):**

C'est un essai qui a pour but d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner la chaussée et orienter les travaux de terrassements.

L'indice de portance CBR est égale à la plus grande valeur des 2 rapports  $P(2.5)/0.7$  et  $P(5)/1.05$  ;  $P(2.5)$  et  $P(5)$  représentent respectivement la pression donnant un enfoncement de 2.5 mm et de 5 mm soit :  $CBR = \sup(P(2.5)/0.7 ; P(5)/1.05)$

### **2.3.2.3. Essai Los Angeles :**

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 réciproques dans la machine dite « Los Angeles ».

### **2.3.2.4. Essai Micro-Deval :**

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.

### **2.3.2.5. Essai œdométrique :**

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.

### **2.3.2.6. Essai Cisaillement direct :**

L'essai de cisaillement direct permet de déterminer la résistance au cisaillement des sols caractérisée par la cohésion  $C$  et l'angle de frottement  $\phi$ .

L'essai s'effectue sur une éprouvette de sol placée dans une boîte de cisaillement constituée de deux demi-boîtes indépendantes. Le plan de séparation des deux demi-boîtes constitue un plan de glissement correspondant au plan de cisaillement de l'éprouvette. Il consiste à :

- Appliquer sur la face supérieure de l'éprouvette un effort vertical **N** maintenu constant pendant toute la durée de l'essai.
- Produire après consolidation de l'éprouvette sous l'effort de **N** un cisaillement dans l'éprouvette selon le plan horizontal de glissement des deux demi-boîtes l'une par rapport à l'autre en leur imposant un déplacement relatif  $\delta l$  à vitesse constante.
- Mesurer l'effort horizontal de cisaillement **T** correspondant.

### 3. Stabilité des talus :

Le type de protection des talus est déterminé en fonction de la hauteur et la pente des talus ainsi que du type d'assainissement de la chaussée, etc.

Pour assurer la stabilité des talus (de plus de 8 (m) de hauteur), le choix de la pente du talus latéral dépend étroitement de la nature des formations et de leurs caractéristiques mécaniques

En section courante, la protection des talus est réalisée par une plantation mixte d'herbes et d'arbuste, avec un remblai de substitution en terre végétale de 20 cm.

Une couche de terre végétale sera étalée sur la berme pour favoriser un enherbement. Aves la mise en place de berme à la hauteur de plus de 4 m.

### 4. Conditions de remblai :

Pour la couche de forme on utilise le TUF de bonne portance S2 ( $10 < \text{CBR} < 25$ ), après les essais suivant :

- Limites d'Atterberg
- Granulométrie
- Equivalent de sable
- Teneur en carbonate
- Essai Proctor Modifié
- Essai CBR imbibé à 04j
- Essai CBR immédiat

✚ Le dimensionnement de corps de chaussée fait selon la classe de portance S3 ( $5 < \text{CBR} < 10$ ) qui doit être suffisante pour le sol mise en remblai.

## CHAPITRE 9

---

# Dimensionnement du corps de chaussée

## 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 extérieures (gradients thermiques, pluie, neige, verglas...etc)

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 .

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial. Celle -ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser.

Pour cela, on appliquera les deux méthodes les plus 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 géomécaniques et économiques.

## 2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

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.

### 2.1. Les données climatiques :

Le dimensionnement de 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 notre projet est classé en zone **I**.

Donc on prend une température équivalente égale à **20°C**, comme montré dans le tableau suivant :

Tableau 9.1 Choix des températures équivalentes

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

## 2.2. Le trafic :

### → Détermination du type de réseaux principaux :

D'après le catalogue on a la classification suivante :

$$TJMA_{2014} = 7647 \text{ (V/j)} > 1500 \text{ (V/j)}$$

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

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.

### → Détermination de la classe de trafic(TPLi) :

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

On a :

- $TJMA_{2014} = 7647 \text{ V/j}$ .
- $TMJA_{PL2014} \text{ (mise en service)} = 2251 \text{ PL/j}$ .
- $PL \%_{2014} = (2251/7647) \times 100 = 29.44 \% \text{ PL/j}$ .
- $TMJA_{PL2014} = 2251 \times 0.5 = 1126 \text{ PL/j/sens}$ .
- 

Tableau 9.2

Année représentée	Taux PL(%)	TPL (PL/j/sens)
2014	3.9	1126
2019	2.0	1864
2020	2.7	1519
2030	2.2	1968

### → Le trafic cumulé de poids lourd(TC<sub>i</sub>) :

Le TC<sub>i</sub> est le trafic de PL sur la période considérée pour le dimensionnement (durée de vue) est donnée par la formule suivante :

$$TC_i = TPL_i \times 365 \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

Ou:

. **i** = taux d'accroissement géométrique, ce taux est le résultat d'une enquête nationale de trafic réalisée dans le cadre de l'étude du schéma directeur routier national.

. **n** =durée de vie considérée.

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

**Tableau 9.3**

Période	Taux de croissance PL(%)	TJMA <sub>PL</sub> (V/J/sens) de l'année de référence	Nombre cumulé PL TC <sub>i</sub> (× 10 <sup>6</sup> )
2014-2019	3.9	1126	2.22
2019-2020	2.0	1864	0.68
2020-2030	2.7	1519	6.27
2030-2034	2.2	1968	2.97
<b>TC<sub>2034</sub> = ∑ TC<sub>i</sub></b>			<b>12.14 × 10<sup>6</sup> PL/J/sens.</b>

### → Exemple de calcul :

$$TC_{2014} = 1126 \times 365 \times \frac{(1+0.0125)^5 - 1}{0.0125} = 2.22 \times 10^6 \text{ PL/J/sens}$$

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 :

$$\tau\% = \frac{3.9+2+2.7+2.2}{4} = 2.7 \%$$

$$\Rightarrow TC_i = 1126 \times 365 \times \frac{(1+0.027)^{20} - 1}{0.027} = 10.72 \times 10^6 \text{ essieux équivalents de 13 tonnes}$$

→ **Le trafic cumulé équivalent (TCEi) :**

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

$$\text{TCEi} = \text{TC}_i \times \text{A}$$

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

**Tableau 9.4**

Niveau de réseau principal(RP <sub>i</sub> )	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 de dimensionnement algérien** » Le coefficient **A = 0.6**.

**Donc : TCEi<sub>2034</sub> = 10.72 × 10<sup>6</sup> × 0,6 = 6.432 .10<sup>6</sup> PL/J/sens**

→ **répartition transversale du trafic :**

Nous avons une chaussée **unidirectionnelle à 2 voies**.

D'après le catalogue du dimensionnement algérien La répartition du poids lourd est de **90%** sur la voie de droite la plus chargée.

Donc : Le calcul du trafic, selon la répartition transversale de la chaussée est :

**TPL<sub>2014</sub> = 1126 × 0.9 = 1014 PL/j/sens**

→ **La classe de trafic :**

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 »** voir le tableau ci-dessous.

TPL= 1014 (PL/j/sens). → La classe de trafic est **TPL<sub>5</sub>**.

Tableau 9.5 Classe TPLi pour RP1

TPLi	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	600-1500	1500-3000	3000-6000

→ **Le risque de calcul :**

Tableau 9.6

	CLASSE DE TRAFIC	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
RISQUE (R%)	GB/GB GB/GNT	20	15	<b>10</b>	5	2

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

→ **Détermination de la portance de sol-support de chaussée :**

### Application au projet

### 3. 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.

Tableau 9.7

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

### 4. 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 :  **$E \text{ (MPa)} = 5 \cdot \text{CBR}$** .

Tableau 9.8

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

#### Caractéristiques du sol support :

D'après le rapport géotechnique, nous avons un indice de **CBR= 5** (notre sol est de faible portance),  **$E \text{ (MPa)} = 5 \cdot 5 = 25 \text{ MPa}$**

Donc la portance de sol support est de **S3**. On doit prévoir une couche de forme en matériau non traité de **40cm (en deux couches de 20 cm)**, pour améliorer la portance de sol support.

### Amélioration de la portance du sol support :

La couche de forme a pour but d'améliorer la portance du sol support,

Le (CTTP) a fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de couche de forme, le mode de sa mise en place (nombre de couches) et la nature du matériau utilisé (les plus répandus en Algérie) pour la réalisation de la couche de forme.

Les résultats de ces recherches sont résumés dans le tableau suivant :

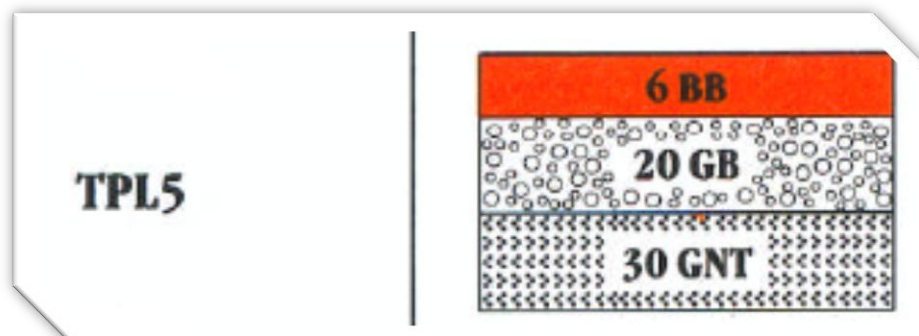
**Tableau 9.9**

Portance de sol	Matériau de CF	Epaisseur de CF ECF	Portance visée
<S4	Non traité	50cm (2couches)	S3
S4	Non traité	35cm	S3
S4	Non traité	60cm (2couches)	S2
S3	Non traité	40cm (2couches)	S2
S3	Non traité	70cm (2couches)	S1

## 5. Choix de dimensionnement :

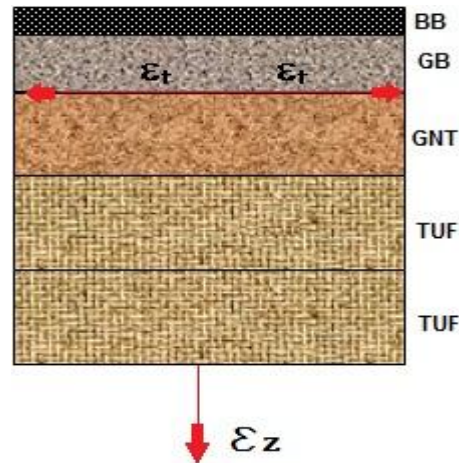
Nous sommes dans le réseau principal (**RP1**), la zone climatique **I**, durée de vie de **20** ans, taux d'accroissement moyen ( $\tau = 2.7\%$ ), portance de sol support (**S3**) et une classe de trafic (**TPL5**). Avec toutes ces données, le catalogue Algérien (**fascicule 3**) propose la structure suivante :

- ➔ couche de roulement : BB « béton bitumineux » = 6 cm.
- ➔ couche de base : GB « grave concassé » = 20 cm.
- ➔ couche de fondation : GNT « grave non traité » = 30 cm.



## 6. Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support :

Il faudra vérifier que  $\epsilon_t$  et  $\epsilon_z$  calculées à l'aide d'Alize-Lcpc, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées, c'est-à-dire respectivement à  $\epsilon_{t,adm}$  et  $\epsilon_{z,adm}$ .



$\epsilon_t$ : 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.

### 6.1 Calcul la déformation admissible ( $\epsilon_{z,adm}$ ) de sol support :

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

Cette formule est :

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

Application numérique de notre projet :

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (6.432 \cdot 10^6)^{-0.235} = 5,53 \cdot 10^{-4}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 5,53 \cdot 10^{-4}$$

### 6.2 Calcul de la déformation admissible de traction ( $\epsilon_{t,adm}$ ) :

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

$$\epsilon_{t,ad} = \epsilon_6(10^\circ \text{C}, 25\text{Hz}) \times k_{ne} \times k_{\theta} \times k_r \times k_c$$

$\epsilon_6(10^\circ \text{C}, 25\text{Hz})$  : déformation limite détenue au bout de  $10^6$  cycles avec une probabilité de rupture de 50% à  $10^\circ \text{C}$  et 25Hz.

**K $\theta$**  : facteur lié 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.

$$\text{Avec : } Kne = (TCE_i / 10^6)^b, \quad Kr = 10^{-tb\delta}, \quad K\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ C)}{E(\theta_{eq})}}$$

**b** : pente de la droite de fatigue ( $b < 0$ ).

**E(10°C)** : module complexe du matériau bitumineux à 10°C.

**E( $\theta_{eq}$ )** : module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée .

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

**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%).

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

#### → Performances mécaniques des matériaux bitumineux :

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

Tableau 9.10

Matériau	E (30° ,10HZ) (MPa)	E (25° ,10HZ) (MPa)	E (20° ,10HZ) (MPa)	E (10° ,10HZ) (MPa)	$\epsilon_6$ (10°c, 25Hz) $10^{-6}$
<b>BB</b>	2500	3500	4000	--	--
<b>GB</b>	3500	5500	7000	12500	100
Matériau	$-\frac{1}{b}$	SN	S <sub>H</sub> (cm)	v	Kc calage
<b>BB</b>	--	--	--	0.35	--
<b>GB</b>	6.84	0.45	3	0.35	1.3

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

- ➔  $\theta_{eq}$  = température équivalent ( $\theta_{eq} = 20c^\circ$ ) =>  $E(20^\circ, 10Hz) = 7000 \text{ MPa}$ .
- ➔ Classe de trafic (**TPL<sub>5</sub>**).
- ➔ Risque adopté pour le réseau **RP1** et la classe du trafic TPL<sub>5</sub> (**r=10%**).
- ➔ **C** : coefficient égal à 0.02
- ➔ **t** : fractile de loi normale, en fonction du risque adopté (**t = - 1.282**).

Pour r=10%

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

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

**Déformation admissible de traction :**

$$\epsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} \times (6.432 \times 10^6 / 10^6)^{-0.146} \times \sqrt{\frac{12500}{7000}} \times 10^{-(1.282 \times 0.609 \times 0.146)} \times 1.3$$

$\epsilon_{t,adm} = 3.22 \times 10^{-4}$

➤ **calculer par Alize-Lcpc :**

Alizé-Lcpc - Dimensionnement des structures de chaussées selon la méthode rationnelle Lcpc-Sétra

**Signalement du calcul :**

- ➔ données Chargement :
- ➔ jumelage standard de 65 kN
- ➔ pression verticale : 0.6620 MPa
- ➔ rayon de contact : 0.1250 m
- ➔ entraxe jumelage : 0.3750 m
- ➔ unités : m, MN et MPa ; déformations en  $\mu\text{déf}$  ; déflexions en mm/100

**Notations :**

X=axe transversal      Y=axe longitudinal      Z=axe vertical  
 R=axe vertical roue      J=axe vertical entre-jumelage

**Tableau 9.11 (synthèse) : tractions principales majeures dans le plan horizontal XoY et compressions principales majeures selon la verticale ZZ ; déflexion maximale**

niveau calcul	EpsilonT horizontale	SigmaT horizontale	EpsilonZ verticale	SigmaZ verticale
----- surface (z=0.000) -----				
h= 0.060 m 0.000m E= 4000.0 MPa nu= 0.350 0.060m	60.1 X-J	0.459 X-J	4.5 Z-R	0.660 Z-R
----- collé (z=0.060m) -----				
h= 0.200 m 0.060m E= 7000.0 MPa nu= 0.350 0.260m	29.9 X-R	0.587 Y-J	15.4 Z-R	0.603 Z-R
----- collé (z=0.260m) -----				
h= 0.300 m 0.260m E= 250.0 MPa nu= 0.250 0.560m	<b>-91.7</b> Y-J	-0.858 Y-R	85.8 Z-R	0.044 Z-R
----- collé (z=0.560m) -----				
h= 0.200 m 0.560m E= 100.0 MPa nu= 0.250 0.760m	<b>-91.7</b> Y-J	-0.014 Y-J	198.1 Z-R	0.044 Z-R
----- collé (z=0.760m) -----				
h= 0.200 m 0.760m E= 50.0 MPa nu= 0.250 0.960m	-110.1 Y-J	-0.031 Y-J	120.0 Z-J	0.015 Z-J
----- collé (z=0.960m) -----				
h infini 0.960m E= 25.0 MPa nu= 0.350	-117.4 Y-J	-0.012 Y-J	152.9 Z-J	0.009 Z-J
----- collé (z=0.960m) -----				
h infini 0.960m E= 25.0 MPa nu= 0.350	-117.4 Y-J	-0.005 Y-J	229.7 Z-J	0.009 Z-J
----- collé (z=0.960m) -----				
h infini 0.960m E= 25.0 MPa nu= 0.350	-116.6 Y-J	-0.005 Y-J	188.7 Z-J	0.007 Z-J
----- collé (z=0.960m) -----				
h infini 0.960m E= 25.0 MPa nu= 0.350	-116.6 Y-J	-0.001 Y-J	<b>291.4</b> Z-J	0.007 Z-J

Déflexion maximale = 70 mm/100 (entre-jumelage)

Rayon de courbure = 841.2 m (entre-jumelage)

**Tableau 9.12**

Déformation admissible calculée	Déformation calculée par Alizé-Lcpc
$\epsilon_{t,adm} = 3.22 \cdot 10^{-4}$	$\epsilon_t = 0.917 \cdot 10^{-4}$
$\epsilon_{z,adm} = 5,53 \cdot 10^{-4}$	$\epsilon_z = 2.91 \cdot 10^{-4}$

D'après les résultats précédents :

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

## 7. Méthode 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:

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

Avec:

- **e**: épaisseur équivalente
- **I<sub>CBR</sub>**: 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).

### Application numérique de notre projet :

- **I<sub>CBR</sub>**=5
- **N**=T<sub>PL</sub><sub>2034</sub>=1728 PL/j/sens
- **P**= 6.5 t

$$\text{Donc : } E_{\text{totale}} = \frac{100 + \sqrt{6,5} \left[ 75 + 50 \log \left( \frac{1728}{10} \right) \right]}{5 + 5} \Rightarrow E_{\text{Totale}} = 57.64 \text{ cm}$$

## 7.1 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:

$e_1, e_2, e_3$  : épaisseurs réelles des couches.

$a_1, a_2, a_3$  : coefficients d'équivalence.

**Tableau 9.13 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 nous faut résoudre l'équation suivante :  $a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = 57.64$  cm.

Pour résoudre l'équation précédente, on fixe 2 épaisseurs et on calcule la 3<sup>ème</sup>

- Couche de roulement en béton bitumineux (B.B) :  $a_1 \times e_1 = 2 \times 6$  cm.
- Couche de base en grave bitume (G.B) :  $a_2 \times e_2 = 1.2 \times 15 =$  cm.

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

$$e_3 = \frac{E_{\text{eq}} - e_1 a_1 - e_2 a_2}{a_3} = \frac{57.64 - 2 \times 6 - 1.2 \times 15}{1} = 23.14 \text{ cm}$$

On prend :  $e_3 = 25$  cm

## 8. Conclusion :

L'application des deux méthodes nous donne les résultats suivants:

Tableau 9.14

indice C.B.R	Méthode	
	C.B.R	catalogue
5	6BB+15GC+25GNT	6BB+20GB+30GNT

D'après le tableau ci-dessus, on remarque bien que la méthode dite du catalogue de dimensionnement de chaussée, 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 on choisit la structure de <<Catalogue de dimensionnement des Chaussées Neuves>>:

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

Avec une couche de forme de 40 cm (TUF)

## CHAPITRE 10

---

# Cubature

## 1. Généralités :

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.

## 2. Les méthodes de calcul :

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

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

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

## 3. Description de la méthode :

Le principe de la méthode de la moyenne des aires est de calculer le volume compris entre deux profils successifs par la formule suivante :  $V = \frac{h}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S)$

H : hauteur entre deux profils.

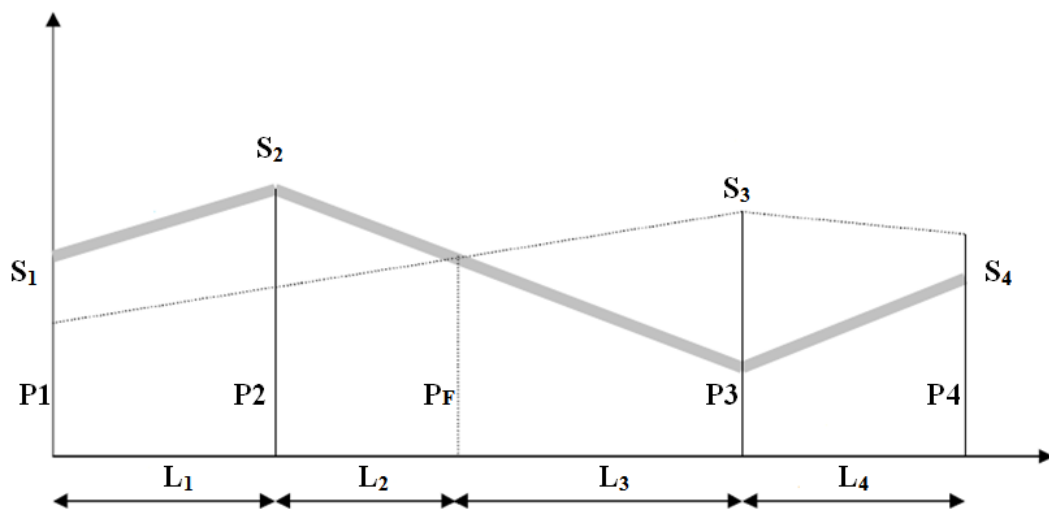
S0 : surface limitée à mi- distances des profils.

S1 : surface de profil en travers P1.

S2 : surface de profil en travers P2.

#### 4. Application :

La figure ci-dessous représente le profil en long d'un tracé donné.



Le volume compris entre les deux profils en travers P1 et P2 de section S1, S2 sera égale à:

$$V_1 = \frac{L_1}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_{\text{moy}})$$

Pour un calcul plus simple, on a considéré que :  $S_{\text{moy}} = \frac{S_1 + S_2}{2}$

**Donc :**

$$\text{Entre } P_1 \text{ et } P_2 : V_1 = L_1 \times \left( \frac{S_1 + S_2}{2} \right)$$

$$\text{Entre } P_2 \text{ et } P_F : V_2 = L_2 \times \left( \frac{S_2 + 0}{2} \right)$$

$$\text{Entre } P_F \text{ et } P_3 : V_3 = L_3 \times \left( \frac{0 + S_3}{2} \right)$$

$$\text{Entre } P_3 \text{ et } P_4 : V_4 = L_4 \times \left( \frac{S_3 + S_4}{2} \right)$$

$$\text{Le volume total } V : \quad V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

$$V = \left( \frac{L_1}{2} \right) \times S_1 + \left( \frac{L_1 + L_2}{2} \right) \times S_2 + \left( \frac{L_2 + L_3}{2} \right) \times 0 + \left( \frac{L_3 + L_4}{2} \right) \times S_3 + \left( \frac{L_4}{2} \right) \times S_4$$

#### 5. Calcul des Cubatures de Terrassement :

Dans notre projet, le calcul s'effectue à l'aide de logiciel **piste5.05**.

Les résultats de calcul des cubatures sont joints en **annexes**.

## CHAPITRE 11

---

# Assainissement routier

## 1. Introduction :

L'assainissement routier est une composante essentielle de la conception, pour la réalisation et l'exploitation des infrastructures linéaires. L'eau est le premier ennemi de la route car il pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'usager (glissance, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par dés enrobage des couches de surface, etc.) et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation .Les types de dégradation provoqués par les eaux sont:

### → Pour les chaussées :

- ✓ Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées).
- ✓ Dés enrobage.
- ✓ Nid de poule (forte proportion d'eau dans la chaussée avec un important trafic).
- ✓ Effet gel dégel.
- ✓ Décollement des bords (affouillement des flancs).

### → Pour les talus :

- ✓ Glissement.
- ✓ Erosion.
- ✓ Affouillements du pied de talus.

Les études hydrauliques inventorieront l'existence de cours d'eau et d'une manière générale des écoulements d'eau en surface. Elles détermineront ensuite l'incidence du projet sur ces écoulements et les équipements à prendre en compte pour maintenir ces écoulements.

## 2. Objectif de l'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- ✓ Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- ✓ Le maintien de bonne condition de viabilité.
- ✓ Réduction du coût d'entretien.
- ✓ Eviter les problèmes d'érosions.
- ✓ Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée. (Danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).
- ✓ Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et effet de gel).

## 3. Assainissement de la chaussée :

La détermination du débouché a donné aux ouvrages tels que dalots, ponceaux, ponts, etc., dépend du débit de crue qui est calculé d'après les mêmes considérations. Les ouvrages sous chaussée les plus courants utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et buses à section circulaire.

Quand la hauteur du remblai est insuffisante, il est préférable de construire un dalot dont la dalle est en béton armé.

Parmi les ouvrages destinés à l'écoulement des eaux, on peut citer ces deux catégories :

- ➔ Les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cuvettes, caniveaux).
- ➔ Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, décente d'eau, tête de collecteur et dalot)

Les ouvrages d'assainissement doivent être conçus dans le but d'assainir la chaussée et l'emprise de la route dans les meilleures conditions possibles et avec un moindre coût.

### 3.1. Fossé de pied de talus de déblai :

Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plate-forme et les talus vers les exutoires. Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale. Ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse 3%

### 3.2. Fossé de crête de déblai :

Ce type de fossé est toujours en béton. Il est prévu lorsque le terrain naturel de crête est penchée vers l'emprise de la chaussée, afin de protéger les talus de déblais des érosions dues au ruissellement des eaux de pluie et d'empêcher ces eaux d'atteindre la plate -forme.

### 3.3. Fossé de pied de talus de remblai :

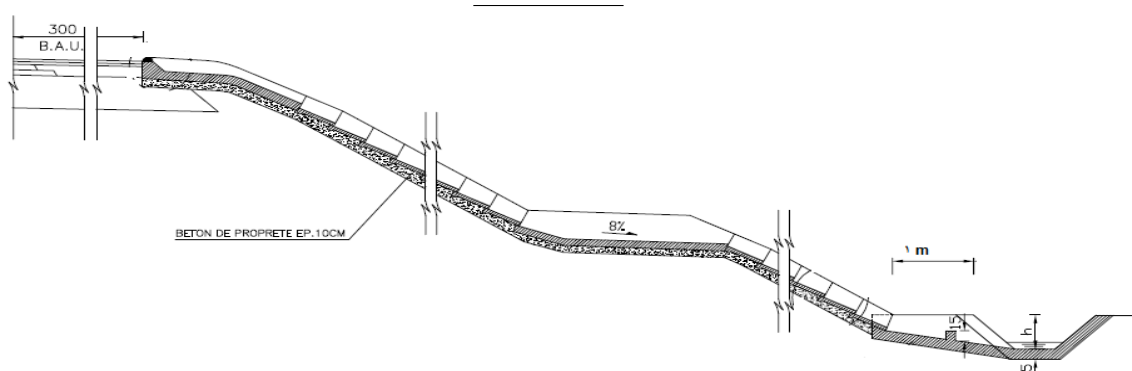
Le fossé est en terre ou en béton (en fonction de la vitesse d'écoulement).ils sont prévus lorsque la pente des terrains adjacents est vers la plate- forme et aussi de collecter les eaux de ruissellement de la chaussée, en remblai, par l'intermédiaire des descentes d'eau.

### 3.4. Drain :

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainant longeant. Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant en son centre un tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150 mm de diamètre. Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements. Les eaux collectées par le drain sont rejetées dans des regards de drainage et en dernier lieu dans les points de rejet.

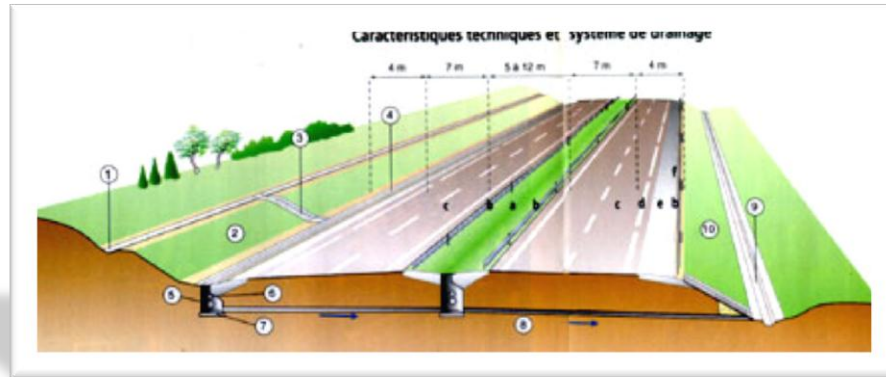
### 3.5. Descentes d'eau :

Dans les sections des routes en remblai, lorsque la hauteur de ces remblais dépasse les 4 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau. Elles sont espacées généralement tous les 50 m lorsque la pente en profil en long est supérieure à 1%. Lorsque la pente est inférieure à 1 %, leur espacement est varié entre 30 m et 40 m. (voir la figure ci-dessous).



#### 4. Assainissement du TPC de 12m:

En alignement, ou en devers le même ouvrage peut être utilisé : le fossé peu profond engazonné. La surface d'infiltration étant importante, le drain est indispensable. En dévers, si on utilise un caniveau revêtu, il doit être accolé à la partie revêtue du terre-plein central



#### 5. Etude Hydrologique :

L'étude hydrologique consiste en la détermination des débits de crue de chaque écoulement qui franchit le tracé routier. Par conséquent, tous les Oueds doivent être rétablis par des ouvrages hydrauliques (ponts, dalots et buses,...).

##### 5.1. Choix de la fréquence de pluie

Le dimensionnement des ouvrages courants (buses et dalots) consiste en l'analyse de leurs capacités d'évacuation des eaux de ruissellement d'un côté à l'autre de la route. Il est recommandé que le débit de référence adopté pour le dimensionnement de tous les ouvrages de franchissement (buses, dalots) soit celui dont la période de retour est de 10 ans.

##### 5.2. Estimation du débit de crue :

Le calcul du débit maximum limite, de fréquence donnée, à l'intensité moyenne 'I' de la pluie, et de durée 't' égal au temps de concentration, est effectué au moyen d'une formule donnant un débit approché par excès, celle-ci se dérive de la méthode dite rationnelle et elle est appliquée dans le cas des superficies inférieures à 200km<sup>2</sup>, elle est donnée par :

$$Q_a = K.C.I.A$$

**Q<sub>a</sub>** : Débit maximum d'eau pluviale.

**C** : Coefficient de ruissellement.

**I** : intensité des pluies maximales en (mm/h) pour une durée t prise égale au temps de concentration T<sub>c</sub>.

**K** : Coefficient de conversion des unités et est égale à 2,78.

**A** : Aire du bassin d'apport

**Remarque importante :** d'après SETRA: la formule  $Q_a = K.C. I. A$  est empirique, elle a été faite pour les unités suivantes :

$Q_a$  en (m<sup>3</sup>/s) valable pour :  $I$  en (mm/h) ;  $A$  en (km<sup>2</sup>) ;  $K= 0.278$

Ou

$Q_a$  en (L/s) valable pour :  $I$  en (mm/h) ;  $A$  en (ha) ;  $K= 2.78$

### 5.2.1. Les bassins versants :

Pour notre projet, Il existe 3 bassins versants qui ont été délimités en fonction de la structure des talwegs et des lignes de crêtes sur la carte d'état-major à l'échelle 1/25000ème scannées, leurs surfaces sont déterminées à l'aide du logiciel Autocad version 2008. Et les résultats sur le **tableau 11.1**

**Tableau 11.1**

N°BV	Désignation	PK	Surface du B.V (ha)	Périmètre (m)	Long (m)	Hmax (m)	Hmin (m)	P%
01	Ecoulement1	16+827	26.1	2714.72	1135.2	634	374	22.9
02	Ecoulement1	17+435	47.6	5290	2468.7	860	383	19.3
03	Ecoulement1	20+822	21.3	2383	1094.4	570	470	9.13

**Avec :**

**L :** longueur de thalweg

**Hmax :** l'altitude maximale de B.V

**Hmin :** l'altitude minimum de B.V

### 5.2.2. Calcul de l'intensité de pluie I(t) :

On admet que l'intensité I(t) est celle dont la durée, sur une courbe intensité –durée-fréquence, est égale au temps de concentration du bassin .Ce temps est exprimé par :

**Temps de concentration Tc :**

1/ lorsque  $A < 5 \text{ km}^2$ :

$$T_c = 0,127 \cdot \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{P}}$$

2/ lorsque  $5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$  :

$$T_c = 0,108 \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}}$$

3/ lorsque  $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$ :

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8 \sqrt{H}}$$

Où :  $T_c$  : Temps de concentration (heure).

$A$  : Superficie du bassin versant ( $\text{km}^2$ ).

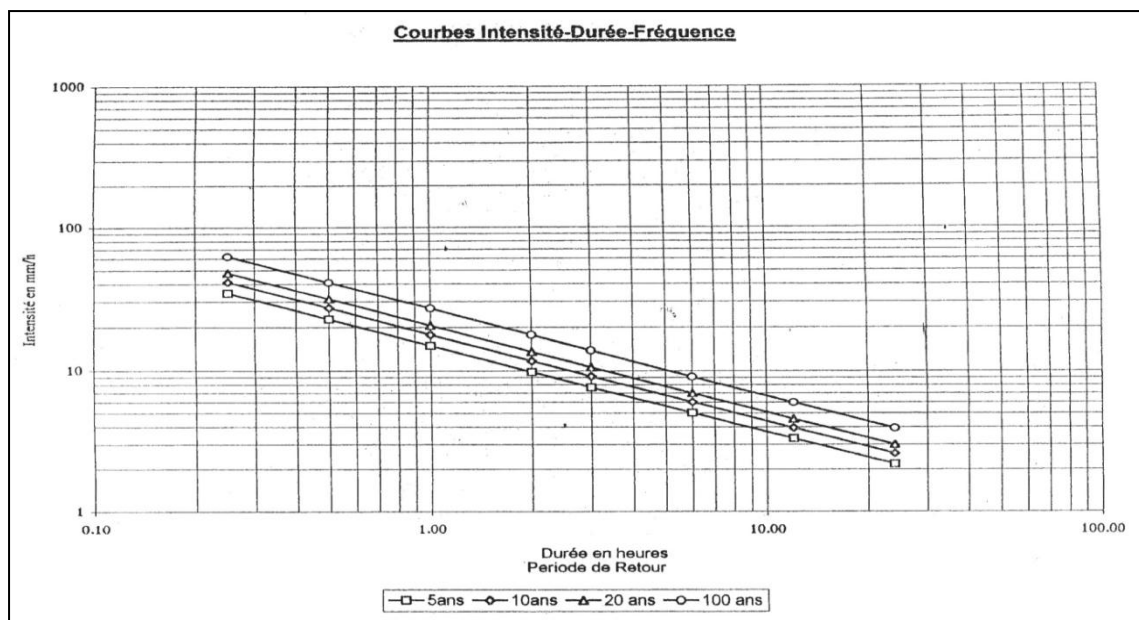
$L$  : Longueur de bassin versant (km).

$P$  : Pente moyenne du bassin versant.

$H$  : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m).

**Pour** (BV 01) ( $S=26.1\text{ha}$ ,  $P=22.9\%$ )

$S < 5 \text{ km}^2$ , on applique la formule de Ventura  $t_c = 0,127 \sqrt{\frac{S}{P}}$   $T_c = 0,127 \sqrt{26.1/0.229} = 1.36\text{h}$



✚ A partir du temps de concentration et les courbes I.D.F., on tire directement les valeurs de l'intensité de pluie, qui sont dans le tableau 11.2

### 5.2.3. Coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement " $C$ ", qui est un indicatif du pourcentage de l'eau ruisselant sur un sol saturé par les précipitations antérieures par rapport à la totalité de l'averse, sera estimé à partir de la méthode de **KENESSEY (Hongrie)** où " $C$ " est la somme de trois coefficients partiels :

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

➔  **$C_1$**  : dépend de la pente " $p$ " du thalweg principal estimée comme étant égal au rapport de la dénivelée du thalweg (falaises exclues) par sa longueur développée. Ces informations sont obtenues généralement à partir des cartes topographiques disponibles. Les valeurs de " $C_1$ " sont présentées

dans le **Tableau 11.2**.

→ **C2** : dépend de la perméabilité du sol, déterminée à partir des informations concernant la nature du sol et ses caractéristiques. Les valeurs du coefficient "C2" sont présentées dans le **Tableau 11.3**.

→ **C3** : dépend de la couverture végétale du bassin versant. Ces informations seront obtenues à partir d'une inspection visuelle des bassins versants, des photos prises du site et des photos aériennes. Les valeurs du coefficient "C3" sont présentées dans le **Tableau 11.4**.

**Tableau 11.2 Valeur du Coefficient "C1" pour Diverses Pentes**

Couverture Végétale	Coefficient (C3)
$P \leq 3.5$	0,01 - 0,05
$3,5 \leq P \leq 11$	0,06 - 0,10
$11 < P \leq 35$	0,12 - 0,20
$35 < P$	0,22 - 0,30

**Tableau 11.3 Valeur du Coefficient "C2" par Rapport à la Nature du Sol**

Couverture Végétale	Coefficient (C3)
Imperméable	0,22 - 0,30
Peu perméable	0,10 - 0,20
Perméable	0,06 - 0,10
Très perméable	0,06 - 0,05

**Tableau 11.4 Valeur du Coefficient "C3" Relative à la Couverture du Sol**

Couverture Végétale	Coefficient (C3)
Rocheux	0,22 - 0,30
Prairie	0,17 - 0,25
Labours - Champs	0,07 - 0,15
Forêts et Terrains Sableux	0,03 - 0,05

### 5.2.4. Les débits d'apport des bassins versants :

Pour notre projet on a :  $C=0.05+0.10+0.25=0.4$

Tableau 11.5

DESIGNATION	C	I (mm/h)	K	S (km <sup>2</sup> )	DEBIT THEORIQUE Q (m <sup>3</sup> /s)
Ecoulement E1 (16+827)	0.40	12	0.278	0.261	0.35
Ecoulement E2 (17+435)	0.40	16	0.278	0.476	0.85
Ecoulement E3 (20+822)	0.40	10	0.278	0.213	0.24

### 5.3. Les ouvrages hydrauliques et drainage :

La plate-forme d'une route est protégée contre les effets de l'eau par des ouvrages permanents, ces ouvrages sont de deux types :

→ Les ouvrages hydrauliques assurant le transit des débits des bassins versants qui traversent la route. (buse, dalot, pont,...).

→ Les ouvrages de collecte des eaux superficielles de ruissellement, (fossés, caniveaux, etc....).

### 5.4. Dimensionnement et calage de l'ouvrage:

On a réalisé deux types d'ouvrages pour notre chaussée, à fin d'assurer un drainage judicieux sur tout le long de l'itinéraire.

→ Des buses qui ont pour but d'assurer souterrainement l'écoulement des eaux

→ Des dalots Pour le volume important

La section transversale des dalots peut avoir diverses formes, les plus utilisées en Algérie sont de formes circulaires et rectangulaires.

Le dimensionnement d'un ouvrage hydraulique est en fonction du débit maximum des eaux de ruissellement captées. On vérifie que le dimensionnement et le calage de l'ouvrage choisis fournissent des conditions d'écoulement acceptables :

- ✓ Un écoulement à surface libre.
- ✓ Une vitesse d'écoulement inférieure à 4 m/s.
- ✓ Une hauteur d'eau amont acceptable.
- ✓ Une revanche pour le passage des corps flottants.

### 5.5. Estimation des débits de saturation :

Le débit de saturation est donné par la formule de **MANNING - STRICKLER** :

$$Q_s = K_{st} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \times S$$

$K_{st}$  : coefficient de **STRICKLER** qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage.

- Paroi en terre :  $7 < K_{st} < 30$ .
- Paroi en béton :  $50 < K_{st} < 60$ .

$S$  : section mouillée ( $m^2$ ).

$R$  : rayon hydraulique (m).

$I$  : la pente moyenne de l'ouvrage.

La pente maximale de pose des ouvrages est celle qui correspond à une vitesse maximale de 4m/s, et ceci afin d'éviter l'action abrasive des eaux sableuses et la formation de dépôts (pierres, terres, végétation...) qui peuvent conduire à l'obstruction des ouvrages, et pour assurer ainsi l'auto curage.

On définit le rayon hydraulique comme étant le rapport de la surface mouillée par le périmètre mouillé, noté  $R_h$ , exprimé en (m)

$$R_h = \frac{\text{Section mouillée}}{\text{Périmètre mouillé}}$$

## 6. Dimensionnement :

### 6.1. Dimensionnement des fosses :

Tableau 11.6

Période	15min	30min	1H	2H	3H	6H	12H	24H
5ans	38.29	27.2	19.33	13.73	11.24	7.986	5.674	4.031
10ans	53.01	31.83	22.62	16.07	13.16	9.346	6.64	4.717
50ans	61.06	36.28	25.77	18.31	14.99	10.65	7.566	5.375
100ans	75.22	46.33	32.92	23.39	19.15	13.6	9.664	6.866

Pour le dimensionnement des fossés, on prend un temps de concentration égale à **15 min** donc :  $I_t=53.01\text{mm/h}$

Le dimensionnement se fait dans le cas défavorable, où il y a un grand espace en déblai, entre le PK 22+499et PK 24+039de longueur **1540 m**.

La hauteur des talus est important alors on prévoit des fosses en béton Armé d'une forme trapézoïdale

### → Calcul de la surface du bassin versant :

Le dimensionnement des fossés dépend de profil en long et les points de refoulement (un drain ou un oued), donc on dimensionne les fossés selon leurs départs et fins.

- ✓ Surface de la chaussée :  $A_c = (1+7+3) \times 1540 = 16940 \text{ m}^2 = 0.016940 \text{ km}^2$ .
- ✓ Surface de la berme :  $A_b = 1 \times 1540 = 1540 \text{ m}^2 = 0.001540 \text{ km}^2$
- ✓ Surface du talus :  $A_t = 16940 \text{ m}^2 = 0.016940 \text{ km}^2$

**Tableau 11.7 les coefficients de ruissellements**

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.80 à 0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 à 0.40	0.40
Talus	0.10 à 0.30	0.30
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

### → Calcul du débit d'apport (Qa): $Q = K.I.C.A$ , $K=0.278$

- ✓ Débit de la chaussée :  $Q_c = 0.278 \times 0.95 \times 53.01 \times 0.016940 = 0.237 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- ✓ Débit de la berme :  $Q_b = 0.278 \times 0.4 \times 53.01 \times 0.001540 = 0.0091 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ Débit du talus :  $Q_t = 0.278 \times 0.3 \times 53.01 \times 0.016940 = 0.074 \text{ m}^3/\text{s}$ .

D'où :  $Q_a = Q_c + Q_b + Q_t = 0.237 + 0.0091 + 0.074 = 0.32 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### → Calcul du débit de saturation (Qs):

#### ✓ La section mouillée :

$$S_m = bh + 2(eh/2).$$

Avec :  $1/\text{tg } \alpha = m$ , d'où :  $e = m.h$

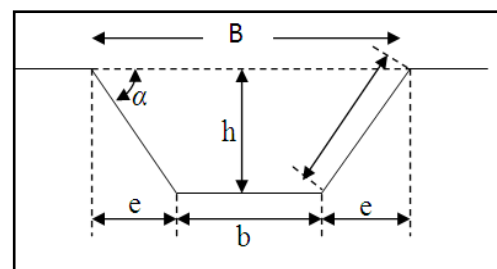
$$S_m = bh + mh^2 \Rightarrow S_m = h(b + mh).$$

#### ✓ Le périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2.B$$

$$\text{Avec : } B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + hm^2} = h\sqrt{1 + m^2}$$

$$P_m = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$$



✓ **Le Rayon hydraulique :**

$$R_h = S_m / P_m = h (b + mh) / (b + 2h\sqrt{1 + m^2}).$$

$$\text{On a } Q_s = Q_a = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \times S$$

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

On pose :  $b = 0.5$  m et Pour un angle de  $45^\circ \Rightarrow m = 1$ .

Pour la pente hydraulique du fossé « I », on met :  $I = 10^{-3}$  c'est assez pour l'écoulement d'eau dans une section en béton armé.

KST : Coefficient d'écoulement de Manning - Strickler = 70 (au béton collé sur place).

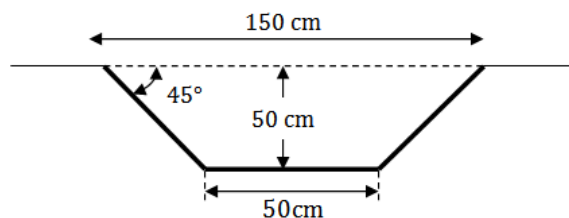
Donc : on obtient la formule suivante :

$$H = \left[ \frac{Q_a}{K_{st} \times b \times I^{1/2}} \right]^{3/5} \frac{[1 + (2\sqrt{1+m^2} \times \frac{h}{b})]^{2/5}}{1 + \frac{h}{b}m}$$

$$H = \left[ \frac{0.32}{70 \times 0.5 \times 0.001^{1/2}} \right]^{3/5} \frac{[1 + 5.6 \times h]^{2/5}}{1 + 2h} = 0.42 \text{ m}$$

D'après le calcul itératif on a trouvé la hauteur **H = 0.50 m**.

Pour des raisons de sécurités on prend un fossé standard ( $b = 50$  cm,  $H = 50$  cm,  $B = 100$  cm).



Avec des Parois de pentes 1/1 en béton armé d'épaisseur 0,12 à 0,15 armé en trillé soudé coulé sur place avec joint de dilatation chaque 5 à 6 m posé sur un béton de propreté de 10 cm d'épaisseur ; encre sous le niveau du corps de chaussé évitant d'éventuel affaissements.

## 6.2. Dimensionnement des buses :

Pour dimensionner les buses on prend **Qa=Qs**

→ **Coefficient d'écoulement de Manning - Strickler :**

Les ouvrages sont proposés en béton armé, nous avons pris pour les buses, un coefficient de rugosité égal à **80**.

→ **Section et périmètre mouillés :**

Pour les buses, la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une hauteur de remplissage égale à :

$$H_r = 0,75 \varnothing \quad , \text{ si } \varnothing \leq 1\text{m}$$

$$H_r = 0,80 \varnothing \quad , \text{ si } \varnothing > 1\text{ m}$$

$\varnothing$  : diamètre de la buse

$$\mathbf{S_m}$$
: surface mouillée =  $\frac{4}{5} \times \pi \times R^2$

$$\mathbf{P_m}$$
 : le périmètre mouillé =  $\frac{4}{3} \times \pi \times R$

$$\mathbf{R_h}$$
 : rayon hydraulique =  $\frac{3}{5} \times R$

$\mathbf{I}$  : la pente de pose qui vérifié la condition de limitation de la vitesse maximale d'écoulement à 4m/s. pour notre cas ;  $I = 0.1\%$

$$\color{red}{\oplus} \text{ Pour (E1) PK 16+827: } Q_a = 0.35\text{m}^3/\text{s}$$

$$0.35 = 80 \cdot (0.001)^{1/2} \cdot (4/5 \cdot \pi \cdot r^2) \cdot (3/5 r)^{2/3}$$

$$0.35 = 2.95 r^{8/3} \Rightarrow r^{8/3} = 0.283 \Rightarrow r = 0.449\text{m}$$

$$\text{Donc : } R = 0.600\text{m} = 600\text{mm}$$

On prend  $\Phi = 600\text{mm}$ .

$$\color{red}{\oplus} \text{ Pour (E3) PK 20+822: } Q_a = 0.24\text{m}^3/\text{s}$$

$$0.24 = 80 \cdot (0.001)^{1/2} \cdot (4/5 \cdot \pi \cdot r^2) \cdot (3/5 r)^{2/3}$$

$$0.24 = 2.95 r^{8/3} \Rightarrow r^{8/3} = 0.283 \Rightarrow r = 0.390\text{m}$$

$$\text{Donc : } R = 0.400\text{m} = 400\text{mm}$$

On prend  $\Phi = 400\text{mm}$ .

### 6.3. Dimensionnement des dalots :

La section de dalot est calculée comme pour le fossé. Seulement, on change la hauteur de remplissage par la hauteur du dalot.

Pour dimensionner les dalots il faut que le débit rapporté par le bassin versant (connu), doive être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot. Ce débit est donné par la formule de MANNING STICKLER.

$$Q_s = K_{st} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \times S$$

Avec :

$K_{ST}$  : pour les dalots (béton armé) nous avons pris un coefficient de rugosité égal à 70.

Pour les dalots, la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une hauteur de remplissage égale à :

$$H_r = 0,80 H \quad \text{si } H \leq 2. \text{ m}$$

$$H_r = H - 0.50 \quad \text{si } H > 2. \text{ m}$$

H : hauteur du dalot

Donc :

$$\text{Périmètre mouillé : } P_m = 2 \times 0.8 \times h + L$$

$$\text{Section mouillée : } S_m = 0.8 \times h \times L$$

$$\text{Rayon hydraulique : } R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8h \times L}{2 \times 0.8h + L}$$

$$\text{Pente longitudinale de l'ouvrage } i = 0.1\%, \quad Q_s = K_{st} \times I^{\frac{1}{2}} \times 0.8h \times L \times \left( \frac{0.8h \times L}{2 \times 0.8h + L} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$\text{Alors : } Q_a = K. C. I. A = K_{st} \times I^{\frac{1}{2}} \times 0.8h \times L \times \left( \frac{0.8h \times L}{2 \times 0.8h + L} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Et par calcul itérative on tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité.

#### Pour (E2) PK 17+435

On fixant la largeur L=2 m

$$Q_a = 0.85 \leq K_{st} \times I^{\frac{1}{2}} \times 0.8h \times L \times \left( \frac{0.8h \times L}{2 \times 0.8h + L} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$0.85 \leq 70 \times (0.001)^{\frac{1}{2}} \times 0.8h \times 2 \times \left( \frac{0.8h \times 2}{2 \times 0.8h + 2} \right)^{\frac{2}{3}}$$

D'après le calcul itérative on tire la valeur de h=0.53m

Alors pour avoir une bonne circulation d'eau et pour des raisons de réalisation et de maintenance on prend H=1m, qui donne un débit de saturation de  $Q_s = 2.1 \text{ m}^3/\text{s}$

**NB** : les résultats de dimensionnement sont résumés dans les tableaux 11.8

**Tableau 11.8**

Ouvrages existants	PK	DIMENSIONS
<b>Buses</b>	16+827	Ø=600 mm
	20+822	Ø=400 mm
<b>dalots</b>	17+435	L=2m, h=1m

## CHAPITRE 12

---

# Signalisation

## 1. Introduction :

La signalisation routière est un moyen de communication avec les usagers.

Bien signaler c'est bien communiquer.

Bien signaler, c'est assurer l'écoulement du trafic dans les meilleures conditions de circulation, de gestion du trafic et de sécurité routière.

On distingue deux types de signalisation :

- ➔ Signalisation horizontale.
- ➔ Signalisation verticale.

## 2. 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 marquage des chaussées joue un rôle essentiel dans la sécurité routière, il est obligatoire sur autoroute.

Le rôle essentiel de la signalisation horizontale est de délimiter les voies de circulation afin d'augmenter la sécurité routière. Un autre rôle est de compléter la signalisation verticale.

Le marquage de la chaussée est réalisé par plusieurs catégories de marques.

### 2.1. Caractéristiques générales des marques :

#### 2.1.1. Couleur des marques de chaussée :

Les couleurs utilisées pour les marquages sur la chaussée est le blanc et le jaune, dont le jaune est pour T4 et de la délimitation du TPC, et le blanc pour d'autres marquages.

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

#### 2.1.2. Largeur des lignes :

Les largeurs de ligne sont définies par rapport à une unité U

Les valeurs de U sont :

U = 7,5 cm Sur l'Autoroute et les bretelles des diffuseurs, des nœuds autoroutiers et D'entrée/sortie sur aires.

U = 6 cm Sur les bretelles de sortie de l'Autoroute après les péages, sur les bretelles D'entrée de l'Autoroute avant les péages et sur les RN,

U = 5 cm sur toutes les autres routes qui ne sont pas nationales.

La valeur de U doit être homogène sur tout un itinéraire.

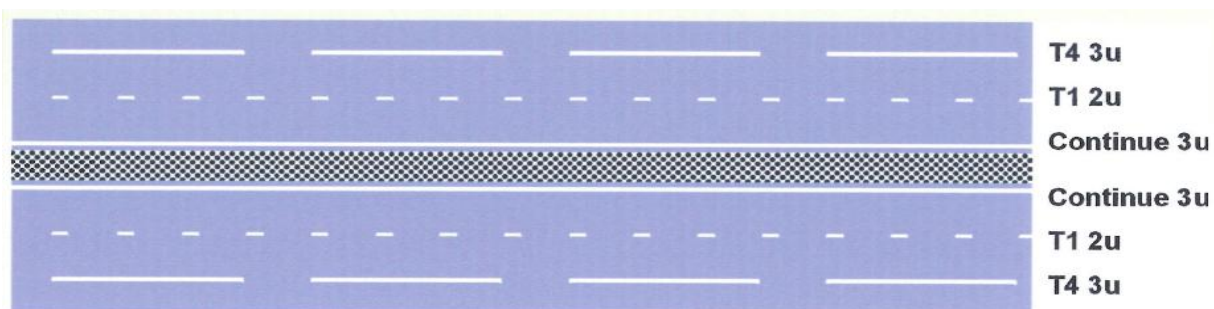
#### 2.1.3. Lignes longitudinales :

Pour notre projet la route est de type "autoroute".

Donc la valeur de U est 7.5 cm.

Tableau 12.1 Les caractéristiques de tous les types des lignes adoptées

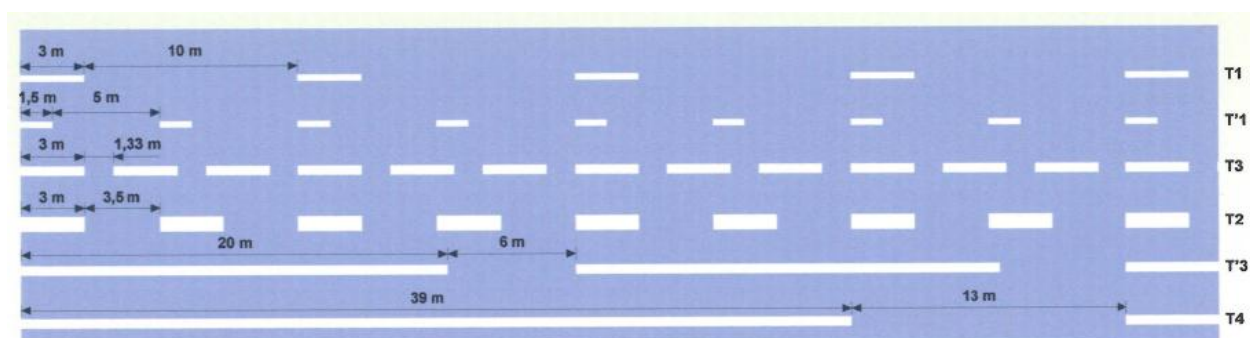
modulation	désignation des marques	largeur
<b>Continue</b>	Délimitation de terre-plein central (TPC)	3U
	Ligne séparant les sens de circulation opposés sur les routes à trois voies, avec deux voies affectées à un sens de circulation et ligne oblique marquant un rétrécissement de route de trois à deux 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
<b>T3</b>	Ligne d'annonce d'une ligne continue	2U
<b>T'3</b>	Ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans les bretelles de raccordement	3U
<b>T4</b>	Ligne délimitant une bande d'arrêt d'urgence, en section courante (hors bretelles de raccordement) sur autoroutes et routes à chaussées séparées et à carrefours dénivelés	3U
<b>T'2</b>	Ligne " CÉDEZ-LE-PASSAGE "	50 cm



### 2.1.4. Caractéristiques des lignes discontinues :

Tableau 12.2 Les caractéristiques des lignes discontinues

Type de marquage	Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre 2 traits successifs	Rapport plein/vide	Couleur
Axial longitudinal	T1	3	10	1/3	Blanc
	T'1	1.5	5	1/3	Blanc
	T3	3	1.33	3	Blanc
rive	T2	3	3.5	1	Blanc
	T'3	20	6	3	Blanc
	T4	39	13	3	Jaune
transversal	T'2	0.5	0.5	1	Blanc
délimitation du TPC	LC				Jaune



### 2.1.5. Lignes transversales :

- Ligne "STOP", largeur de 50 cm.
- Ligne "Cédez le Passage", largeur de T'2.

### 2.1.6. Les flèches :

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

### 2.1.7. Autres marques :

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

### 3. Signalisation verticale :

La signalisation verticale est divisée en deux grandes catégories :

- ➔ Signalisation de danger, de prescription et d'indication.
- ➔ Signalisation de direction.

#### 3.1. Signalisation de danger, de prescription et d'indication :

La signalisation de danger, de prescription et d'indication est utilisée pour réglementer, 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.).
- ➔ Le dimensionnement des panneaux concorde avec le type de route, comme suit :
  - ✓ Dimension grande gamme pour les voies rapides de l'autoroute.
  - ✓ Dimension normale pour les entrées et les sorties de l'autoroute, ainsi que pour les bretelles d'accès aux gares de péage aux routes nationales.

À part les panneaux et les panonceaux, utilisés pour la signalisation verticale, la signalisation de danger est réalisée avec des balises.

Les types de balises sont les suivantes :

- ➔ balise de virage;
- ➔ balise de limite de chaussée;
- ➔ balise de musoir, balise pour les gares de péages, etc.

Les panneaux ainsi que les panonceaux et les balises sont couverts d'une couche rétro réfléchissante (de classe II ou supérieure).

- ➔ Taille des panneaux sur autoroute : Très Grande Gamme (TGG)
- ➔ Sur entrées et sortie : Grande Gamme (GG)
- ➔ Bretelle d'accès aux gares de péage et rétablissements : Gamme Normale (GN)

**Tableau 12.3 Les dimensions détaillées des panneaux**

Dimensions	Côté du triangle (mm)	Diamètre du rond (mm)	Double de l'apothème de l'octogone (mm)	Côté du carré (mm)
<b>TGG</b>	1500	1250	1200	1050
<b>GG</b>	1250	1050	1000	900
<b>GN</b>	1000	850	800	700

### La signalisation de danger :



### Intersection et régime de priorité :



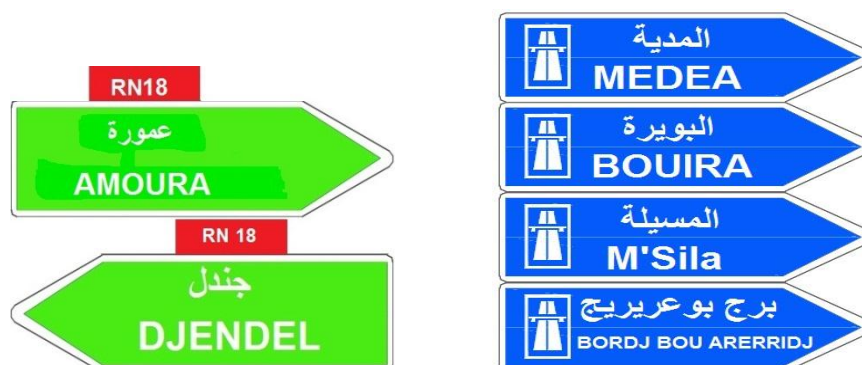
### La signalisation de prescription :



### 3.2. Signalisation de direction :

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

- Les willayas de MEDEA, BOUIRA, M'Sila et BORDJ BOU ARERRIDJ dans la direction EST, et la ville de KHEMIS MILIANA dans la direction OUEST (un lien direct autoroutier).
- Les premières villes en lien direct, via l'échangeur : Djendel et Oued Chorfa.
- Le texte figurant sur les panneaux doit être en écriture double, avec des caractères arabe et latin, (arabe en premier, latin en deuxième).
- La hauteur des lignes de caractère est similaire pour les deux écritures.
- Les panneaux sont installés en latéral (confirmation de direction) et sur portiques (signalisation pour les sorties d'autoroute).
- Tous les panneaux de signalisation de direction sont couverts d'une couche rétro-réfléchissante.



### 4. Signalisation de l'échangeur :

Tableau 12.4 Implantation de la signalisation directionnelle sur une sortie

	Distance d'implantation	But
<b>V (km/h)</b>		110
Avertissement D(a)50	2000 m	pour attirer l'attention des usagers
Pré signalisation D(a)40	1000 m	pour marquer le début de la manœuvre de sortie et notamment inciter les usagers à gagner la voie de droite
Signalisation avancée D30	au point S= 1.50 m	pour marquer la fin de la manœuvre de sortie sur la chaussée émettrice.

Tableau 12.5 Signalisation des bretelles de sorties (diffuseurs) :

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

## CHAPITRE 13

---

# Impact sur l'environnement

## 1. Introduction :

Le terme "environnement" est à prendre ici au sens large. Ce domaine rassemblera toutes les thématiques qui décrivent les lieux de vie des espèces animales et végétales.

Pour réaliser cette étude d'impact, il faut aborder l'ensemble des thématiques directement liées à l'environnement (eau, air, faune, flore), mais aussi sur l'environnement de l'être humain. Le code de l'environnement a été récemment introduit l'obligation d'y ajouter l'évaluation de l'impact du projet sur la santé de l'homme.

Il sera alors nécessaire pour chaque thème étudié, de définir le périmètre pertinent. Les effets spatiaux sont différents en fonction du paramètre affecté. Et des effets indirects en raison des relations fonctionnelles entre les divers compartiments du milieu.

Les étapes d'une étude d'impact sur l'environnement d'un projet autoroutier peuvent se résumer en :

- L'analyse de l'état initial.
- La justification de la solution retenue.
- La détermination des impacts.

## 2. Cadre juridique :

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n° 90-78 du 27 février 1990, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

- une analyse détaillée du projet.
- une analyse de l'état initial du site et de son environnement.
- une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long termes du projet sur l'environnement.

Les raisons et les justifications techniques et environnementales du choix du projet ; projet sur l'environnement, ainsi que l'estimation des coûts correspondants.

## 3. Objectifs :

Les préoccupations relatives à l'environnement peuvent être en grande partie regroupées autour de quelques objectifs généraux :

- Rechercher la meilleure intégration de la route dans l'environnement, et favoriser la valorisation mutuelle de la route et de l'environnement.
- Ne pas dégrader l'environnement, ou du moins limiter ou corriger ce qui peut conduire à des dégradations.
- Gérer et entretenir les abords de la route.

## 4. L'impact sur l'agriculture :

Il est incontestable que l'agriculture est une activité économique principale et inépuisable. De ce fait elle doit se faire octroyer un grand intérêt.

### 4.1. Les impacts :

L'ensemble des impacts sur l'agriculture peut se regrouper en trois éléments qui sont :

- L'effet de substitution de sol à vocation agricole, et la des diminutions des superficies exploitées.
- L'effet de coupure, entraînant la destruction d'une tranche la parcelle agricole, et difficultés de travail et de circulation par des allongements de parcours (rupture cheminements).
- L'effet de modification du régime agricole.

### 4.2. Les remèdes :

Les mesures visant à remédier à ces préjudices sont classées en deux catégories :

- Mesures préventives :
- Devant intervenir en amont, lors des choix du tracé et la détermination des caractéristiques du projet, sinon on aura recours aux.
- Mesures curatives :
- Comprenant la restriction des exploitations et des mesures techniques allant du rétablissement des réseaux existants à la remise en état des terrains agricoles.
- Dans ce cadre, les différentes actions possibles, qu'on peut mener pour les préventions et les remèdes sont :
- le passage préférentiel en limite d'agglomération et de territoire agricole évitant la coupure de zones agricoles homogènes.
- La pris en compte des superficies d'exploitation.
- Evier des zones hydro-agricoles sensibles aux modifications.

## 5. L'impact sur la nature :

### 5.1. La faune :

L'impact de l'aménagement d'une route sur les animaux doit faire partie des données essentielles prises en compte lors de la conception de son tracé pour atténuer la coupure biologique et pour protéger la faune des risques de collision, sachant que sur cette route il y' a lieu de présence d'animaux sauvages sur les abords.

Le tracé de la route provoquera des accidents dus aux collisions des usagers de la route avec ces animaux.

## 5.2. La flore :

Les études de rectifications menées sur le terrain permettent d'identifier précisément les groupements végétaux avec le tracé retenu. La connaissance approfondie de la flore locale vise à orienter le choix des espèces à planter sur le talus selon un certain nombre de critères : particularités de la climatologie et du paysage. Les espèces végétales indigènes sont ainsi toujours privilégiées car elles présentent l'intérêt d'être les mieux adaptées au milieu environnant (littoral).

## 5.3. L'eau :

Les phases de travaux donnent lieu à la mise en œuvre de toutes les dispositions adaptées pour pallier les inconvénients mis en évidence lors des études de conception. Les ouvrages d'assainissement sont ainsi largement dimensionnés par rapport aux crues les plus importantes et des aménagements spéciaux sont réalisés pour parer aux effets dévastateurs des écoulements torrentiels.

En section courante, on doit veiller à adapter le niveau d'équipement des ouvrages de protection aux enjeux de l'environnement local, l'évacuation des eaux vers la mer constitue dans la plus part des cas une réponse efficace, tout à fait adaptée au problème posé par l'épuration des eaux de ruissellement et permettant d'éviter des aménagements massifs, difficilement compatibles avec l'intégration paysagère de la route.

## 6. L'impact sur les habitants :

Les principaux impacts d'une infra structure autoroutière sur les habitants sont :

- La destruction
- La pollution
- Le bruit

En outre à ces impacts qui sont difficile, voire impossibles à évaluer, il existe d'autres effets qui leurs sont liés :

- L'effet de bornage d'une ville par projet.
- L'effet de barrière entre deux centres urbains
- L'effet de destruction au sein des agglomérations.

### 6.1. La destruction :

Les projets d'aménagement routier nécessitent parfois, la destruction de certaines habitations et le déplacement des populations du lieu de leur vie ou de travail, et leur réinstallation par la suite ailleurs, ce qui peut provoquer un bouleversement sur le plan économique et culturel de la vie des individus affectés.

- Les impacts de destruction concernent :
  - ✓ Les populations situées sur l'emprise du projet, et qui seront obligés de se déplacer.
  - ✓ Les populations situées au périmètre d'accueil.
- Ces impacts sont d'ordre :
  - ✓ **Economique** : modification des systèmes de production.
  - ✓ **Socioculturel** : désorganisation des communautés, et modification culturelle.
  - ✓ **Naturel** : modification dans l'exploitation des ressources naturelles.

## 6.2. Le bruit :

### ➤ Les impacts :

La construction d'une autoroute au voisinage d'habitation a des conséquences sur la santé humaine suite à la gêne due au bruit pouvant se manifester de plusieurs façons :

- ✓ Perte de sommeil.
- ✓ La fatigue
- ✓ Baisse de l'acuité auditive.

### ➤ Les remèdes :

- ✓ Eviter les zones de grandes densités d'habitation en agissant en amont sur la configuration du tracé.
- ✓ Mettre des protections entre cette source de bruit et les récepteurs.
- ✓ Agir sur les façades des bâtiments concernés.
- ✓ La protection entre la source et le récepteur consiste à interposer un obstacle entre les voies de circulation et les habitations situées à proximité.
- ✓ Dans le cas d'immeubles de grande hauteur, ces dispositifs sont incapables de protéger les étages supérieurs.

En générale on peut avoir recours à :

L'amélioration de la couche de roulement ; en agissant sur les enrobés au dépens des frottements, pour minimiser les bruits de circulation.

## 7. Conclusion :

Le défi est de limiter le plus possible l'impact sur l'environnement humain tout en préservant les ressources naturelles. Cet engagement permanent doit s'imposer tout le long des trois étapes successives qui marquent la vie de la route :

- ✓ Sa conception,
- ✓ Sa construction,
- ✓ Son exploitation.

## CHAPITRE 14

---

# Les ouvrages d'art

## 1. Introduction

D'une façon générale, on appelle un pont tout ouvrage permettant à une voie de circulation de franchir un obstacle naturel ou une autre voie de circulation. Selon le cas, on distingue : pont-route, pont-rail, pont canal.

Ce chapitre présentera les ouvrages d'art existants, ainsi le type de l'ouvrage à concevoir pour franchir les routes et les pistes existantes.

## 2. les types d'ouvrage

### 2.1. Au niveau de l'échangeur de la 4<sup>ème</sup> rocade d'Alger:

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

#### ❖ Variante1: Pont à poutres en béton précontraint

Le tablier est formé de deux travées indépendantes, constituées chacune par un nombre de poutres préfabriquées 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). Signalons que la prétention 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.
- ✓ Le coffrage des poutres est standard, l'utilisation se fait généralement plusieurs de fois.

#### → 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 que la mise en tension soit faite pour pouvoir couler ou décoffrer.

#### ❖ Variante2: Pont à tablier mixte

Dans les tabliers à poutres ou caissons métalliques, la dalle peut être constituée d'un hourdis (dalle) en béton armé ou précontraint (exceptionnellement) connecté à la semelle de la poutre par des éléments de liaison appelés connecteurs, dont le rôle est de reprendre les efforts de cisaillement relatif du tablier par rapport aux poutres.

#### → Les avantages

- ✓ Possibilité de franchir de grandes portées.
- ✓ La fabrication est industrielle se fait en usine.
- ✓ Le transport est plus sûr,
- ✓ Possibilité d'extension et de réparation des poutres.

### → Les inconvénients

- ✓ Risques de corrosion de l'acier surtout en présence d'un milieu agressif, et sensibilité au gradient thermique.
- ✓ Risque de voilement, déversement des poutres.
- ✓ Nécessite de visites périodiques et entretien courant.

### ❖ 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 précontraint par post-tension de travées identiques isostatiques de portée 33m au PK 16+520** car:

- ✓ Il permet de franchir la 4<sup>ème</sup> Rocade d'Alger avec Possibilité d'implanter la pile au niveau du TPC
- ✓ La mise en œuvre est plus facile,
- ✓ Il existe des entreprises qui maîtrisent bien ce type au niveau de territoire national (ENGOA).

## 2.2. Au niveau des voies de rétablissement:

Les intersections avec les routes et pistes secondaires vis-à-vis de la 4<sup>ème</sup> rocade doivent être dénivelé par des rétablissements routiers selon le cas de remblais ou bien de déblais.

En général, il sera rétabli systématiquement :

- ✓ Les routes nationales RN.
- ✓ Les chemins de wilaya CW.
- ✓ Les chemins ruraux ou agricoles les plus importants ou les mieux adaptés à regrouper le trafic des chemins voisins.

Les ouvrages de franchissement sont identifiés en fonction du profil en long de notre autoroute, soit par un passage supérieur (PS).

## 3. Rétablissements préconisés

Le tableau suivant récapitule les passages de routes dont il est nécessaire de tenir compte de leurs rétablissements:

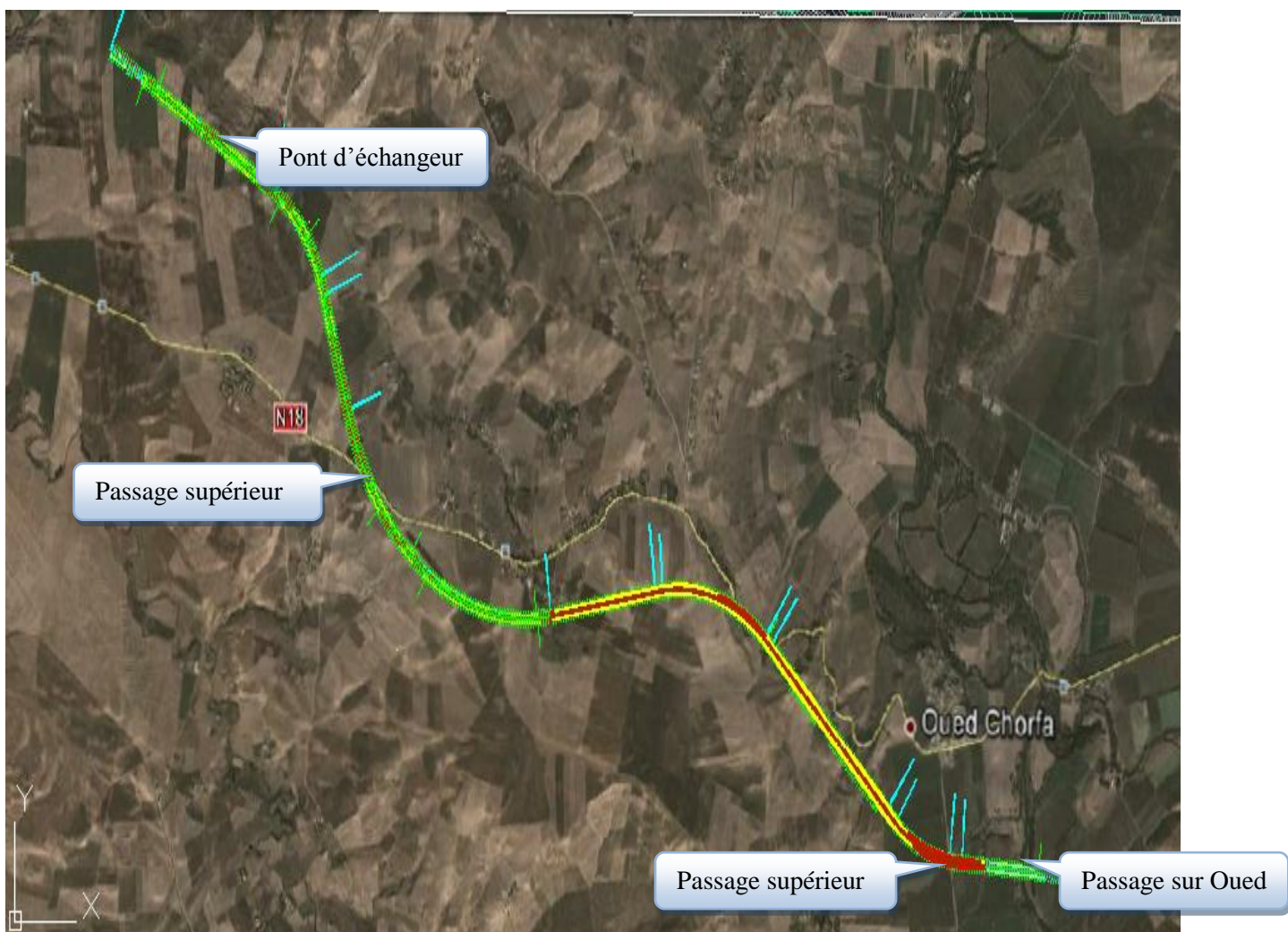
Désignation	PK	Type de passage	Gabarit H (m)	Côte projet (m)	Côte rétablissement (m)	Longueur d'O A L (m)
Rétablissement 1 RN18	18+687	PS	5.25	423.20	430.45	16.5
Rétablissement 2 Chemin communal	24+524	DALOT	5.25	386.82	393.23	8
Rétablissement 3 Oued Chorfa	25+492	OA	5.32	362.28	367.6	24

## 4. Conclusion

En résumé, la 4ème rocade autoroutier comporte 4 ouvrages d'art, à savoir :

- ✓ Passage au-dessus de la 4ème Rcade par un pont à poutre précontraint à deux travées,
- ✓ Rétablissement en passage supérieur PS par un pont en béton armé à deux travées
- ✓ Rétablissement en passage supérieur PS par un pont cadre(DALOT) en BA
- ✓ Rétablissement en passage supérieur PS par un pont en béton armé à deux travées.

Une intension particulière doit être prise lors de la conception de ces ouvrages de rétablissement afin de les réaliser dans les règles de l'art selon les normes en vigueurs, de même de faire le bon choix pour optimiser leurs coûts de réalisation.



## CHAPITRE 15

---

Devis

Quantitatif

et

Estimatif

## Devis quantitatif et estimatif

N°	Désignation des Travaux	Unité	Quantité	Prix Unitaire DA	Prix Total DA
<b>1</b>	<b>Logistiques du chantier</b>				
1.1	Installation et repliement du chantier	forfait	1	3%	70 680 173,76
<b>Total partiel 1</b>					<b>70 680 173,76</b>
<b>2</b>	<b>Travaux de préparations</b>				
2.1	Acquisition de terrain	m <sup>2</sup>	408029,021	500,00	204014510,5
<b>Total partiel 2</b>					<b>204014510,5</b>
<b>3</b>	<b>Terrassement</b>				
3.1	Décapage de terre végétale	m <sup>3</sup>	130595,1	350,00	45 708 285,00
3.2	Remblai en provenance de carrière	m <sup>3</sup>	296267,7	600,00	177 760 620,00
3.3	Déblai excédentaire en terrain meuble mise en dépôt	m <sup>3</sup>	872671	250,00	218 167 750,00
<b>Total partiel 3</b>					<b>441636655,00</b>
<b>4</b>	<b>Assainissement, réseaux et protections hydrauliques</b>				
4.1	Fossés trapézoïdaux	ml	18978,094	4 500,00	85 401 423,00
4.2	Descentes d'eau	ml	189,78	3 500,00	664 230,00
4.3	Buse de diamètre 800 mm	ml	43	15 000,00	645 000,00
4.4	Buse de diamètre 600 mm	ml	43	17 000,00	731 000,00
4.5	Dalots en béton armé	M <sup>3</sup>	86	25 000,00	2 150 000,00
<b>Total partiel 4</b>					<b>89591653,00</b>
<b>5</b>	<b>Chaussée</b>				
5.1	Couche de forme en Tuf	m <sup>3</sup>	88491,9115	1 200,00	106 190 293,80
5.2	Couche de fondation en Grave non traité (GNT)	m <sup>3</sup>	66369,088	2 200,00	146 011 993,60
5.3	Couche de base Grave bitume (GB)	t	91638,8	6 000,00	549 832 800,00
5.4	Couche de roulement en béton bitumineux(BB)	t	20902,4	6 400,00	133 775 360,00

5.5	Couche d'imprégnation 1.2 à 1.6 kg/m <sup>3</sup>	t	156,569	30 000,00	4 697 070,00
5.6	Couche d'accrochage 0.3 kg/m <sup>3</sup>	t	62,627	20 000,00	1 252 540,00
5.7	Matériaux sélectionnés pour la berme	m <sup>3</sup>	30042	1 200,00	36 050 400,00
5.8	Matériaux sélectionnés pour TPC	m <sup>3</sup>	92091	1 200,00	110 509 200,00
<b>Total partiel 5</b>					<b>1088319657,40</b>
<b>6</b>	<b>Signalisation</b>				
6.1	Marquage sur chaussée	forfait	1	4%	94 240 231,68
6.2	Séparateur en béton arme	m	37956,188	7 000,00	265 693 316,00
<b>Total partiel 6</b>					<b>265 693 316,00</b>
<b>7</b>	<b>Environnement et paysage</b>				
7.1	Impact sur l'environnement	forfait	1	1%	23560057,92
<b>Total partiel 7</b>					<b>23560057,92</b>
<b>8</b>	<b>Ouvrage d'art</b>				
8.1	ouvrage d'art	m <sup>2</sup>	1067	250 000,00	266 750 000,00
<b>Total partiel 8</b>					<b>266 750 000,00</b>
<b>TOTAL PARTIEL : 2 356 005 791,90 DA</b>					
<b>TOTAL GENERAL : 2 544 486 255,25 DA</b>					

**Deux milliards cinq cent quarante-quatre millions quatre cent quatre-vingt-six mille deux cent cinquante-cinq Dinars et vingt cinq centimes.**

## *CONCLUSION GÉNÉRALE*

Le programme de la relance économique qui a pour objet le développement durable du pays, donne une place importante et un grand intérêt au domaine des travaux publics, et cela en s'intéressant à l'amélioration et l'aménagement d'infrastructures de qualité, qui permettent d'offrir les meilleurs services pour les utilisateurs des autoroutes, et qui répondent à l'offre et à la demande en matière de transport.

Sachant que notre pays souffre énormément des problèmes de trafic, ce programme vient donc pour donner un nouveau souffle à notre économie, en aménageant et en réalisant divers projets importants à savoir dans le domaine des travaux publics.

Un de ces projets, est la réalisation de la 4<sup>ème</sup> rocade autoroutière d'Alger, qui est considérée comme une grande infrastructure contribuant au développement de notre économie.

Pour notre étude nous avons respecté toutes les normes routières qu'on ne peut pas négliger en évitant les contraintes rencontrées sur le terrain et on a pris en considération, le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement. Ce projet de route nous a permis non seulement d'exprimer et d'appliquer nos connaissances acquises durant notre formation, mais aussi de mieux appréhender notre avenir dans le monde professionnel.

## **Bibliographie**

- ICTAAL 2000 : instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison.
- ICTAAL2000 Guide Echangeur.
- B40 : Normes techniques d'aménagement des routes.
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves « CTPP ».
- Cours de dimensionnement des chaussées ENSTP 5<sup>eme</sup> année.
- Cours des routes ENSTP 4<sup>eme</sup> année.
- Cours d'hydraulique ENSTP 4<sup>eme</sup> année.
- Cours de mécanique de sol ENSTP 3<sup>eme</sup> année.
- Signalisation routière.
- Aide-mémoire Routes.
- Site Internet « [www.SETRA.com](http://www.SETRA.com) ».