

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



**Ecole Nationale Supérieure des  
Travaux Publics**

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

Code : .....

# Projet de Fin d'Études

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

## Thème

**ETUDE D'UN TRONÇON AUTOROUTIER DE LA  
ROCADE DES HAUTS PLATEAUX AVEC  
CONCEPTION D'UN ECHANGEUR**

Proposé par:

ANA

Présenté par :

NAROURA Tadjeddine  
CHEBROU Med El mehdi

**Promotion 2012**

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ  
وَمَا تَوْفِيقِي إِلَّا بِاللَّهِ

## *DÉDICACE*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes chers parents, qui ont été toujours présent pour me  
Soutenir et m'encourage durant toutes mes années d'études*

*Sans oublier, sœurs mes frères Sohaib, Samir, Ayman, Oussama et  
Feriale*

*À mes amis : à tous mes amis sans exception surtout :*

*Tayeb, Khaled, Kouraichi, Zobir  
Bahi, Badri, Bakar, Mohamed  
Ali, Morade, Tadjedine,  
Selme, Halim, Taher*

*À tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin dans  
l'accomplissement*

*De notre tâche trouvant ici l'expression de nos sentiment les sincères*

*A tous mes enseignants.  
A toute la promotion 2012.*

*ELMEHDI*

## *DÉDICACE*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes chers parents, qui ont été toujours présent pour me  
Soutenir et m'encourage durant toutes mes années d'études*

*Sans oublier, mes frères Zine, Salama, Amara, et Sami*

*À mes amis : à tous mes amis sans exception surtout :*

*Taher, Bachir, Hamza,  
Roony, Badri, Toufik  
Lazhaeri, Issam, Mehdi,  
Fathi, Ali, Lassaide*

*À tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin dans  
l'accomplissement*

*De notre tâche trouvant ici l'expression de nos sentiment les sincères*

*A tous mes enseignants.  
A toute la promotion 2012.*

*TADJEDDINE*

# REMERCIEMENTS

*Au terme de travail, nous tenons à remercier chaleureusement l'ingénieur : labidi chouchani, pour sa disponibilité, ces conseils, ces critiques, et l'aide précieuse qu'ils nous offrent pour l'élaboration de travail.*

*Nous tenons également à remercier Monsieur Antar, Monsieur Kamal et l'ensemble des cadres (ingénieurs) de l'ANA.*

*Nous tenons à remercier également les enseignants de l'école nationale des travaux publics.*

*Notre s'insère reconnaissance à tous ceux qui ont aidé de près ou de loin pour élaborer ce modeste de travail.*

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	1
------------------------------------	---

## **CHAPITRE 01 : PRESENTATION DU PROJET**

1. Introduction.....	2
2. Localisation du projet.....	3
3. Présentation du notre projet .....	5
4. Objectifs principaux de l'étude.....	5

## **CHAPITRE 02 : CHOIX DU COULOIR « APS »**

1. Introduction.....	6
2. La zone d'étude.....	6
3. Type des contraintes.....	6
4. Choix de couloir .....	7
5. Conclusion.....	9

## **CHAPITRE 03 : DONNEES DE BASE**

1. Généralité.....	10
2. Objet de l'ICTAAL et domaine d'application.....	10
3. Conception générale.....	10

## **CHAPITRE 04 : ÉTUDE DU TRAFIC**

1. Introduction.....	13
2. L'analyse des trafics existants.....	13
3. Les données de trafic.....	14
4. Projection future du trafic.....	14
5. Calcul du trafic effectif.....	15
6. Débit de pointe horaire normale.....	16
7. Débit horaire admissible.....	16
8. Détermination nombre des voies.....	17

## **CHAPITRE 05 : TRACE EN PLAN**

1. Introduction.....	19
2. Règles à respecter dans le tracé en plan .....	19
3. Géométrie en plan.....	19
4. Exemple de calcul manuel d'axe du tracé en plan.....	21

## **CHAPITRE 06 : PROFIL EN LONG**

1. Définition.....	24
2. Règles du profil en long.....	24
3. Caractéristiques du profil.....	24
4. Exemple de calcul de profil en long.....	25
5. Coordination du tracé en plan et du profil en long.....	27

## **CHAPITRE 07 : PROFIL EN TRAVERS**

1. Définition.....	28
2. Différent type de profil en travers .....	28
3. Les éléments de composition du profil en travers.....	28
4. Profils en travers au droit des ouvrages d'art courants.....	31
5. Pentes transversales.....	32
6. Profil en travers type du notre projet.....	33

## **CHAPITRE 08 : CUBATURE**

1. Généralités.....	34
2. Les méthodes de calcul.....	34
3. Description de la méthode.....	34
4. Exemple d'application.....	36
5. Calcul des cubatures de terrassement.....	36

## **CHAPITRE 09 : ÉTUDE GEOTECHNIQUE**

1. Introduction.....	37
2. Utilité de l'étude géotechnique.....	37
3. Les différents essais en laboratoire .....	37
4. Objectifs .....	38
5. Les essais d'identification.....	38
6. Les essais in situ .....	40
7. Conditions d'utilisation des sols en remblais.....	40

## **CHAPITRE 10 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE**

1. Introduction.....	42
2. Méthode du catalogue Algérien .....	42
3. Méthode de C.B.R (California – Bearing – Ratio).....	52
4. Conclusion.....	54

## **CHAPITRE 11 : ASSAINISSEMENT**

1. Introduction.....	56
2. Réseaux longitudinaux .....	56

---

3. Dispositions constructives .....	57
4. Dimensionnement de réseau d'assainissement .....	58
5. Application au projet .....	61
6. Tableau récapitulatif des dalots et buses .....	68

## **CHAPITRE 12 : L'ÉCHANGEUR**

1. Définition d'un échangeur .....	69
2. Rôle de l'échangeur .....	69
3. Règles de conception .....	69
4. Avantages et inconvénients de l'échangeur .....	70
5. Type des échangeurs .....	70
6. Constituons des échangeurs .....	72
7. Choix du type l'échangeur .....	72
8. Vitesse de référence .....	73
9. Caractéristiques géométriques des bretelles .....	73
10. Condition de visibilité .....	76
11. Choix de la conception de l'échangeur .....	78
12. Analyse comparative entre les deux variantes .....	80

## **CHAPITRE 13 : OUVRAGE D'ART**

1. Introduction .....	82
2. Choix du type d'ouvrage .....	82
3. Conclusion .....	84
4. Les ouvrages existants .....	84

## **CHAPITRE 14 : SIGNALISATION**

1. Introduction .....	85
2. Critères à respecté pour les signalisations .....	85
3. Types de signalisation .....	85
4. Les différents panneaux utilisés dans notre projet .....	92

## **DEVIS QUANTITATIF ET ÉSTIMATIF**

## **CONCLUSION GENERALE**

## **BIBLIOGRAPHIE**

## **INTRODUCCION GENERALA**

*L'histoire des peuples est indissociable de celle de la route. Ce dernier demeure un élément irremplaçable d'échange, d'ouverture, de développement, et de croissance socio-économique.*

*Cette croissance socio-économique impose la préservation et la rénovation des moyens de communication notamment dans le domaine de travaux publics. et pour atteindre cet objectif l'Algérie a mise en point un technique routier pour s'adapter en permanence aux avancer la technologique et aux nouvelles exigences de qualité. Il y a plusieurs textes réglementaire, guides métrologique et outilles d'informatique qui visent à l'aider les concepteurs routiers.*

*L'école national supérieur des travaux publics (ENSTP) de son part, et pendant cinq ans de formation continue a permet à ses élèves ingénieurs d'acquérir ces connaissances multiples auteur les techniques routiers (conception, construction, entretien ....etc.). Ces techniques a été mise en application et a été supporté par un programme ambitieux de réalisations plusieurs projets de routes et d'autoroutes, conjugué à un effort budgétaire conséquent de l'état*

*Le travail qu'on élaborera consiste à faire **L'ETUDE D'UN TRONÇON AUTOROUTIER SUR 9.694 KMS DE LA ROCADE DES HAUTS PLATEAUX AVEC CONCEPTION D'UN ECHANGEUR.***

# ***PRESENTATION DU PROJET***

***CHAPITRE : 01***

***ENSTP***

***2012***

## 1. INTRODUCTION :

La Rocade Autoroutière des Hauts Plateaux (RAHP) s'inscrit dans les grandes orientations du schéma national d'aménagement du territoire qui retient des efforts importants de développement des hauts plateaux. Elle constituerait une infrastructure moderne capable de répondre aux nouvelles demandes de transport et de faciliter les échanges entre les régions des hauts plateaux et d'améliorer les liaisons avec la frange Nord du pays par l'intermédiaire des pénétrantes « Nord-Sud » raccordées à l'autoroute Est-Ouest.

Le projet de la Rocade Autoroutière des Hauts Plateaux est divisé en trois (03) lots, à savoir :

- ❖ **Lot Ouest** : Allant d'El Aricha à Tiaret sur 305 km.
- ❖ **Lot centre** : Allant de Tiaret à Batna sur 495 km.
- ❖ **Lot Est** : Allant de Batna à Tébessa sur 220 km.



Fig. 1 : tracé de l'Autoroute des Hauts Plateaux

## 2. LOCALISATION DU PROJET :



**Fig.2 :** Localisation de la zone d'étude dans Lot Est

Le lot Est entre Batna et Tébessa sur cette carte est découpée en plusieurs tronçons selon les caractères régionaux et topographiques. Chaque tronçon est désigné par la principale localité qu'il traverse et par sa longueur en km. Notre projet appartient à la section de TEBESSA. Entre BIR MOKADEM et HAMMAMET



**Photo.1** : Vue de la plaine de Hammamet à partir de Djebel Gaagaa



**Photo.2** : Vue de Hammamet au Nord

### 3. PRESENTATION DU NOTRE PROJET :

Notre projet se trouve dans la section Est de la Rocade Autoroutière des Hauts Plateaux dans LA Wilaya Tébessa ; entre le PK 37+000 et le PK 46+694 ; il passe au ouest et nord de Hammamet (Youks les banins) et croise la RN10 au PK 42+940 et la RN83 au PK 45+650, OÙ on a prévu un échangeur.



Fig. 3 : la zone étudiée (Google Earth)

### 4. OBJECTIFS PRINCIPAUX DE L'ETUDE :

L'objectif principal destiné au projet est :

- Gain de temps.
- Garantir une meilleure fluidité de la circulation.
- Assurer la sécurité sur ce tronçon.
- Relie la RN83 avec l'autoroute hauts plateaux.

***CHOIX DU  
COULOIR  
« APS »***

***CHAPITRE : 02***

***ENSTP***

***2012***

## 1. INTRODUCTION :

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

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

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

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

## 2. LA ZONE D'ETUDE :

La zone de HAMMAMET (Youks les banins) par laquelle notre tracé passe est un terrain (relief) plat,

## 3. TYPES DES CONTRAINTES :

L'investigation sur site nous permet de constater que le relief du présent tronçon est plat, 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 (RN10 et RN83) et chemins de wilaya (CW 83)
- ✓ Les réseaux (électricité,.....)
- ✓ l'oueds et cours d'eau.



**Fig.1** Les principales contraintes : routes (RN,CW),oueds, réseaux (électricité)

## **4. CHOIX DE COULOIR :**

### **4.1 Présentation des variantes :**

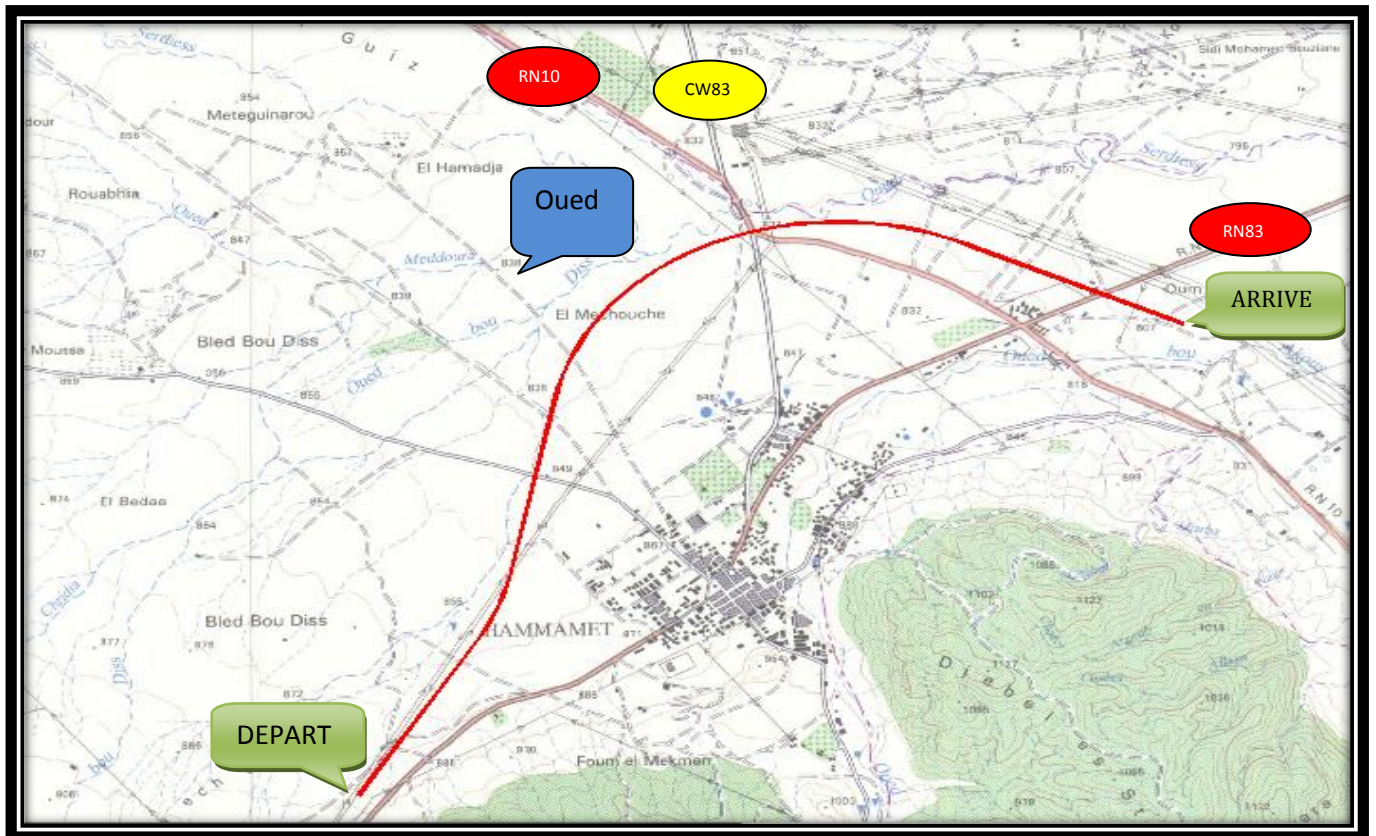
Dans cette phase, on va étudier deux variantes afin de trouver la meilleure solution adaptée pour la réalisation de notre projet.

❖ **La variante « 01 » :**

Cette variante est la plus courte, elle traverse un relief plat et évite certaines contraintes (CW83, lignes éclectiques <HT>)

Elle franchit :

- Les routes nationales (RN10 et RN83)



**Fig. 2** la Variante «01 »

❖ **La variante « 2 » :**

Cette variante est plus longue, elle franchit également les mêmes obstacles que la variante 01 (RN10 et RN83), plus de ça elle traverse lignes éclectiques (HT) et CW 83, comme elle franchit Oued Bou Diss

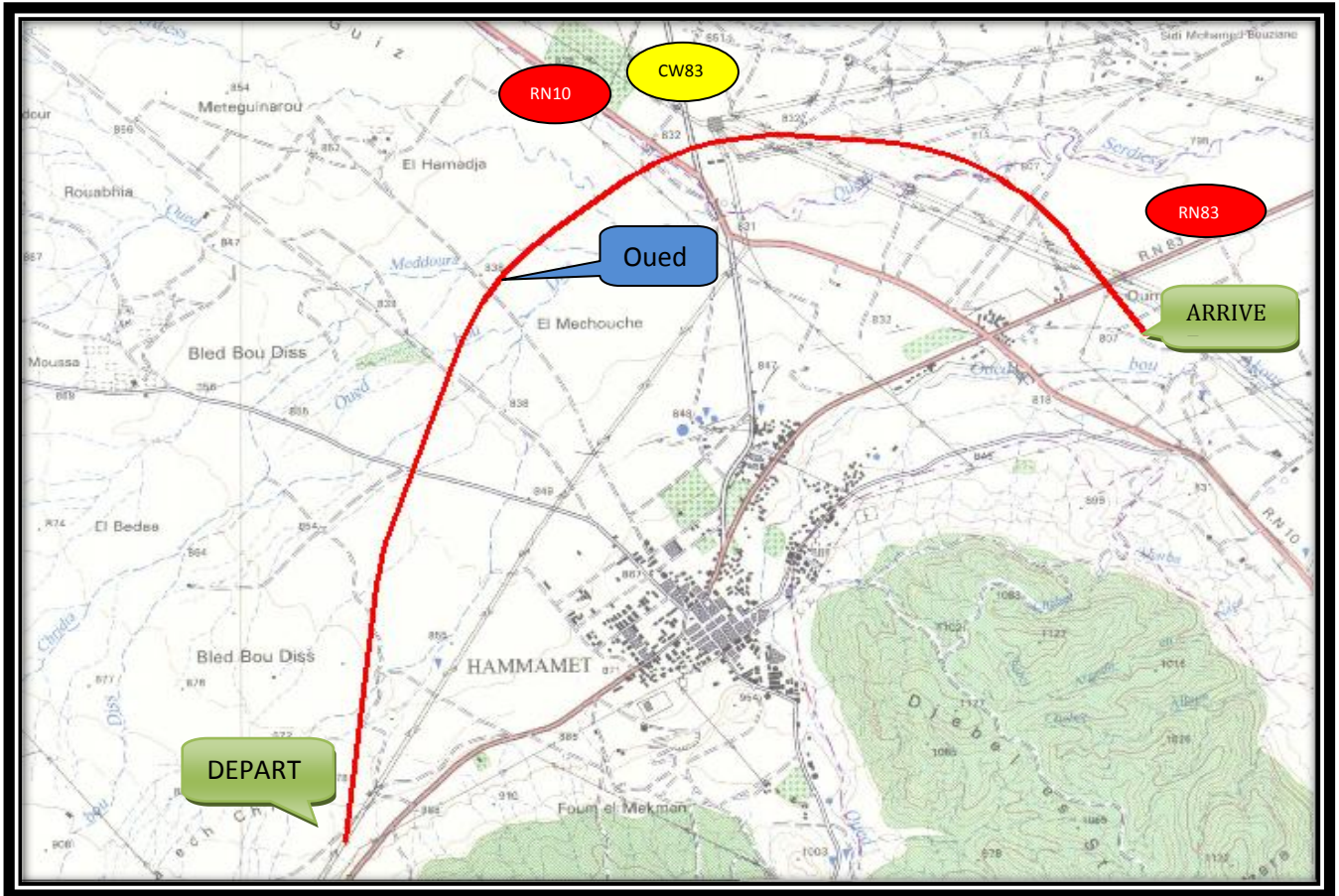


Fig.3 La Variante « 02 »

## 5. CONCLUSION :

Apparemment la zone que traversent les deux tracés est de mêmes caractéristiques géométriques (terrain plat), néanmoins le tracé de la variante «02»

- ✓ Est plus long proportionnellement à la variante 01.
- ✓ Franchit les lings éclectiques (HT), le CW 83 et Oued Bou Diss

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

# ***DONNEES DE BASE***

***CHAPITRE : 03***

***ENSTP***

***2012***

## 1. GENERALITE :

Le but de ce chapitre est de présenter les normes géométriques qui ont été la base de l'approfondissement de l'APD. Ces normes ont été l'objet de discussions détaillées dans notre projet.

Pour la conception géométrique nous avons utilisé La norme **ICTAAL 2000**« instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison ».

## 2. OBJET DE L'ICTAAL ET DOMAINE D'APPLICATION :

L'ICTAAL traite de la conception des autoroutes interurbaines, qu'il s'agisse de la réalisation d'infrastructures nouvelles ou de l'aménagement du réseau existant. Dans cette instruction, le terme autoroute désigne une route à chaussées séparées comportant chacune au moins deux voies en section courante, isolée de son environnement et dont les carrefours sont dénivelés.

### Elle ne s'applique pas :

Aux autres types de routes principales – les routes express à une chaussée, les artères interurbaines et les "routes" – qui font l'objet du guide d'Aménagement des Routes Principales (A.R.P.) ;

Aux routes à chaussées séparées comportant chacune une seule voie de circulation et des créneaux de dépassement, qui feront l'objet d'une instruction ultérieure ;

Aux autoroutes situées en milieu urbain, considérées comme des voies rapides urbaines, et relevant de l'Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines (I.C.T.A.V.R.U.), y compris lorsqu'elles assurent la continuité ou l'aboutissement d'une autoroute interurbaine. Il est toutefois recommandé en milieu périurbain, lorsque le caractère urbain actuel ou futur de la voie est faible, d'appliquer les règles de l'ICTAAL.

## 3. CONCEPTION GENERALE :

La première étape de la conception est le choix des caractéristiques générales :

- le type de route qui détermine l'instruction à appliquer.
- la catégorie de route qui conditionne les principales caractéristiques géométriques du tracé.
- le nombre de voies.
- le synoptique des échangeurs et des aires.
- la progressivité de l'aménagement.
- prenant en compte les contraintes environnementales, les aspects socio-économiques et les sujétions financières.

### 3.1 Normes géométriques :

Les paramètres géométriques adoptés pour notre projet sont résumés dans le Tableau 1 «d'après l'ICTAAL 2000 »

Tableau 1: Paramètres géométriques de l'autoroute

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

### 3.2 Choix de la catégorie :

Notre région est plate et les contraintes de reliefs sont modérées, donc la catégorie est **L1**.

### 3.3 Détermination de la vitesse de référence :

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

- **la catégorie L1**, appropriée en région de plaine ou vallonnée où les contraintes de relief sont modérées; la vitesses Maximales autorisées de 130km/h.

- **la catégorie L2**, mieux adaptée aux sites de relief plus difficile, compte tenu des impacts économiques et environnementaux qu'elle implique.  $V_{\max}$  autorisée est 110km/h.

On limite la vitesse de référence sur notre tronçon à **120 kilomètres par heure**.

***ETUDE  
DE TRAFIC***

***CHAPITRE : 04***

***ENSTP***

***2012***

## 1. INTRODUCTION :

Pour ce faire, les études de trafic sont un élément essentiel qui doit être préalable à tout projet de réalisation ou d'aménagement d'infrastructure de transport. Il s'agit d'effectuer des prévisions un horizon assez éloigné (10ans, 15ans voire davantage) qui dépendent, notamment des facteurs socio-économiques ainsi que des comportements psychologique des usagers. D'une façon générale .L'étude de trafic permet le choix du profil en travers d'une route ou autoroute, détermine le dimensionnement de la structure de chaussée et oriente sur les techniques d'entretien de chaussées.

Cette étude de trafic est une phase fondamentale qui doit intervenir eu 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. L'ANALYSE DES TRAFICS EXISTANTS :

L'étude du trafic est une étape importante dans la mise au point d'un projet routier et consiste à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route (volume, composition, conditions de circulation, saturation, origine et destination). Cette étude débute Par le recueil des données.

### 2.1 La Mesure Des Trafics :

Cette mesure est réalisée par différents procédés Complémentaires:

- ✓ **Les comptages** : nous permettent de quantifier le trafic.
- ✓ **Les enquêtes** : nous permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs

#### 1) Les Comptages :

C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, on distingue deux types de comptage :

- Les comptages manuels.
- Les comptages automatiques.

#### a. **Les comptages manuels** :

Ils sont réalisés par les agents qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports communs. Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (**T.J.M.A**).

## b. Les comptages automatiques :

Ils sont effectués à l'aide d'appareil enregistreur comportant une détection pneumatique réalisée par un tube en caoutchouc tendu en travers de la chaussée. On distingue ceux qui sont Permanents et ceux qui sont temporaire

- **Les comptages permanents** : sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et le chemin de Wilaya les plus circulés.
- **Les comptages temporaires** : s'effectuent une fois par an durant un mois pendant la période où le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournant.
- **L'inconvénient de cette méthode** : est que tous les matériels de comptage actuellement utilisés ne détectent pas la différence entre les véhicules légers et les poids lourds.

## 3. LES DONNEES DE TRAFIC

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

- le trafic journalier moyen annuel à l'année 2010 (TJMA<sub>2010</sub>) est de 6312 v/j.
- La mise en service est prévue pour l'année 2015.
- Taux de croissance annuelle de trafic  $\tau=4\%$ .
- La durée de vie est de 20ans.
- Pourcentage de poids lourd :  $p=12.10\%$ .

## 4. PROJECTION FUTURE DU TRAFIC :

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

$$TJMA_h = TJMA_0 (1+\tau)^n$$

Avec :

- **TJMA<sub>h</sub>** : le trafic à l'année horizon (année de mise en service **2015**).
- **TJMA<sub>0</sub>** : le trafic à l'année de référence (origine **2010**).
- **n** : nombres d'années.
- **$\tau$**  : taux d'accroissement du trafic (%).

**On a:** TJMA<sub>0</sub> = TJMA<sub>2010</sub> = 6312 v/j

- TJMA<sub>2015</sub> = TJMA<sub>2010</sub> (1+ $\tau$ )<sup>5</sup> = 6312 (1+0.04)<sup>5</sup> = 7679v/j.
- TJMA<sub>2020</sub> = TJMA<sub>2015</sub> (1+ $\tau$ )<sup>5</sup> = 7679 (1+0.04)<sup>5</sup> = 9342v/j.
- TJMA<sub>2025</sub> = TJMA<sub>2020</sub>(1+ $\tau$ )<sup>5</sup> = 9342 (1+0.04)<sup>5</sup> = 11365 v/j.
- TJMA<sub>2035</sub> = TJMA<sub>2025</sub> (1+ $\tau$ )<sup>10</sup> = 11365 (1+0.04)<sup>10</sup> = 16823v/j.

Les résultats sont représentés dans le tableau 1 suivant :

Tableau 1 : Trafic moyen journalier annuel (V/j)

Année représentée	TJMA (v/j)
2010	6312
2015	7679
2020	9342
2025	11365
2035	16823

## 5. CALCUL DU TRAFIC EFFECTIF :

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

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

Avec :

**T<sub>eff</sub>** : trafic effectif à l'année horizon en (uvp/jour).

**Z** : pourcentage de poids lourd

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

Tableau 2 : 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 **E1** (terrain plat), donc et d'après le tableau du coefficient d'équivalence, on a **P=3**

$$T_{\text{eff}}(2035) = [(1 - Z) + Z.P] \text{ TJMA}_{2035}$$

$$T_{\text{eff}}(2035) = 16823 \times [(1 - 0.121) + 3 \times 0.121] = 20894 \text{ uvp/j.}$$

**Donc:**

$$T_{\text{eff}}(2035) = 20894 \text{ uvp/j}$$

## 6. DEBIT 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 :

$$Q_{\text{prévisible}} (2035) = 0.12 \times T_{\text{eff}} (2035)$$

$$Q_{\text{prévisible}} (2035) = 0.12 \times 20894 = 2507 \text{ uvp/h.}$$

$$\Rightarrow \quad \mathbf{Q_{\text{prévisible}} (2035) = 2507 \text{ uvp/h}}$$

## 7. DEBIT HORAIRE ADMISSIBLE :

La formule qui donne le Débit Horaire Admissible est :

$$Q_{\text{adm}} = K1. K2. C_{\text{th}}$$

Avec :

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

Tableau 3 : Coefficient « K1 »

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

Pour notre projet l'environnement est **E1**, donc **K1=0.75**.

Tableau 4 : Coefficient « K2 »

Catégorie de la route					
Environnement	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 (E1, C1), donc  $K2=1$

Tableau 5 : 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.

$$Q_{adm} = 0.75 \times 1 \times 1800 = 1350 \text{ uvp/h.}$$

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

## 8. DETERMINATION 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 :**

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<sub>adm</sub>** : débit admissible par voie.

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

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

$$N = S \times \frac{Q \text{ prévisible}}{K1. K2 . c th(/voie)} = \frac{2}{3} \times \frac{2507}{1350} = 1.24 \approx 2$$

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

***TRACE***  
***EN PLAN***

***CHAPITRE : 05***

***ENSTP***

***2012***

## 1. INTRODUCTION :

Le tracé en plan est une succession des droites reliées par des liaisons. Il représente la projection de l'axe routier sur un plan horizontal.

Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité, et qui sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et le frottement de la surface assuré par la couche de roulement.

## 2. REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE EN PLAN :

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans l'**ICTAAL**, il faut respecter ces normes dans la conception et dans la réalisation. Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qui nous semblent pertinentes.

- Toutes les courbes horizontales dont le rayon est inférieur à  $1.5R_{hnd}$  (rayon horizontale non déversé) devront être introduites avec des raccordements progressifs.
- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.
- Se raccorder sur les réseaux existants.
- Eviter de passer sur les terrains agricoles si possibles et surtout les arboricoles.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques.

## 3. GEOMETRIE EN PLAN :

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

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

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

### 3.1 Les alignements

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

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

- La longueur minimale c'est le chemin parcouru en  $t=5$  sec à une vitesse de base  $V_B$
- La longueur maximale c'est le chemin parcouru en  $t=60$  sec à une vitesse de base  $V_B$

Tableau.1 Valeurs extrêmes des alignements droits du tracé en plan (source ICTAAL 2000)

Vitesse de base	$V_B$ (km/h)	120
<b>La longueur minimale</b>	$L_{\min}$ (m)	166.66
<b>La longueur maximale</b>	$L_{\max}$ (m)	2000

### 3.2 Valeurs des rayons

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

Les valeurs minimales des rayons sont résumées dans le tableau.2 :

Tableau.2 Valeurs minimales des rayons du tracé en plan

Catégorie		L1
<b>Rayon minimal</b>	$R_m$ (m)	600
<b>Rayon minimal non déversé</b>	$R_{nd}$ (m)	1000
<b>Rayon minimum sans courbe de transition</b>	$R$ (m)	1500

### 3.3 Raccordements progressifs

Les courbes de rayon inférieur à  $1,5 R_{nd}$  sont introduites par des raccordements progressifs (clothoïdes). Leur longueur est au moins égale à la plus grande des deux valeurs :  $\{14 |\Delta\delta| \text{ et } R/9\}$  ;

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

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

Tel que :  $|\Delta\delta|=|\delta_1 - \delta_0|$ ,

$\delta_1$  : représente la pente transversale initiale.

$\delta_0$  : le divers de la courbe.

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

### 3.4 Enchaînement des éléments du tracé en plan

D'après l'ICTAAL2000 :

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

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

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

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

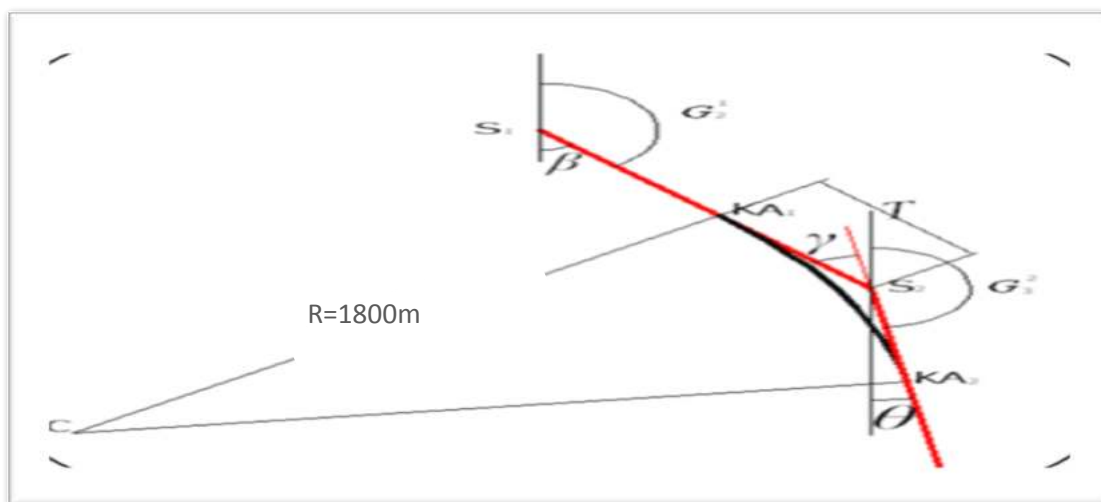


Fig.1 : Raccordement circulaire entre deux alignements

✦ **Les points du tracé en plan :**

Tableau.3 Les données de l'axe à calculer

Sommets	X(m)	Y(m)	R(m)	V <sub>B</sub> (km/h)
<b>S<sub>1</sub>(x,y)</b>	402128.316	3921298.324		
<b>S<sub>2</sub>(x,y)</b>	402980.846	3922625.426	1800	<b>120</b>
<b>S<sub>3</sub>(x,y)</b>	403227.315	3923225.185		

Pour notre projet on a :

R=1800 m > 1500 ⇒ d= 2.5% donc le calcul se fait pour un rayon sans clothoïde.

✦ **Calcul des gisements :**

$$\begin{cases} |\Delta x_{12}| = |x_{P_2} - x_{P_1}| = 852.53\text{m} \\ |\Delta y_{12}| = |y_{P_2} - y_{P_1}| = 1327.10\text{m} \end{cases}$$

$$G_{P_1}^{P_2} = 100 - \text{Arctg}\left(\frac{|\Delta y_{12}|}{|\Delta x_{12}|}\right) = 36.35 \text{ grade}$$

$$G_{P_2}^{P_1} = 200 + 36.35 = 236.35 \text{ grade}$$

$$D = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{832.73^2 + 1296.29^2} = 1577.34 \text{ m}$$

$$\begin{cases} |\Delta x_{23}| = |x_{P_3} - x_{P_2}| = 246.47 \text{ m} \\ |\Delta y_{23}| = |y_{P_3} - y_{P_2}| = 599.76 \text{ m} \end{cases}$$

$$G_{P_2}^{P_3} = 100 - \text{Arctg}\left(\frac{|\Delta y_{23}|}{|\Delta x_{23}|}\right) = 24.82 \text{ grade}$$

$$G_{P_3}^{P_2} = 200 + 24.82 = 224.82 \text{ grade}$$

$$D = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{273.73^2 + 666.4^2} = 648.42\text{m}$$

✦ **calcul de l'angle γ**

$$\gamma = G_{P_2}^{P_1} - G_{P_3}^{P_2} = 236.35 - 224.82 = 11.53 \text{ grade}$$

• **Calcul de tangente T**

$$T = (R)\tan\left(\frac{\gamma}{2}\right) \Rightarrow T = 1800 \tan\left(\frac{11.53}{2}\right) = 163.45 \text{ m}$$

• **Calcul des coordonnées des points de tangente**

$$\beta = 36.35 \text{ gr}$$

$$\begin{cases} X_{KA1} = X_{S2} + T \times \sin(\beta) = 402980.846 + 163.45 \times \sin(36.35) = 403069.184(\text{m}) \\ Y_{KA1} = Y_{S2} - T \times \cos(\beta) = 3922625.426 - 163.45 \times \cos(36.35) = 3922487.904(\text{m}) \end{cases}$$

$$\theta = 24.82 \text{ gr}$$

$$\begin{cases} X_{KA2} = X_{S2} + T \times \sin(\theta) = 402980.846 + 163.45 \times \sin(24.82) = 403042.968 \text{ (m)} \\ Y_{KA2} = Y_{S2} - T \times \cos(\theta) = 3922625.426 - 163.45 \times \cos(24.82) = 3922474.242 \text{ (m)} \end{cases}$$

• **Calcul des coordonnées de centre**

$$G_{KA1-C} = G_{KA1-S2} + 300 = 63.22 + 300 = 363.22 \text{ gr}$$

$$\begin{cases} X_C = X_{KA1} + R \times \sin(G_{KA1-C}) = 403069.184 + 1800 \times \sin(363.22) = 402086.14 \text{ (m)} \\ Y_C = Y_{KA1} + R \times \cos(G_{KA1-C}) = 3922487.904 + 1800 \times \cos(363.22) = 3923995.76 \text{ (m)} \end{cases}$$

$$\text{Larc} = \pi R \left(\frac{\gamma}{200}\right)$$

$$\text{Larc} = \pi 1800 \left(\frac{11.53}{200}\right) = 325.837 \text{ m}$$

**LES RESULTATS DE CALCUL D'AXE SONT JOINTS EN ANNEXE**

***PROFIL  
EN LONG***

***CHAPITRE : 06***

***ENSTP***

***2012***

## 1. DEFINITION :

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

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

## 2. REGLES DU PROFIL EN LONG :

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

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

## 3. CARACTERISTIQUES DU PROFIL :

### ➤ Valeurs limites :

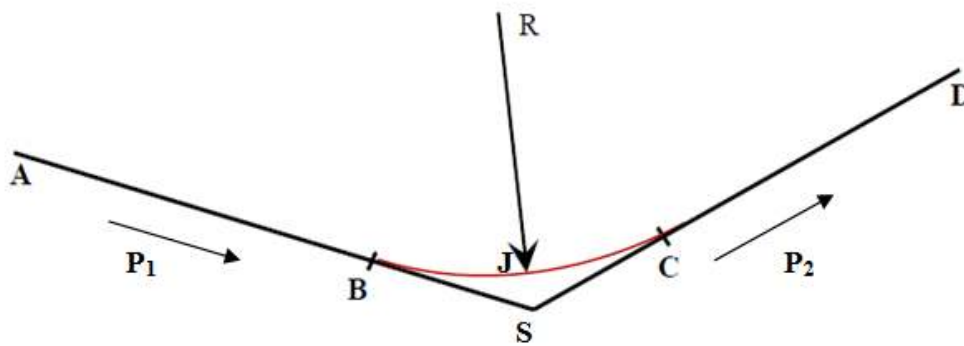
Les paramètres du profil en long doivent respecter les valeurs limites données dans le tableau.1.

Tableau.1 Valeurs limites des paramètres du profil en long

Catégorie	L1
Déclivité maximale (%)	5
Déclivité minimale (%)	0.2
Rayon minimal en angle saillant $RV^{\wedge}$ (m)	12500
Rayon minimal en angle rentrant $RV_{\vee}$ (m)	4200

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

#### 4. EXEMPLE DE CALCUL DE PROFIL EN LONG (CAS D'UN RAYON CONCAVE) :



• **Les points du profil en long :**

$$A \begin{cases} X = 756.23 \\ Z = 906.45 \end{cases}$$

$$S \begin{cases} X = 1655.73 \\ Z = 861.922 \end{cases}$$

$$D \begin{cases} X = 3127.57 \\ Z = 847.50 \end{cases}$$

Rayon R= 10000 m.

• **Calcul des pentes :**

$$P_1 = \frac{Z_S - Z_A}{X_S - X_A} \Rightarrow P_1 = -4.95\%$$

$$P_2 = \frac{Z_D - Z_S}{X_D - X_S} \Rightarrow P_2 = -0.98\%$$

• **Calcul des tangentes :**

$$T = \frac{R}{2} \times (|P_1| + |P_2|) \Rightarrow T = 296.5 \text{ m}$$

• **Calcul de la flèche Bx :**

$$B_x = \frac{T^2}{(2 \times R)} \Rightarrow B_x = 4.39 \text{ m}$$

➤ **Calcul des coordonnées des points de tangentes :**

$$B \begin{cases} X_B = X_S - T & \Rightarrow X_B = 1359.23 \text{ m} \\ Z_B = Z_S + T \times |P_1| & \Rightarrow Z_B = 876.6 \text{ m} \end{cases} \Rightarrow \mathbf{B(1359.23; 876.6)}$$

$$C \begin{cases} X_C = X_S + T = 1952.23\text{m} \\ Z_C = Z_S - T \times |P_2| = 859.01\text{m} \end{cases} \Rightarrow \mathbf{C(1952.23; 859.01)}$$

➤ **Calcul de la longueur de raccordement:**

$$L=2 \times T \Rightarrow L = 593 \text{ m}$$

➤ **Calcul des coordonnées du point J :**

$$\begin{cases} X_{J/A} = R \times P_1 = 495\text{m} \\ Z_{J/A} = X_{J/A} \times P_1 - \frac{(X_{J/A})^2}{2 \times R} = 12.25\text{m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_j = X_B + X_{J/A} & \Rightarrow X_j = 1854.23\text{m} \\ Z_j = Z_B - Z_{J/A} & \Rightarrow Z_j = 864.35 \text{ m} \end{cases} \Rightarrow \mathbf{J(1854.23; 864.35)}$$

**Remarque :**

**Les résultats de calcul de profil en long sont joints aux annexes**

## 5. 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, le respect des 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 vertical > 6R horizontal**, pour éviter un défaut d'inflexion.
  
- supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de surcoût sensible ; lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500 m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

***PROFIL***  
***EN TRAVERS***

***CHAPITRE : 07***

***ENSTP***

***2012***

## 1. DEFINITION :

Le profil en travers d'une chaussée est une coupe perpendiculaire à l'axe de la route de l'ensemble des points définissant sa surface sur un plan vertical.

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

## 2. DIFFERENT TYPE DE PROFIL EN TRAVERS :

Dans une étude d'un projet de route l'ingénieur doit concerner deux types de profil En travers :

- **profil en travers type** : Il contient tous les éléments constructifs de la future route dans toutes les situations (en remblai, en déblai, en alignement et en courbe).
- **profil en travers courants** : Ce sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel (accidenté ou plat).

## 3. LES ÉLÉMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN TRAVERS :

Le profil en travers doit être constitué par les éléments suivants:

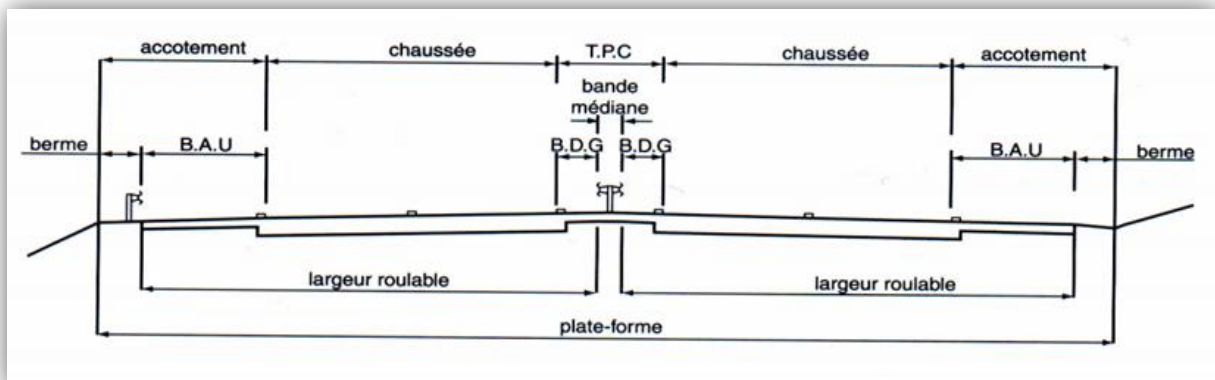


Fig. 1 Les éléments du profil en travers

- T.P.C** : Terre-Plein Central.
- B.A.U** : Bande d'Arrêt d'Urgence.
- B.D.G** : Bande Dérasée de Gauche.

### 3.1 La chaussée :

C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules.

Elle est constituée d'une ou plusieurs voies de circulation.

### 3.2 La largeur roulable :

Elle comprend les sur largeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt. Sur largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

### 3.3 La plate-forme :

C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes de talus de remblais, comprenant la ou les deux chaussées et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts.

### 3.4 Assiette :

Surface de terrain réellement occupé par la route, ses limites sont les pieds de talus en remblai et crête de talus en déblai.

### 3.5 L'emprise :

C'est la surface du terrain naturel appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc...), elle coïncidant généralement avec le domaine public

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

Le terre-plein central a pour fonctions la séparation physique de deux sens de circulation, d'éviter les mouvements de traversée des véhicules et les mouvements de tourne-à-gauche vers les accès éventuels, l'implantation de signalisation ...etc. Ses caractéristiques dépendent essentiellement du milieu traversé, des fonctions de la route et de la limitation de vitesse.

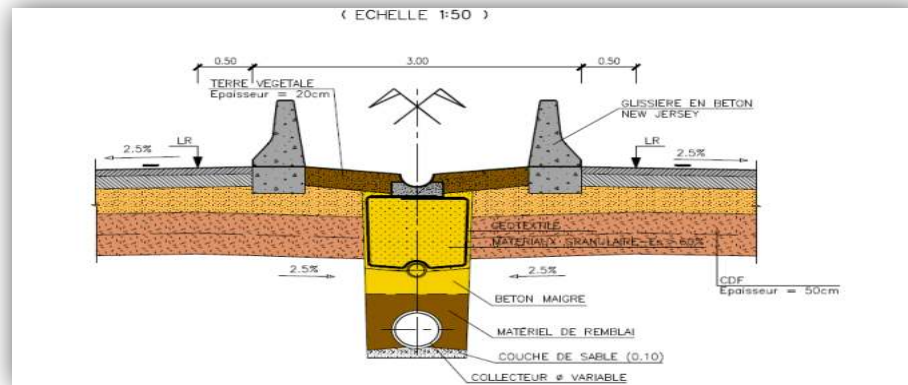


Fig. 2 Détail du terre-plein central (TPC)

### 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

### 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.

### 3.7 Accotement :

Les accotements sont les zones latérales de la plate-forme qui bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou surélevés.

Ils comportent généralement les éléments suivants :

- Une bande d'arrêt d'urgence.
- Une berme extérieure.

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

$L_{(B.A.U)} = 3 \text{ m.}$

### 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 % dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement.

## 4. 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.

## 5. PENTES TRANSVERSALES :

### 5.1 Valeurs du dévers

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

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.

### 5.2 Changement du dévers

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

#### 1) Point de rotation des dévers

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

#### 2) Evacuation des eaux de ruissellement

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

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

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

## 6. PROFIL EN TRAVERS TYPE DU NOTRE PROJET :

Tableau 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)	5.0	1	5.0
- Bande dérasée de gauche (B.D.G)	1.0	2	2.0
- Bande médiane (B.M)	3.0	1	3.0
❖ Accotement	4.0	2	8
- Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	3	2	6
- La berme	1.0	2	2.0
<b>totale</b>			<b>27</b>
❖ Zone de sécurité à l'extérieur des voies de circulation	6	2	12.0
<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)	identique à celle de la chaussée		

# ***CUBATURE***

***CHAPITRE : 08***

***ENSTP***

***2012***

## 1. GENERALITES :

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

## 2. LES METHODES 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 METHODE :

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

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

$H_m$  : hauteur moyenne entre deux profils.

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

$S_1$  : surface de profil en travers P1.

$S_2$  : surface de profil en travers P2.

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

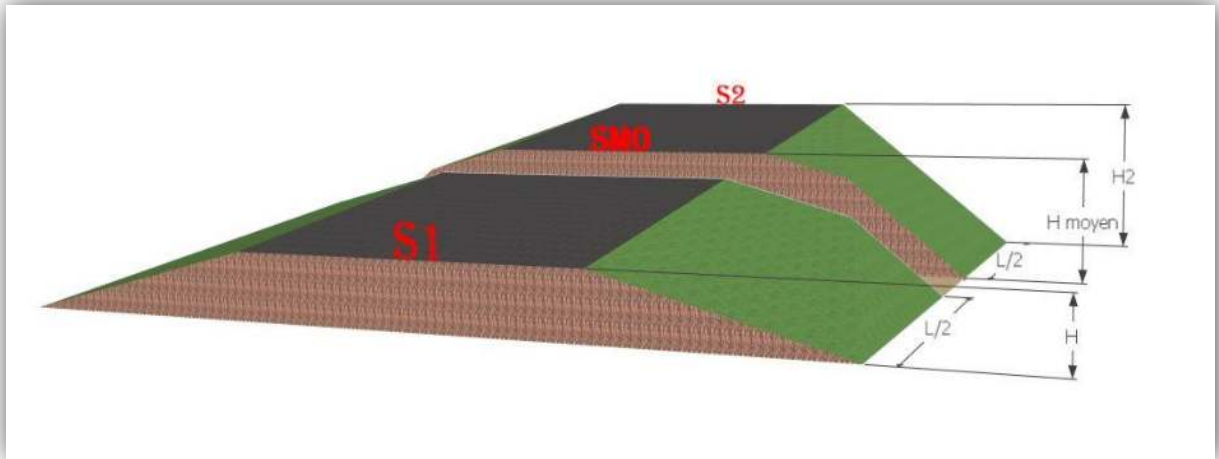


Fig. 1 Les sections des profils en travers d'un tracé donné

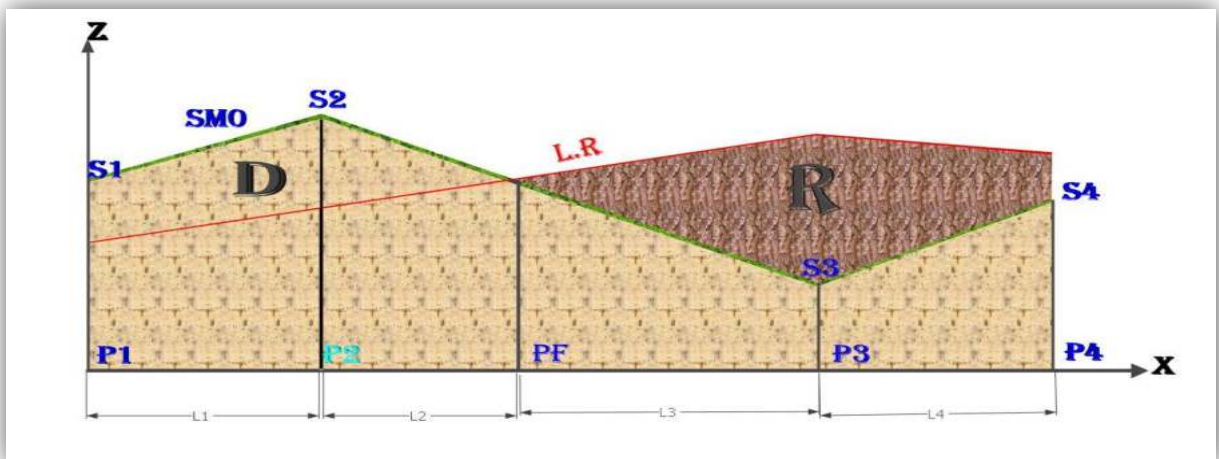


Fig. 2 Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné

#### 4. EXEMPLE D'APPLICATION

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

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

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

**Donc :**

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

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

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

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

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

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

#### 5. CALCUL DES CUBATURES DE TERRASSEMENT :

**Les résultats de calcul des cubatures sont joints en annexe**

***ETUDE***  
***GEOTECHNIQUE***

***CHAPITRE : 09***

***ENSTP***

***2012***

## 1. INTRODUCTION :

L'ingénieur concepteur doit définir un programme de reconnaissance géotechnique après avoir tracé l'axe. Cette étude lui permettra d'avoir des descriptions lithologique, hydrogéologique, hydraulique de la région. Une interprétation physicomécanique lui permettra d'appréhender le comportement géotechnique du sol support.

Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.

Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol.

## 2. UTILITE DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE :

L'étude géotechnique permet de dimensionner la couche de chaussée ainsi que de fixer les pentes de remblai et de déblai. En effet un talus en remblai doit être vérifié à la stabilité au glissement et au poinçonnement.

On regroupe deux types d'essai, celui du laboratoire et celui sur terrain (in situ).

## 3. LES DIFFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRE :

Les essais réalisés au laboratoire sont :

- ✓ Analyse granulométrique.
- ✓ Equivalent de sable.
- ✓ Limites d'Atterberg.
- ✓ Essai PROCTOR.
- ✓ Essai CBR.
- ✓ Essai Los Angeles.
- ✓ Assai Micro Deval.

L'indice CBR, issu de l'essai CBR permettra de calculer l'épaisseur de la chaussée par la méthode dite CBR.

Les essais seront fait à différentes teneurs en eau énergies de compactage, afin d'apprécier la stabilité du sol aux accidents lors des terrassements, ces essais seront précédés d'essai PROCTOR.

La classification des sols rencontrés sera utile et nécessitera la détermination des limites d'Atterberg.

## 4. OBJECTIFS :

Les objectifs d'une étude géotechnique se résument en :

- ✓ Le bénéfice apporté sur les travaux de terrassement.
- ✓ La sécurité en indiquant la stabilité des talus et des remblais.
- ✓ L'identification des sources d'emprunt des matériaux et la capacité de ses gisements.
- ✓ Préserver l'environnement et les ressources naturelles

## 5. LES ESSAIS D'IDENTIFICATION :

### 5.1 Analyses granulométriques:

Il s'agit du tamisage (soit au passant de 2 mm, soit au passant de 80  $\mu\text{m}$ ) qui permet par exemple de distinguer sols fins, sols sableux (riches en fines) et sols graveleux (pauvres en fines) ; C'est un essai qui a pour objectif de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique et construite emportant sur un graphique cette analyse se fait en générale par un tamisage.

### 5.2 Equivalent de sable:

C'est un essai qui nous permet de mesurer la propreté d'un sable c'est-à-dire déterminé la quantité d'impureté soit des éléments argileux ultra fins ou des limons.

### 5.3 Limites d'Atterberg :

Limite de plasticité ( $W_p$ ) et limite de liquidité ( $W_L$ ), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol :

$W_p$  sépare l'état solide de l'état plastique et  $W_L$  sépare l'état plastique de l'état liquide ; les sols qui présentent des limites d'Atterberg voisines, c'est à dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité ( $IP = W_L - W_p$ ), sont donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau.

### 5.4 Essai PROCTOR :

L'essai PROCTOR est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage et une teneur en eau, il a donc pour but de déterminer une teneur en eau optimale afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée « optimum PROCTOR».

### 5.5 Essai C.B.R (California Bearing Ratio):

Cet essai 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'essai consiste à soumettre des échantillons d'un même sol au poinçonnement, les échantillons sont compactés dans des moules à la teneur en eau optimum (PROCTOR modifié) avec trois (3) énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant quatre (4) jours.

Il ne concerne que les sols cohérents.

### 5.6 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 ».

- plus de LA est élevé, moins le granulat est dur.

### 5.7 Essai Micro Deval :

L'essai a pour but d'apprécier la résistance à l'usure par frottements réciproques des granulats et leur sensibilité à l'eau, on parlera du micro deval humide.

### 5.8 Masse volumique et teneur en eau:

- ✓ **Teneur en eau** : exprime, pour un volume de sol donné, le rapport du poids de l'eau au poids du sol sec, soit  $\omega = W_w / W_s$
- ✓ **Masse volumique** : ( $\gamma$ ) est la masse d'un volume unité de sol :  $\gamma = W / V$ .

On calcule aussi la masse volumique sèche :  $\gamma_d = W_s / V$

Principe de l'essai: on utilise le principe de la poussée d'Archimède .En effet, on mesure le volume d'eau déplacé hors de l'introduction d'un certain poids de sol sec, la connaissance du poids des grains solides et de leur volume permet de calculer le poids volumique des grains solides.

But de l'essai: le but de cet essai est de déterminé expérimental au laboratoire de certains caractéristique physique des sols.

## 6. LES ESSAIS IN SITU :

### 6.1 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  $Z$ , le déplacement, la pression  $q_0$  le rayon de charge  $a$  et les caractéristiques du massif  $E_2$ ,  $\nu_2$ . Après plusieurs approches, on a abouti à l'approche suivante :  $E = 5CBR$ .

### 6.2 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 mesure de la résistance du sol à l'effort de pénétration.

Les types de pénétromètres utilisés sont:

#### 1) Pénétromètre statique:

Ces essais réalisés par fonçage dans le sol, à une vitesse lente et constante 2 cm/s, à l'aide d'un vérin, des tiges terminent par un point conique. Les résultats de cet essai sont présentés sur un diagramme (**pénétrogramme**).

#### 2) Pénétromètre dynamique:

L'essai consiste à faire pénétrer dans le sol par battage des tiges métalliques avec un pointe à l'extrémité à l'aide d'un mouton tombant en chute libre d'une altitude donnée.

## 7. CONDITIONS D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS :

L'idéal est de pouvoir réutiliser les terres provenant des déblais, mais ceci doit répondre à certaines conditions.

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- ✓ Pierre de dimension  $> 80$  mm.
- ✓ Matériaux plastique IP  $> 20\%$  ou organique.
- ✓ Matériaux gélifs.
- ✓ On évite les sols à forte teneur en argile.

Les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface pour laquelle seront exécutés.

Les matériaux des remblais seront établis par couche de 30 cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage. Une couche ne devra pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage.

***NB:***

A défaut du manque du rapport géotechnique complet du projet qui n'a pas été conçu nous n'avons pas pu traiter convenablement la partie géotechnique pour l'application de notre projet.

***DIMENSIONNEMENT  
DE CORPS DE  
CHAUSSEE***

***CHAPITRE : 10***

***ENSTP***

***2012***

## 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, gel ...etc.).

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

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

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

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

## 2. METHODE DU CATALOGUE ALGERIEN :

Les données de bases pour le dimensionnement de chaussée sont :

- Les données climatiques.
- Le trafic.
- La durée de vie.
- 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 projet est classé en zone **II**.

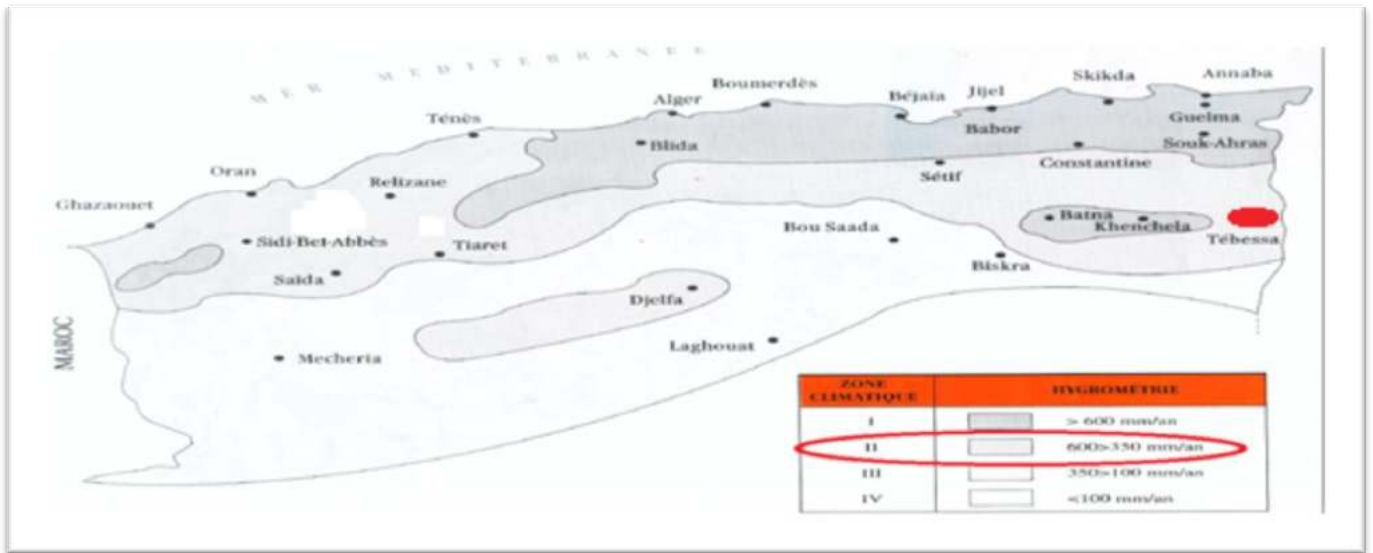


Fig. 1 : Position du projet dans la carte climatique de l'Algérie (fascicule N° 1)

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

Tableau 1 : Choix des températures équivalentes

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

## 2.2. Le trafic :

### 1) Détermination du type de réseaux principaux :

D'après le catalogue on a la classification suivante :

Tableau 2 : classes des réseaux principaux

Réseau principal	Trafic (véhicules/jour)
RP1	>1500 V/J
RP2	<1500 V/J

L'année de mise en service 2015

$$TJMA_{2015} = 7679 \text{ (V/j)} > 1500 \text{ (V/j)}$$

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

**2) 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)**».

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

L'évaluation du trafic sur notre section s'exprime sous la forme :

On a :

- Le Pourcentage du poids lourds : **Z = 12.10%**.
- $TJMA_{2010} = 6312$  V/j.
- Taux d'accroissement :  $\tau = 4 \%$
- $TJMA_{2015} = 7679$  v/j.
- Durée de vie : 20 ans

Tableau 3: Le trafic de PL/j/sens

$TJMA_{PL2010}$ (PL/j)	$TJMA_{PL2015}$ (mise en service)	$TJMA_{PL2015}$ (PL/j/sens)
<b>764</b>	<b>930</b>	<b>465</b>

**a. 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 :

$$TPL_{2015} = 465 \times 0.9 = 419 \text{ (PL/j/sens).}$$

**b. La classe de trafic :**

Les classes de trafic (TPLi) adoptées dans les fiches structures de dimensionnement sont données, pour chaque niveau de réseau principal, en nombre PL par jour et par sens à l'année de mise en service

Tableau 4 : Classe TPL<sub>i</sub> pour RP1 (fascicule N° 1) :

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

TPL= 419 (PL/j/sens) → La classe de trafic est **TPL<sub>4</sub>**.

### 3) 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 :

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

$$\Rightarrow TC_i = 419 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20}-1}{0.04} = 4.554 \times 10^6 \text{ PL/J/sens.}$$

### 4) Le trafic cumulé équivalent (TCE<sub>i</sub>)

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

$$TCE_i = TC_i \times A$$

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

Tableau 5: Valeur de coefficient d'agressivité A (fascicule N° 2)

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

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

Donc : TCE<sub>i</sub> = 0.6 × 4.554 × 10<sup>6</sup> = 2.732 × 10<sup>6</sup> PL/J/sens

**5) Le risque de calcul :**

D'après le catalogue de dimensionnement algérien nous avons un risque de **15%**.

Tableau 6 : Risque adopté pour le réseau RP1

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

**2.3 Détermination de la portance de sol-support de chaussée :****1) 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 7: Présentation des classes de portance des sols

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

Le sol doit être classée selon la valeur de CBR de densité Proctor modifier maximal CBR= 5 (notre sol est faible), donc la portance de sol support est de **S3**. Le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation de chaussée dans des conditions acceptable

**2) Amélioration de la portance du sol support**

Pour améliorer la portance d'un sol, on a recours aux couches de formes Le (CTTP) a fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de CF, 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 CF. Les résultats de ces recherches sont résumés dans tableau suivant :

Tableau 8 : Amélioration de la portance du sol support

Portance de sol	Matériau de CF	Epaisseur de CF $E_{cf}$	Portance visée
< S4	Non traité	50cm (2couches)	S3
S4	Non traité	35cm	S3
S4	Non traité	60cm (2couches)	S2
<b>S3</b>	<b>Non traité</b>	<b>40cm (2couches)</b>	<b>S2</b>
S3	Non traité	70cm (2couches)	S1

Dans notre cas on a un sol faible portance **S3**, alors l'utilisation d'une couche de forme d'épaisseur 40 cm en 2 couches de TUF permet un sur classement de portance du sol qui sera d'une classe **S2**.

### 3) Choix des différentes couches constituantes de la chaussée :

#### a. Proposition de la structure

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

- Couche de roulement : BB.
- Couche de base : GB.
- Couche de fondation : GNT.

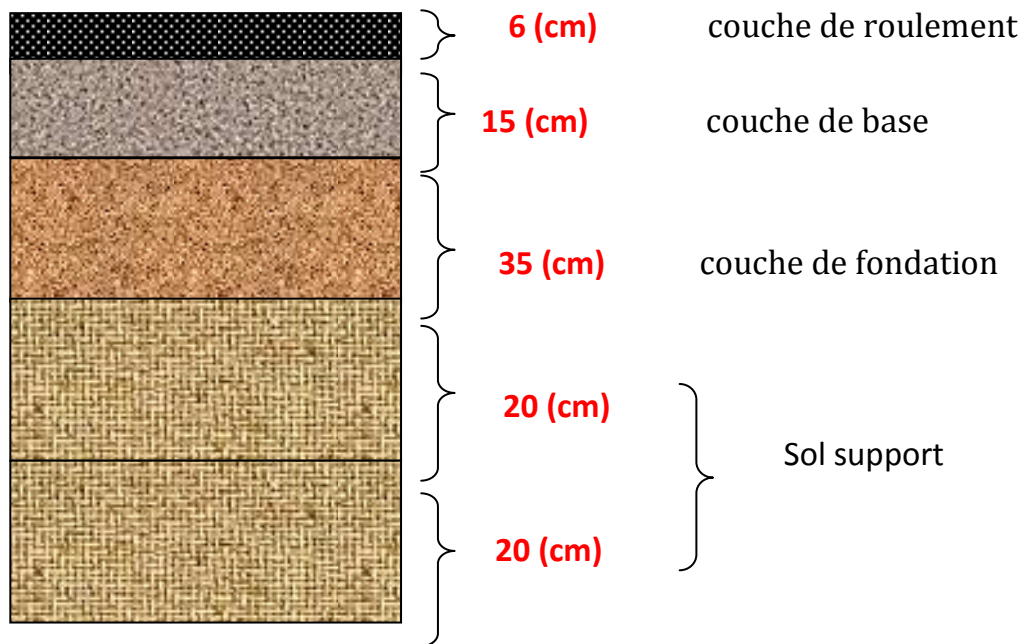
#### b. Choix de dimensionnement :

Nous sommes dans le réseau principal (**RP1**), la zone climatique **II**, durée de vie de **20** ans, taux d'accroissement moyen (4%), portance de sol (**S2**) et une classe de trafic (TPL4). 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 » = **15 cm**.
- ✓ couche de fondation : GNT « grave non traité » = **35 cm**.

Donc notre chaussée est constituée de : **06BB + 15GB + 35G NT + 40TUF**

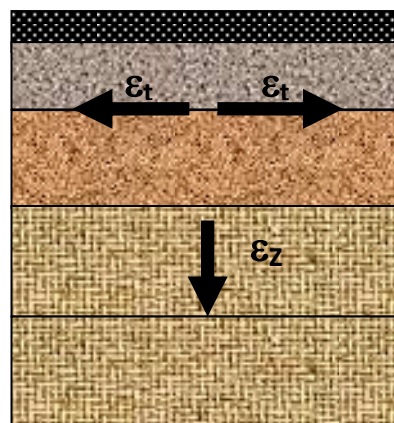
Comme indique la figure suivante



**Fig.2** Les épaisseurs des couches par la méthode du catalogue

#### 4) 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 III, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées, c'est-à-dire respectivement à  $\epsilon_{t, adm}$  et  $\epsilon_{z, adm}$ .



**Fig.3** Mode de fonctionnement de la structure

$\epsilon_t$  : 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.

**a. 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 :**

$$\epsilon_{z, adm} = 22 \times 10^{-3} \times (2.732 \times 10^6)^{-0.235} = 6.75 \times 10^{-4}$$

$$\epsilon_{z, adm} = 6.75 \times 10^{-4}$$

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

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

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

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

**K $\theta$**  : facteur lie à la température.

**K $_{ne}$**  : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.

**K $_r$**  : facteur lié au risque et aux dispersions.

**K $_c$**  : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée.

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

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

**E(10 $^\circ$ c)** : module complexe du matériau bitumineux à  $10^\circ C$ .

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

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

**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%).

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

• **Performances mécaniques des matériaux bitumineux :**

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

Tableau 9 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux (Fascicule 2)

Matériaux	E (30°C, 10Hz) (Mpa)	E (25°C, 10Hz) (Mpa)	E (20°C, 10Hz) (Mpa)	E (10°C, 10Hz) (Mpa)	$\epsilon_6 (10^\circ C, 10Hz)$ $10^{-6}$	$\frac{-1}{b}$	$S_N$	$S_h$	$\nu$	$K_C$
<b>GB</b>	3500	5500	7000	12500	100	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° ,10Hz)=7000 MPa.**
- Classe de trafic (**TPL<sub>4</sub>**).
- Risque adopté pour le réseau RP<sub>1</sub> et la classe du trafic TPL<sub>4</sub> (**r=15%**).
- **C** : coefficient égal 0.02
- **t** : fractile de loi normale, en fonction du risque adopté donc(**t = -1.036**).

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

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

**Déformation admissible de traction :**

$$\epsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} \times (2.732 \times 10^6 / 10^6)^{-0.146} \times \sqrt{\frac{12500}{7000}} \times 10^{-(-1.036 \times 0.609 \times -0.146)} \times 1.3$$

$$\epsilon_{t,adm} = 1.21 \times 10^{-4}$$

**5) Vérification des résultats de calcul par Alize III**

```

tadje et mehdi
POSITION DE LA VALEUR MAXIMALE POUR UN JUMELAGE
A SOUS UNE ROUE SIMPLE
B SOUS UNE DES ROUES DU JUMELAGE
C AU CENTRE DU JUMELAGE
A= 12.500 D= 37.500 Q= 6.620
NOMBRE DE COUCHES 5

*****
*          *          *          *          *          *
*  Z      *          *  EPSILON  *  SIGMAT  *  EPSILON  *  SIGMAZ  *
*          *          *          *          *          *
*  .00*   *          *  .139E-03C* .112E+02B* -.115E-03C* .662E+01A*
*          *  E= 40000. *          *          *          *          *
*          *  NU= .35   *          *          *          *          *
*          *  H1= 6.00  *          *          *          *          *
*  6.00*   *          *  .574E-04C* .595E+01B* -.599E-04C* .585E+01B*
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*  6.00*   *          *  .574E-04C* .806E+01B* -.624E-04C* .585E+01B*
*          *  E= 70000. *          *          *          *          *
*          *  NU= .35   *          *          *          *          *
*          *  H2= 15.00 *          *          *          *          *
*  21.00*  *          * -.118E-03C* -.111E+02B* .111E-03B* .642E+00B*
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*  21.00*  *          * -.118E-03C* -.247E+00C* .237E-03B* .642E+00B*
*          *  E= 3125.  *          *          *          *          *
*          *  NU= .25   *          *          *          *          *
*          *  H3= 15.00 *          *          *          *          *
*  36.00*  *          * -.152E-03C* -.497E+00C* .178E-03C* .328E+00C*
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*  36.00*  *          * -.152E-03C* -.133E+00C* .309E-03C* .328E+00C*
*          *  E= 1250.  *          *          *          *          *
*          *  NU= .25   *          *          *          *          *
*          *  H4= 20.00 *          *          *          *          *
*  56.00*  *          * -.159E-03C* -.195E+00C* .230E-03C* .194E+00C*
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*  56.00*  *          * -.159E-03C* -.143E-01C* .404E-03C* .194E+00C*
*          *  E= 500.   *          *          *          *          *
*          *  NU= .35   *          *          *          *          *
*          *  H5=INFINI *          *          *          *          *
*          *          *          *          *          *          *
*****
*  D      *          *          *          *          *          *
*  58.49MM/100 *          *          *          *          *          *
*  R      *          *          *          *          *          *
*  601.82M   *          *          *          *          *          *
*****
MODULES ET CONTRAINTES EN BARS
    
```

Fig.4 Résultats de calcul par alize III

Tableau 10 : Comparaison des déformations admissibles.

Déformation admissible calculée	Déformation calculée par Alizé III
$\epsilon_{t,adm} = 1.21 \times 10^{-4}$	$\epsilon_t = 1.18 \times 10^{-4}$
$\epsilon_{z,adm} = 6.75 \times 10^{-4}$	$\epsilon_z = 4.04 \times 10^{-4}$

D'après les résultats précédents :

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

### 3. METHODE DE C.B.R (CALIFORNIA - BEARING - RATIO)

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

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

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

Avec:

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

Pour notre cas :

- ✓ **I**<sub>CBR</sub>=5
- ✓ **N**=TPL<sub>2035</sub>=917 PL/j/sens
- ✓ **P**= 6.5 t

Donc :

$$E_{\text{totale}} = \frac{100 + (\sqrt{6.5}) \times [75 + 50 \cdot \log(\frac{217}{10})]}{(5 + 5)} = 54(\text{cm})$$

$$\Rightarrow E_{\text{Totale}} = 54 \text{ cm}$$

### 3.1. 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 11 : Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau :

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

Pour proposer le dimensionnement de la structure de notre chaussée, il nous faut résoudre l'équation suivante :

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

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) :  $a_1 \times e_1 = 2 \times 6 \text{ cm}$ .
- Couche de base en grave bitume (G.B) :  $a_2 \times e_2 = 1.5 \times 10 = \text{cm}$ .

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

$$e_3 = \frac{52 - e_1 a_1 - e_2 a_2}{a_3} = \frac{54 - 2 \times 6 - 1.5 \times 10}{1} = 27 \text{ cm}$$

Donc :  $e_3 = 27 \text{ cm}$  (On prend :  $e_3 = 30\text{cm}$ )

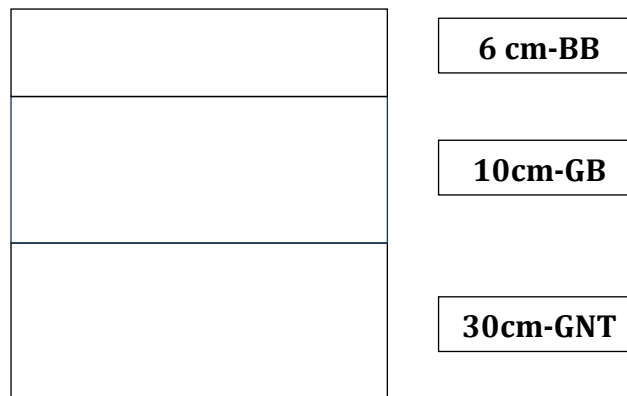


Fig.5 Les épaisseurs des couches par la méthode du CBR

#### 4. CONCLUSION :

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

Tableau 12 : Les résultats des deux méthodes

indice C.B.R	Méthode	
	C.B.R	catalogue
5	6BB+10GB+30GNT	6BB+15GB+35GNT+40TUF

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.

La méthode du catalogue de dimensionnement de chaussée étant une méthode qui s'appuie sur des lois de comportement à la fatigue, nous nous proposons de l'appliquer à notre projet pour les raisons suivantes.

- ✓ Augmentation de la longévité de la route.
- ✓ Disponibilité de crédit d'investissement à court terme pour éviter les fluctuations dans le cas d'un investissement différé à long terme.
- ✓ Minimiser les coûts d'entretien.
- ✓ Expérimentation de la méthode pour avoir un retour d'expérience suffisant pour sa généralisation et son adoption ou bien à sa révision selon les observations qui seront faites.
- ✓ Un meilleur comportement à l'orniérage

Donc La structure est de : **6BB + 15 GB +35 GNT +40TUF** est La structure retenue.

# ***ASSAINISSEMET***

***CHAPITRE : 11***

***ENSTP***

***2012***

## 1. INTRODUCTION :

L'eau quel que soit son origine dans la nature (pluie, eau infiltrée dans le sol, cours d'eau, canaux d'irrigation, etc.) pose à l'ingénieur routier des problèmes multiples et complexes.

Les effets de l'eau sur la route sont de deux sortes :

- Ceux qui mettent en jeu la sécurité de l'utilisateur (glissance, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par des enrobages des couches de surface, etc.).
- Ceux qui influent sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation

C'est pourquoi l'étude hydraulique, nécessite une parfaite connaissance des données Climatique et pluviales pour la détermination des débits de crues de différentes. L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et réaliser pour récolter et évacuer rapidement toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines, c'est à dire :

L'assèchement de la surface de circulation par des pentes transversale et longitudinale, par des fossés, caniveaux, curettes, rigoles, gondoles, etc...

Les drainages : Ouvrages enterrés récoltant et évacuant les eaux souterraines (tranchées drainantes et canalisations drainantes).

Les canalisations : ensemble des ouvrages destinés à l'écoulement des eaux superficielles (Conduites, chambre, cheminées, sacs, ...).

## 2. RESEAUX LONGITUDINAUX :

### 2.1 Réseaux de pied de talus de déblai :

En ce qui concerne les eaux superficielles, ce réseau récupère les eaux issues de la chaussée, de l'accotement et du talus, il est constitué d'un fossé peu profond, bétonné et aux formes de trapézoïdale pour améliorer la sécurité du talus.

Dans le cas où les eaux de ruissellement sont collectées à différents niveaux sur le talus (en crête ou sur les risbermes), le réseau comprend aussi des ouvrages de raccordement: descentes d'eau à cunette ou à collecteur.

En ce qui concerne les eaux internes, les fonctions essentielles d'un réseau de pied de talus de déblai sont les suivantes:

- Capter les eaux infiltrées dans l'ouvrage de collecte des eaux superficielles et le talus de déblai.
- Evacuer une partie des eaux infiltrées à travers la chaussée et l'accotement.
- Intercepter des venues d'eau latérale (localisées ou non).

- Contribuer au rabattement d'une nappe
- Contribuer à la lutte contre l'effet de bord

## 2.2 Réseau de crête de talus de remblai :

Il a pour rôle d'éviter l'érosion du talus lorsque la chaussée est déversée vers l'extérieur. Le risque d'érosion augmente avec la hauteur et la pente des talus, il dépend également de la pluviosité locale, de la cohésion du sol et de la présence ou de l'état de végétation. En principe, on prévoit un tel réseau dès que la hauteur du talus dépasse 2m dans les régions où les pluies ont une forte intensité, ou 4m dans les autres cas.

## 2.3 Réseau de pied de talus de remblai :

Ce type de réseau peut avoir les deux fonctions suivantes:

- Canaliser les eaux issues de la plate-forme jusqu'à exutoire lorsque les débits sont trop importants pour être évacués librement sans dommages ou préjudices pour les riverains;
- Collecter et canaliser vers un ouvrage de traversée les eaux de ruisselant sur le terrain naturel vers le remblai.

Dans les deux cas, et pour les consécutions d'entretien, le fossé est réalisé à une distance minimale de 1m du pied de talus. Pour des remblais de faible hauteur, sans glissière, il est recommandé d'adoucir le profil du fossé pour améliorer le comportement d'un véhicule qui quitterait la plate-forme. Dans certains cas la pente du talus peut également être adoucie pour améliorer la sécurité.

## 2.4 Réseau de crête de talus de déblai:

Ce réseau ne justifie que si le terrain naturel constitue, par sa pente et son étendue, un bassin versant dont l'apport d'eau risque de provoquer l'érosion du talus. Mal réalisés ou peu entretenus, ces ouvrages peuvent en effet compromettre la stabilité des talus. Leur réalisation doit donc rester exceptionnelle. Ce réseau doit être constitué d'un ouvrage entièrement revêtu, afin d'éviter les infiltrations dans le talus, et être implanté en léger retrait (1 à 2 m) par rapport à la crête du talus.

## 3. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES :

L'assainissement des chaussées doit se soumettre aux exigences suivantes :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée, (danger d'aquaplaning).

- 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).
- Ces objectifs seraient atteints par une bonne installation (dans la zone en déblai et les points bas) d'ouvrages d'évacuations comme fossé dalots dans notre cas.
- Leurs dimensions seront fonction du débit d'eaux recueillit.

## 4. DIMENSIONNEMENT DE RESEAU D'ASSINISSEMENT :

### 4.1 L'estimation du débit de pointe :

Plusieurs méthodes ont été développées pour l'estimation des débits de pointe d'un sous bassin versant, parmi ces méthodes, celle de rationnelle.

Cette méthode dont nous rappelons très sommairement le principe :  $Q_a = Q_s$

- 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.
- $R$  : rayon hydraulique (m).
- $I$  : la pente moyenne de l'ouvrage.

- Le débit d'apport (pointe) en provenance du bassin versant ( $m^3/s$ ) est donné par la formule suivante :  $Q_a = K.C. i. A$

Dans laquelle

- $Q_a$  : débit d'apport en  $m^3/s$ ;
- $K$  : Coefficient de conversion des unités  $K = 0.278$
- $C$  : coefficient de ruissellement.
- $i$  : intensité des pluies maximales en ( $mm/h$ ) pour une durée  $t$  prise égale au temps de concentration  $T_c$ ;
- $A$  : superficie du bassin versant en ( $km^2$ ).

**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 ( $m^3/s$ ) valable pour :  $i$  en ( $mm/h$ ) ;  $A$  en ( $km^2$ ) ;  $K = 0.278$

Ou

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

## 4.2 Coefficient de ruissellement :

C'est le rapport de volume d'eau qui ruisselle sur cette surface au volume d'eau tombe sur elle. Il peut être choisi suivant le tableau ci-après.

Tableau 1 : les coefficients de ruissellements

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

## 4.3 Intense de la pluie :

La détermination de l'intensité de la pluie, comprend différentes étapes de calcul qui sont :

### 1) Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle :

$$P_j = \frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{C_V^2 + 1}} \cdot e^{u \sqrt{\ln(C_V^2 + 1)}}$$

Avec :

$P_j$  : moy : pluie moyenne journalière.

$C_V$  : coefficient de variation climatique

$U$  : variation de Gauss.

La pluie de référence pour le calcul de dimensionnement des ouvrages correspond à une durée de pluie  $t$  minute et une période de retour de 10 ans, 50 ans, 100 ans.

Soit le tableau suivant qui donne les valeurs de variable du gaussien en fonction de la fréquence.

Tableau 2: Valeur de coefficient de gauss en fonction de fréquence

Fréquence (%)	50	20	10	2	1
<b>Période de retour (ans)</b>	2	5	10	50	100
<b>Variable de Gauss (U)</b>	0,00	0,84	1,28	2,05	2,327

Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 10 ans.

Les ponceaux (dalots) seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.

## 2) Calcul de fréquence d'averse

La fréquence d'averse est donnée par la formule suivante :

$$P_t(\%) = P_j(\%) \cdot \left(\frac{tc}{24}\right)^b$$

Avec :

$P_t$  : pluie journalière maximale annuelle.

$P_j$  : Hauteur de la pluie journalière maximale (mm).

$b$  : Exposant climatique.

$t_c$  : Temps de concentration (heure).

## 3) Le temps de concentration :

La durée  $t$  de l'averse qui produit le débit maximum  $Q$  étant prise égale au temps de concentration.

Dépendant des caractéristiques du bassin drainé ; Le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, Passini, Giandothi, comme suit :

➤ lorsque  $A < 5 \text{ km}^2$ : 
$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}}$$

➤ 2/ lorsque  $5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$  : 
$$t_c = \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}}$$

➤ 3/ lorsque  $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$ : 
$$t_c = \frac{1.5L + 4\sqrt{A}}{0.8\sqrt{H}}$$

Où :

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

$A$  : Superficie du bassin versant (**km<sup>2</sup>**).

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

$P$  : Pente moyenne du bassin versant.

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

## 4) L'intensité horaire

$$i = \frac{P(t)}{t_c}$$

**i** : Intensité de la pluie (mm/h).

**tc** : Temps de concentration (heure).

**P(t)** : Hauteur de la pluie de durée tc (mm)

## 5. APPLICATION AU PROJET :

### 1) Données pluviométriques :

La pluie journalière moyenne **P<sub>j</sub>moy=42.6mm**

Le coefficient de variation **Cv=0.50**

L'exposant climatique **b=0.32**

### 2) Calcul hydraulique :

#### a. Calcul de précipitation journalière:

$$P_j(\%) = \frac{P_{jmoy}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \cdot e^{u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

En général pour les routes principales on prend en compte de fréquence décimale (10 ans), donc la variable de gauss U=1.28 et C<sub>v</sub>=0.53

$$P_j (10\%) = \frac{42.6}{\sqrt{0.5^2 + 1}} \cdot e^{1.28 \sqrt{\ln(0.5^2 + 1)}} = 69.74 \text{mm}$$

Fréquence d'averse P<sub>t</sub> (10%) :

Pour une durée de T=15min, on la détermine par la formule :

$$P_t(10\%) = P_j(10\%) \cdot \left(\frac{tc}{24}\right)^b$$

Avec

- T=0.25h
- b=0.32

$$P_t(10\%) = 16.18 \text{mm}$$

### b. Calcul l'intensité de l'averse :

L'intensité à l'averse est donnée par la relation suivante :

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^B, B = b-1$$

Avec : **I** c'est l'intensité de l'averse pour une durée de 1h, **t=0,25 h** et **b=0,32**.  
(Pendant 10 ans).

$$I = \frac{P_j}{24}$$

Pour:  $P_j (10\%) = 69.74 \text{ mm} \rightarrow I = \frac{69.74}{24} = 2,90 \text{ mm/h}$

$$I_t = 2.90 \times (0,25/24)^{-0,69} = 67,63 \text{ mm/h}$$

Donc : l'intensité de la pluie est

$$I_t = 67.63 \text{ mm/h}$$

### c. Calculs des débits :

Le débit d'apport est évalué à l'aide de formule rationnelle suivante :

$$Q_a = K.C. i. A$$

La surface de bassin versant : on considère la présence des trois éléments {chaussée, accotement (BAU, berme), talus}, la section de 200m en calculant le débit rapporté par chaque élément de la route et le débit total. Une largeur de talus : été prise défavorable égale (10m).

Donc :

$$Q_a = Q_c + Q_{BAU} + Q_b + Q_t$$

$$Q_c = K.I.C_c.A_c$$

$$Q_{BAU} = K.I.C_{BAU}.A_{BAU}$$

$$Q_b = K.I.C_b.A_b$$

$$Q_t = K.I.C_t.A_t$$

❖ **Calcul de surface des sous bassins versants :**

Tableau 3 : Les surfaces des sous bassins versants

SBV	A(km <sup>2</sup> )
<b>Chaussée</b>	8 × 200 = <b>0.0016</b>
<b>B.A.U</b>	3 × 200 = <b>0.0006</b>
<b>Berme</b>	1 × 200 = <b>0.0002</b>
<b>Talus</b>	10 × 200 = <b>0.002</b>

❖ **L'intensité de l'averse I<sub>T</sub> :**

Tableau 4 : Calcul de l'intensité

SBV	Pente(%)	T <sub>c</sub> (h)	I <sub>t</sub> (mm/h)
<b>Chaussée</b>	2.5	0.03	292
<b>B.A.U</b>	4	0.015	471
<b>Berme</b>	8	0.006	886
<b>Talus</b>	67	0.007	797

❖ **Débit total:**

Tableau 5 : Le débit total des bassins versants

SBV	C	K	I (mm/h)	A(Km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)	Q total (m <sup>3</sup> /s)
<b>chaussée</b>	0,95	0,278	292	0.0016	0.123	<b>0.348</b>
<b>B.A.U</b>	0,95	0,278	471	0.0006	0.074	
<b>Berme</b>	0,4	0,278	886	0.0002	0.019	
<b>talus</b>	0.3	0.278	797	0.002	0.132	

D'où :

$$Q_{\text{total}} = Q_c + Q_{\text{B.A.U}} + Q_b + Q_t = 0.348 \text{ m}^3/\text{s}$$

**5.1 DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME DE DRAINAGE LONGITUDINAL (LES FOSSES)**

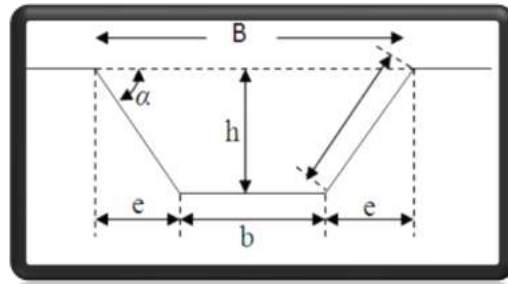
Le prof il en travers hypothétique de fossés est donné dans la figure ci-dessous avec

**S<sub>m</sub>** : surface mouillée.

**U** : périmètre mouillé.

**R**: rayon hydraulique  $R = S_m / U$

**P** : pente du talus  $P = 1/n$



### 1) Calcul du débit de saturation (QS):

#### • La section mouillée :

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

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

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

#### • Le périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2.B$$

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

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

#### • Le Rayon hydraulique :

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

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

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

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

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.

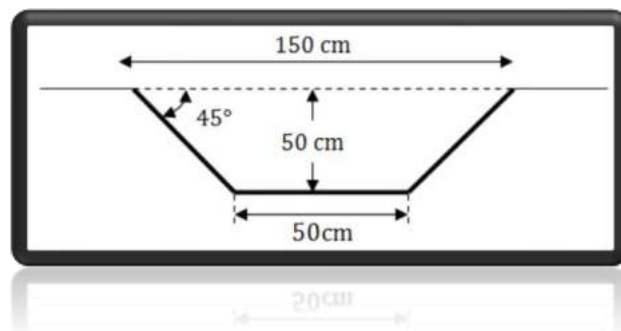
$K_{ST}$  : Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = 70 (au béton collé sur place).

Donc on obtient la formule suivante :

$$H = \left[ \frac{Q_a}{K_{st} \times b \times I^{1/2}} \right]^{3/5} \frac{[1 + 2\sqrt{2} \times \frac{h}{b}]^{2/5}}{1 + \frac{h}{b}} \Rightarrow H = \left[ \frac{0.348}{70 \times 0.5 \times 0.001^{1/2}} \right]^{3/5} \frac{[1 + 5.65 \times h]^{2/5}}{1 + 2.5h}$$

D'après le calcul itératif on a trouvé la hauteur H= 0.40 m.

Pour des raisons de sécurité on prend un fossé standard (b=50 cm, H=50 cm, B=150 cm).



## 5.2 DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME DE DRAINAGE TRANSVERSAL

L'écoulement des bassins versants se draine à travers l'autoroute via des ponts, des dalots et des buses.

### 1) Dimensionnement des buses :

On a fait le dimensionnement des buses au PK 37+734, où nous avons un écoulement

Pour dimensionner les buses on prend

$$Q_a = Q_s$$

$$\text{Tel que : } Q_s = S \times K_{ST} \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

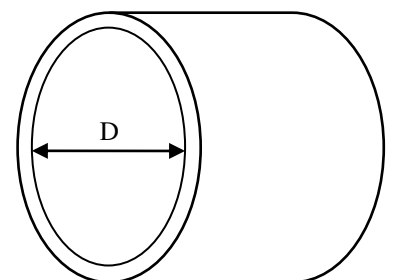
#### Section et périmètre mouillés :

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

$$H_r = 0,75 \varnothing \quad \text{si } \varnothing \leq 1 \text{ m} \quad , \varnothing : \text{diamètre de la buse.}$$

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

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



La forme de buse

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

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

$R$  : rayon de la buse.

$K_{ST} = 80$  (pour les buses)

$I$  : la pente de pose qui vérifié la condition de limitation du d'écoulement à 4m/s.

Pour notre cas ; On a  $I = 2\%$

### Au PK 37+742

On a:  $Q_a = 3.34 \text{ m}^3/\text{s}$ .

$$Q_s = Q_a = S \times K_{ST} \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$Q_s = Q_a = \left(\frac{4}{5} \times \pi \times R^2\right) \times K_{ST} \times \left(\frac{3}{5} \times R\right)^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$R = \left[1.75 \frac{Q_a}{K_{ST} \cdot \pi \cdot I^{1/2}}\right]^{3/8} \Rightarrow R = 510 \text{ mm}$$

Donc on adopte un diamètre normalisé commercial qui égale à **1200mm**

## 2) Dimensionnement des dalots :

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

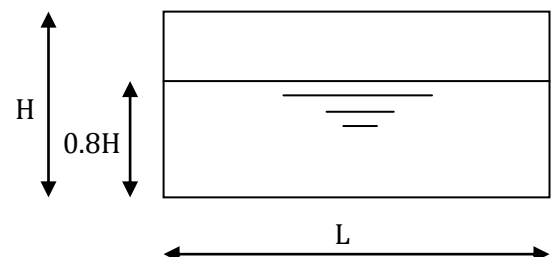
Pour les dalots, la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une hauteur de remplissage égale à :

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

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

$H$  : hauteur du dalot.

**Donc:**



$\Rightarrow$  la section mouillée :  $S_m = 0.8h \times L$

⇒ Le périmètre mouillé :  $P_m = 2 \times 0.8 \times h + L$

⇒ Le rayon hydraulique :  $R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8.h.L}{1.6.h + L}$

$$Q_s = S \times K_{ST} \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} \quad \text{Avec } K_{ST} = 70$$

$$\Rightarrow Q_s = K_{st} \times i^{1/2} \times 0.8 \times h \times L \times \left[ \frac{0.8.h.L}{1.6.h + L} \right]^{2/3}$$

Donc:

$$Q_a = K.C.I .A = K_{st} \times I^{1/2} \times 0.8 \times h \times L \times \left[ \frac{0.8.h.L}{1.6.h + L} \right]^{2/3}$$

En fixant la largeur  $L=3$  m et par calcul itérative, on tire la valeur de **h** qui vérifie cette inégalité.

### Au PK 38+190

On a  $Q_a = 13.86$  m<sup>3</sup>/s. ET  $I=5\%$

$$Q_a = K\sqrt{I} S R^{\frac{2}{3}}$$

$$Q_a = K\sqrt{I} 0.8h L \left( \frac{1.6h+L}{0.8L} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$\Rightarrow H = \left( \frac{Q_a}{K_{st}\sqrt{I}} \right)^{\frac{3}{5}} \frac{(1.6h+L)^{\frac{2}{5}}}{0.8L}$$

D'après le calcul itérative, on tire la valeur de  $H = 1.55$  m

Donc on prend  $H=2$ m.

## 6. TABLEAU RECAPITULATIF DES DALOTS ET BUSES :

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

Tableau 6 : récapitulatif des dalots et buses

OUVRAGE HYDRAULIQUE	PK	Nombre de cellules	DIMENSIONS
<b>Buses</b>	37+742	2	Ø=1200 mm
<b>Dalots</b>	37+075	1	L=3m, h=2
	37+325	1	L=3m, h=2
	37+975	1	L=3m, h=2
	38+190	2	L=3m, h=2

# ***L'ECHANGER***

***CHAPITRE : 12***

***ENSTP***

***2012***

## 1. DEFINITION D'UN ECHANGEUR :

Un échangeur est un carrefour dénivelé entre deux routes avec raccordement de circulation entre les voies.

En terme technique, un échangeur est un dispositif de raccordement entre plusieurs voies de circulation, sa disposition doit être étudié en fonction de l'importance des divers courants de circulation, du site d'implantation, et du type de topographie du site, ajoutons qu'il faut éviter de le placer dans les sections en forte pente ou avec des dévers importants.

On désigne les échangeurs par :

- ❖ **Nœuds** : quand il raccorde une voie rapide avec une autre voie rapide.
- ❖ **Diffuseur** : quand il raccorde une voie rapide au réseau de voies urbain classique.
- ❖ **Mixte** : quand il assure en plus des raccordements de deux autoroutes.

## 2. ROLE DE L'ECHANGEUR

L'échangeur a pour rôle d'assurer la continuité des réseaux autoroutiers et de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les flux dans les différentes directions selon l'ordre d'importance et dans des bonnes conditions de confort et de sécurité tout en évitant les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents, et les points d'arrêt provoquent des pertes de temps.

## 3. REGLES 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, et pour diminuer son prix de revient, tout en évitant:

- Passage sur terrain agricole,
- Passage au voisinage des habitations et des maisons publiques,
- Passages 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.

## 4. AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE L'ECHANGEUR

### 4.1 Avantage de l'échangeur :

Les avantages de l'échangeur sont :

- Facilité aux usagers un déplacement dans de bonne condition de confort et de Sécurité.
- Éviter les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents.
- Éviter les contraintes d'arrêt et de reprise.
- Assurer la continuité du réseau autoroutier.

### 4.2 Inconvénients de l'échangeur :

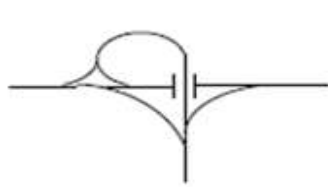
Nous pouvons résumer les inconvénients dus à l'aménagement d'un échangeur comme suit :

- Coût financier volumineux.
- Le non prise en charge, en général, des traversées des piétons.
- L'entretien couteux.
- L'éclairage indispensable ce qui implique en plus un cout d'exploitation.

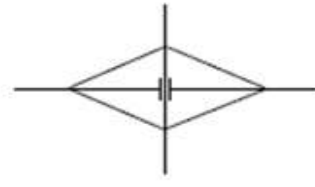
## 5. TYPE DES ECHANGEURS

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 aussi, il y a de nombreuses combinaisons de ces types qui donnent des formes plus complexes. 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, et selon l'importance des routes à raccorder nous avons déterminé deux classes d'échangeurs :

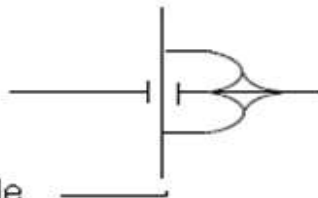
- ✓ **Echangeur majeur** : raccordement Autoroute- Autoroute. (Trèfle complet, bifurcation « Y »).
- ✓ **Echangeur mineur** : raccordement Autoroute -Route. (Losange, Demi-trèfle, Trompette).



Trompette



Losange



Demi-trèfle



Trèfle

On utilise plusieurs types d'échangeurs dans le domaine d'emploi est bien déterminé :

❖ **Losange:**

Cette configuration à quatre (04) branches correspondant au schéma d'aménagement le plus simple (bretelles directes) et assure une distribution symétrique de trafic d'échanges, en plus les distances de parcours pour l'ensemble du schéma sont minimales.

❖ **Demi - trèfle :**

La configuration en demi - trèfle à quatre (04) branches se présente comme le cas du type losange mais avec une différence majeure, qui est une distribution des trafics d'échange nettement dissymétrique.

❖ **Trompette:**

Le diffuseur du type trompette représente à l'heure actuelle la typologie la plus répandue sur les autoroutes.

C'est le type d'échangeur qui assure les échanges entre la voie principale et la voie transversale.

### ❖ **Trèfle complet:**

Cette configuration a un seul avantage par rapport au demi – trèfle et losange. C'est qu'elle assure un mouvement libre dans toutes les directions.

## **6. CONSTITUONS DES ECHANGEURS**

Les échangeurs sont constitués des éléments suivants :

- Ouvrages d'art. (passage supérieur ou inférieur).
- Carrefour (s) plan(s).
- Bretelles (rampes d'entrée, et des rampes de sortie).

### **6.1 Pont :**

Pour assurer un passage supérieur ou inférieur ; on peut déterminer le nombre des ouvrages (ponts) en fonctions des paramètres suivants :

- Le type d'échangeur à implanter.
- Les contraintes du site d'implantation.
- Les conditions de coordinations profil en long et tracé en plan.
- Les conditions de réglementations et de conception.

### **6.2 Carrefour plan :**

On trouve les carrefours plans seulement entre raccordement routiers ordinaires, leur aménagement doit tenir compte des facteurs de sécurité et de confort.

### **6.3 Brettelle :**

Ce sont des voies qui se détachent et se raccordent entre les deux directions qui se croisent. Chaque bretelles se termine à une de ces extrémité par une voie de décélération et l'autre par une voie d'accélération.

## **7. CHOIX DU TYPE L'ECHANGEUR**

Pour notre projet l'échangeur va relier La Rocade Autoroutière des Hauts Plateaux (2×2 voies) avec RN83

Donc l'échangeur sera du type diffuseur, avec une géométrie de type **demi-trèfle**.

## 8. VITESSE DE REFERENCE :

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

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

## 9. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES BRETELLES :

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

### 9.1 Tracé en plan d'une bretelle :

#### 1) Valeurs limites des rayons :

Tableau 1 : Valeurs limites des rayons du tracé en plan

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

– Dans une courbe de rayon inférieur à **100** m, une sur largeur de **50/R** par voie est à introduire à l'intérieur de la courbe. Préconisé

**2) Enchaînement des éléments du tracé en plan :**

- Une boucle comporte un arc circulaire unique encadré par des arcs de clothoïdes.
- Deux courbes successives de sens contraire doivent satisfaire à la condition :  $R_1 \leq 2R_2$ , où  $R_1$  et  $R_2$  notent les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrées dans le sens de circulation sauf si  $R_1 > 1.5R_{nd}$  et si  $R_1 > R_2$ .
- Deux courbes successives de même sens doivent être séparées par un alignement droit de longueur correspondant à **3s** à la vitesse autorisée hors clothoïdes.

Tableau 2 : Enchaînement des éléments du tracé en plan

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

**3) Raccordement progressif :**

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

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

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

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

**9.2 Zones de décélération et d'accélération :**

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

### 1) 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 m/s<sup>2</sup>.

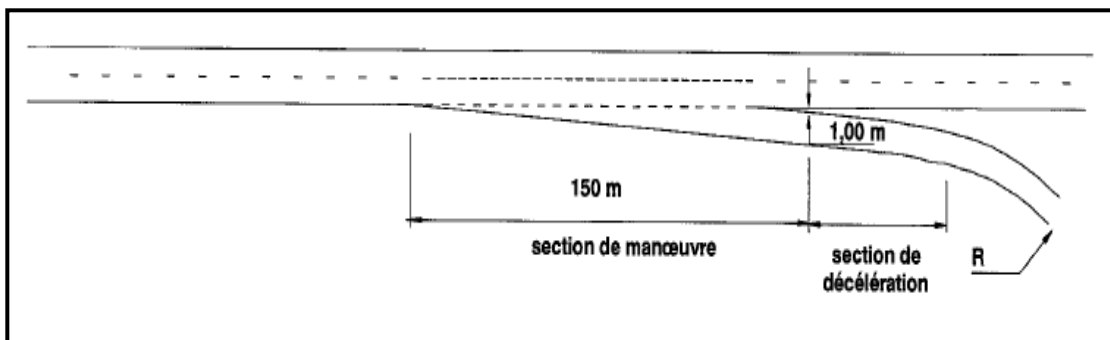


Fig.1 La zone de décélération

### 2) 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.

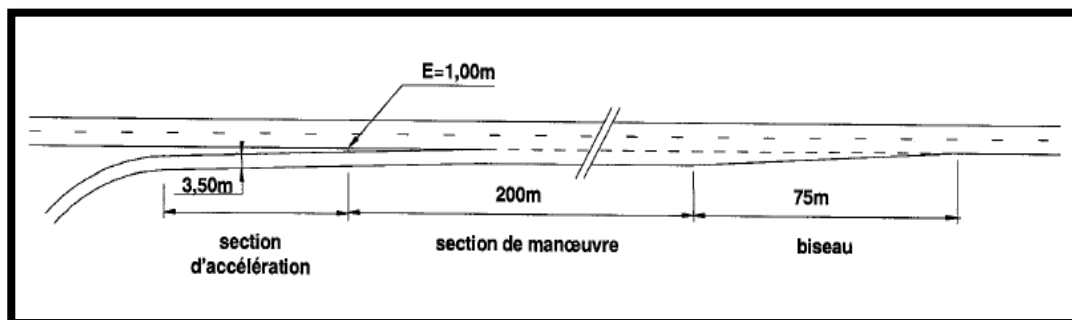


Fig.2 La zone de d'accélération

## 10. CONDITION DE VISIBILITÉ

### 10.1 Visibilité sur une entrée d'autoroute :

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

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

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

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%

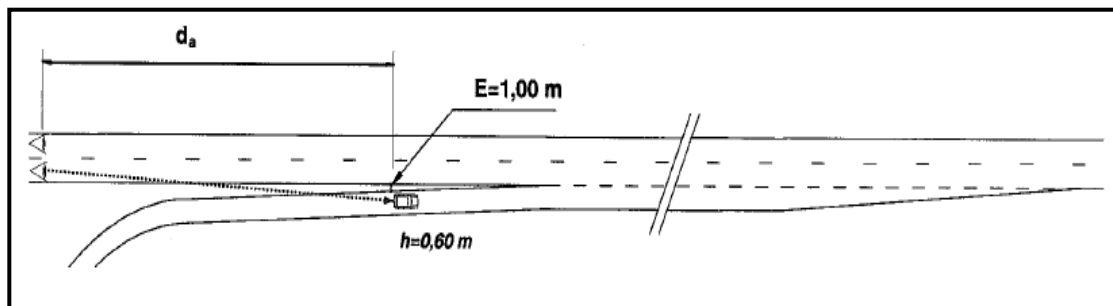


Fig.3 Visibilité sur une entrée d'autoroute

### 10.2 Visibilité sur une sortie d'autoroute :

**Distance de manœuvre de sortie  $d_{ms}$  :** qui permet de définir également les changements de files en section courante :

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

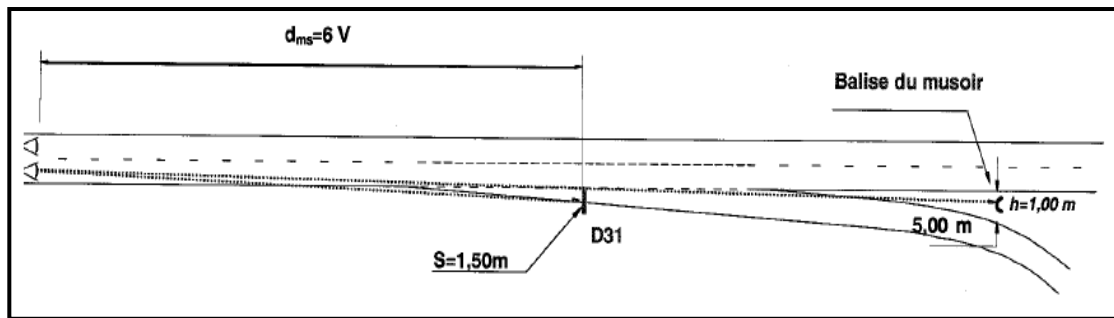


Fig.4 Visibilité sur une sortie d'autoroute

### 10.3 Distance de visibilité sur marquage dvm :

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

### 10.4 Distance de lecture (lc) :

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

### 10.5 Résumé :

Le tableau suivante représente les Principales distances de visibilité.

Tableau 3 : Principales distances de visibilité

<b>Vitesse</b>	<b>120 (km/h)</b>
<b>Vitesse</b>	<b>33.333 (m/s)</b>
<b>Décélération moyenne <math>\gamma(v)</math></b>	<b>0.34 (m/s<sup>2</sup>)</b>
<b>Distance d'arrêt en palier (p=0)</b>	<b>233m</b>
<b>Distance d'arrêt en courbe pour <math>R &lt; 5V</math></b>	<b>275m</b>
<b>Distance de manœuvre en sortie dms (et changement de file)</b>	<b>200m</b>
<b>Distance de visibilité sur marquage dvm</b>	<b>100m</b>
<b>Distance de lecture lc</b>	<b>166.65m</b>

## 11.CHOIX DE LA CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

### ❖ Variante N°1:

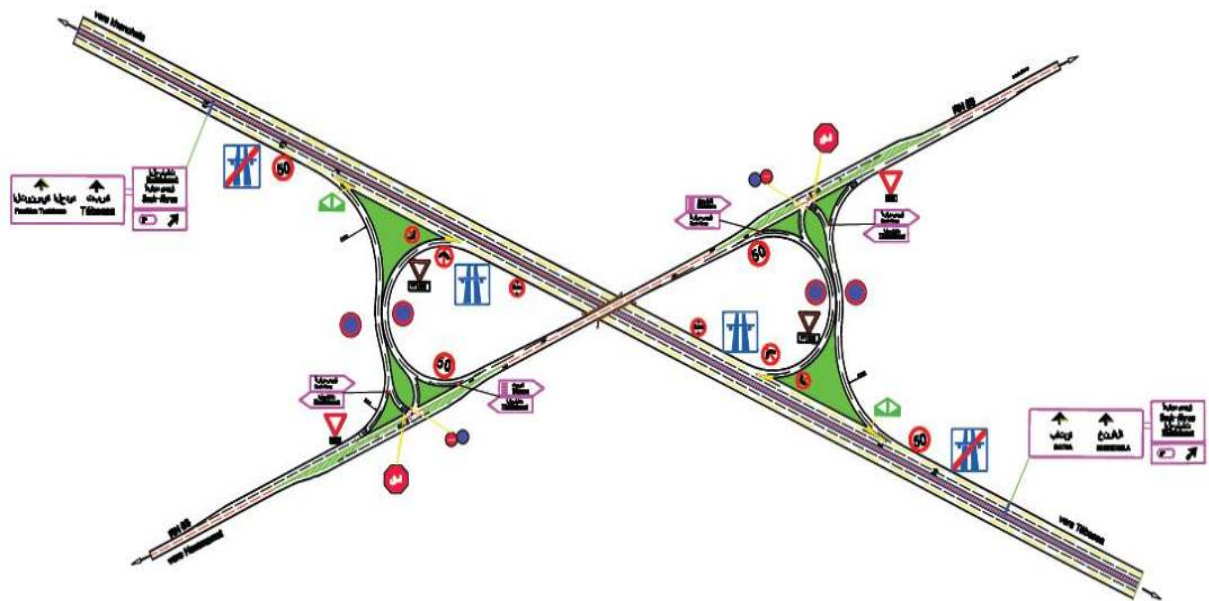


Fig.5 variante N°1

❖ Variante N°2:

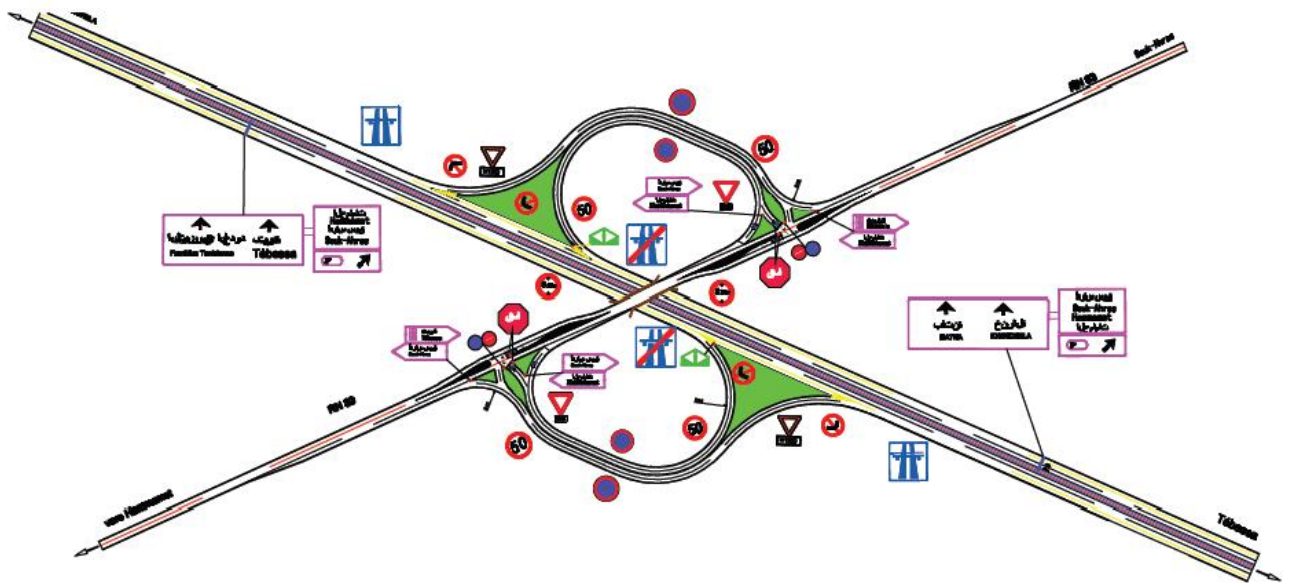


Fig.6 variante N°2

## 12. ANALYSE COMPARATIVE ENTRE LES DEUX VARIANTES :

### 12.1 La première Variante

#### 1) Description de la conception

- ❖ Un échangeur en demi-trèfle en quadrant opposés avec deux bretelles qui sortent de l'autoroute vers la RN 83 et deux boucles qui sortent de cette dernière vers l'autoroute.
- ❖ Un passage supérieur qui passe au-dessus l'autoroute qui appartient à la RN83.
- ❖ Deux carrefours plans sur les deux intersections de la route secondaire avec les bretelles.
- ❖ Occupe une surface de 22520 m<sup>2</sup>

#### 2) les avantages

- ✓ Schéma simple.
- ✓ Bonne géométrie (belle vue).
- ✓ La visibilité est plus élevée.
- ✓ Circulation fluide dans les bretelles et dans les boucles.
- ✓ L'économie de l'espace.
- ✓ Construction économique.
- ✓ Assurer la circulation dans toutes les directions.

#### 3) Les inconvénients

- ✓ Ouvrages de franchissement est un peu large.
- ✓ Cisaillement sur la route secondaire.

### 12.2 La deuxième Variante

#### 1) Description de la conception

- ❖ Un échangeur en demi-trèfle en quadrant opposés avec deux bretelles qui sortent de l'autoroute vers la RN 83 et deux boucles qui sortent de cette dernière vers l'autoroute.
- ❖ Un passage supérieur qui passe au-dessus l'autoroute qui appartient à la RN83.
- ❖ Deux carrefours plans sur les deux intersections de la route secondaire avec les bretelles.
- ❖ Occupe une surface de 23954 m<sup>2</sup>

## **2) les avantages**

- ✓ Schéma simple.
- ✓ Visible dans tous les points.
- ✓ Bonne géométrie (belle vue).
- ✓ Assurer la circulation dans toutes les directions.

## **3) Les inconvénients**

- ✓ Circulation lente dans les boucles.
- ✓ Ouvrage de franchissement très large.
- ✓ Cisaillement sur la route secondaire
- ✓ Une perte de l'espace

## **➤ Conclusion**

Après l'analyse comparative entre les deux variantes nous avons décidé de choisir la première variante car cette conception assurée la sécurité et le confort de l'utilisateur.

***OUVRAGE  
D'ART***

***CHAPITRE : 13***

***ENSTP***

***2012***

## 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 PK des ouvrages, ainsi le type de l'ouvrage à concevoir pour franchir les routes et les pistes existantes.

## 2. CHOIX DU TYPE D'OUVRAGE :

Notre but est de déterminer du point de vue technique et économique le type d'ouvrage le plus adéquat et de satisfaire le mieux possible toutes les conditions qui imposent le type d'ouvrage (béton armé, béton précontrainte, mixte).

Les principaux facteurs qui influent sur le type d'ouvrage sont :

- ❖ Le profil en long de la chaussée.
- ❖ La portée de l'ouvrage.
- ❖ La nature du sol.
- ❖ Position possible des appuis

Afin de trouver la solution au type d'ouvrage le plus adéquat ; on procédera à une comparaison entre tous les types d'ouvrage (variantes) qui peuvent être envisagés et cela en représentant toutes les caractéristiques des variantes.

Pour chaque type d'ouvrage énuméré, on portera sur le domaine d'utilisation, de l'ouverture de son tablier ainsi que son épaisseur.

**On a deux propositions selon les matériaux**

### 2.1 Les ponts en béton armé :

On distingue deux catégories de ponts en B.A.

#### 1) **ponts à poutre en béton armé** :

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

**a. Avantage**

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

**b. Inconvénients**

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

**2) ponts à dalles en béton armé**

Le pont dalle est préférable pour les portées allant de 15 à 20m

**a. Avantage**

- ✓ permet le réemploi des coffrages.
- ✓ coffrage simple.

**b. Inconvénients**

- ✓ Consomme plus de béton et d'acier par rapport à un pont à poutres en B.A.
- ✓ Portée limitée à 20 m.

**2.2 Les ponts en béton précontraint**

On distingue deux catégories de ponts en B.P.

**1) Ponts à poutres en béton précontraint**

Ce type de ponts est utilisé pour les franchissements des portées intermédiaires de longueur de 25m. Leurs portées les plus économiques se situent entre 30 et 35m.

**a. Avantage**

- ✓ La possibilité d'assembler des éléments préfabriqués sans échafaudages.
- ✓ La possibilité de franchir de plus grandes portées.

**b. Inconvénients**

- ✓ La nécessité de fabriquer du béton plus résistant principalement à 28j.
- ✓ la nécessité de disposer d'un personnel qualifié pour la vérification de la pose des gaines et câbles et pour la mise en tension des câbles

## 2) Ponts dalles en béton précontraint

Ce type de ponts n'est pas applicable dans notre cas parce qu'il est préférable d'utiliser ce type pour une longueur de travée de 15 à 23m quoi la portée économique.

Par rapport au pont à poutres, les ponts en dalles à travées indépendantes ne sont à envisager que dans le cas des ouvertures modérés et lorsqu'un grand élancement est indispensable.

## 3. CONCLUSION :

Après avoir examiné le type d'ouvrages possibles, nous avons choisis de prendre la variante qui est pont à poutre en béton précontraint, pour tous les avantages économique et la facilité de constructions et d'entretiens.

## 4. LES OUVRAGES EXISTANTS :

Le tableau suivant récapitule les trois ouvrages d'art existants avec leurs caractéristiques et leurs PK correspondant :

**Tableau 1** : tableau représente les ouvrages existants

TYPE DE L'OUVRAGE D'ART	PK DE DEBUT D'OUVRAGE D'ART	LONGURE DE L'OUVRAGE D'ART	GABARIT
<b>Passage supérieur (RN10)</b>	42+940	40	5.25
<b>Passage supérieur (RN83)</b>	45+650	40	5.25
<b>Passage supérieur (piste)</b>	40+275	40	5.25

# ***SIGNALISATION***

***CHAPITRE : 14***

***ENSTP***

***2012***

## 1. INTRODUCTION :

Le développement de la circulation routière impose à l'ingénieur de réaliser une signalisation impeccable, qui doit provoquer chez l'automobiliste des réflexes instantanés.

Cette signalisation doit être homogène, rapidement visible et compréhensible, suffisante et non surabondante. Elle doit être établie aussi sérieusement que la signalisation ferroviaire

## 2. CRITERES A RESPECTER POUR LES SIGNALISATIONS:

Il est indispensable avant d'entamer la conception de la signalisation de respecter certain critère, afin que celle-ci soit bien vue, lue, et comprise :

- Cohérence avec les règles de signalisations.
- Respecter les règles d'implantation et de pose.
- Cohérence entre les signalisations verticales et horizontales.
- Eviter les panneaux publicitaires irréguliers.
- Eviter la multiplication des signaux et des super signaux, car la surabondance détruit l'efficacité.

## 3. TYPES DE SIGNALISATION

On distingue deux types de signalisation :

- ❖ Signalisation horizontale.
- ❖ Signalisation verticale.

### 3.1 Signalisation horizontale :

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

Le 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.

## 1) Caractéristiques générales des marques

### a. 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.

### b. 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.**

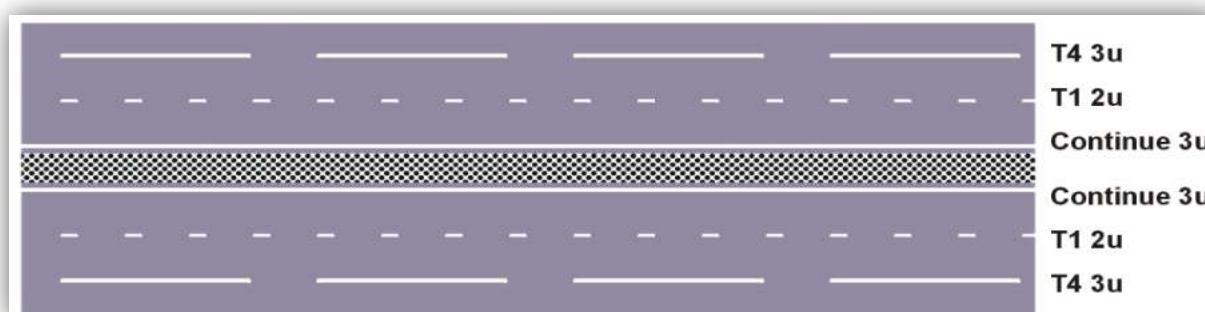
Pour notre projet la route est de type "autoroute".

Donc la valeur de U est 7.5 cm.

### c. Lignes longitudinales :

Tableau 1 : Les caractéristiques de tous les types des lignes adoptées

modulation	désignation des marques	largeur
<b>Continue</b>	Délimitation de terre-plein central (TPC)	<b>3U</b>
	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	<b>3U</b>
<b>T1</b>	Ligne axiale ou de délimitation de voie	<b>2U</b>
<b>T2</b>	Délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement	<b>5U</b>
	Ligne de rive de chaussée	<b>3U</b>
<b>T3</b>	Ligne d'annonce d'une ligne continue	<b>2U</b>
<b>T'3</b>	Ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans les bretelles de raccordement	<b>3U</b>
<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	<b>3U</b>
<b>T'2</b>	<b>Ligne " CÉDEZ-LE-PASSAGE "</b>	<b>50 cm</b>



**Fig.1** Les lignes de délimitation de voies dans le tracé

**d. Caractéristiques des lignes discontinues :**

Tableau.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

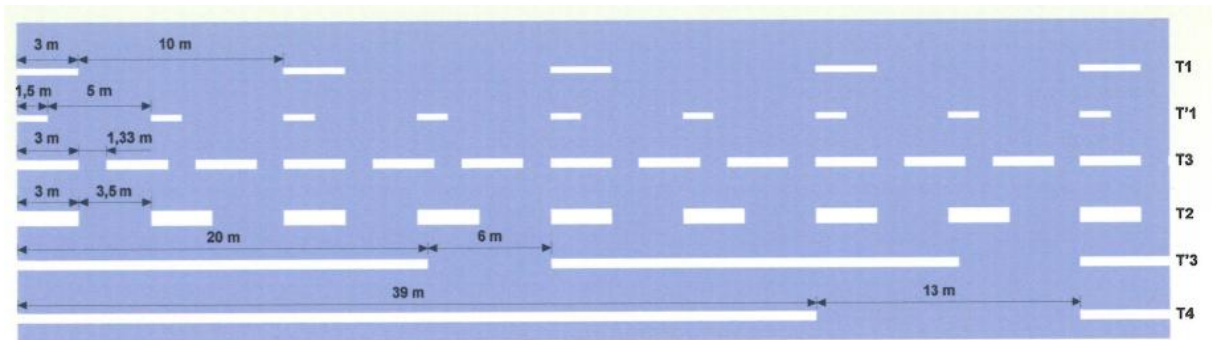


Fig.2 Les lignes longitudinales

**e. Lignes transversales :**

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

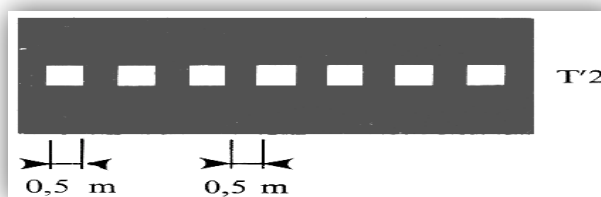


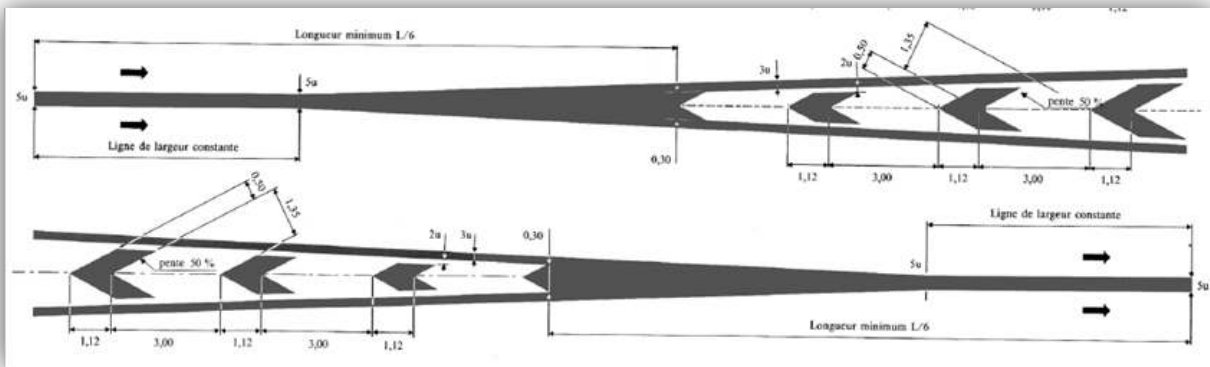
Fig.3 Lignes transversales

**f. Les flèches :**

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

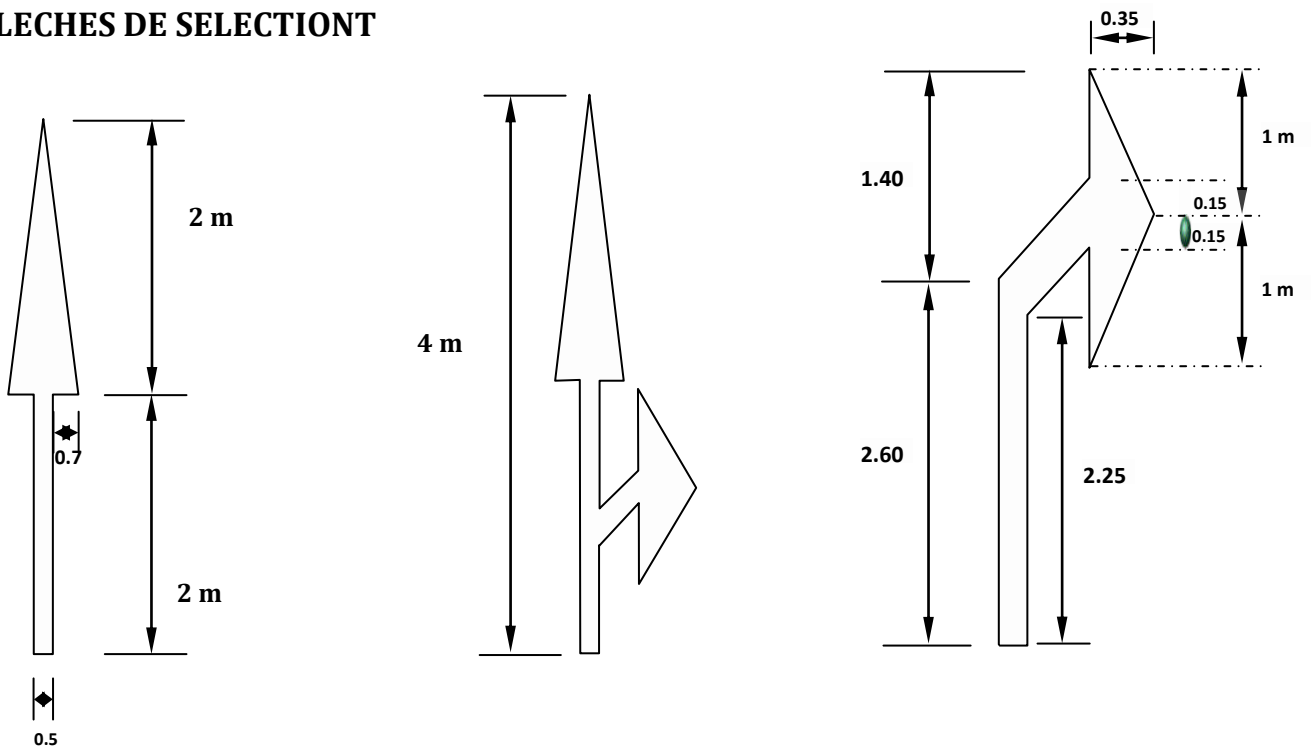
**g. Autres marques :**

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

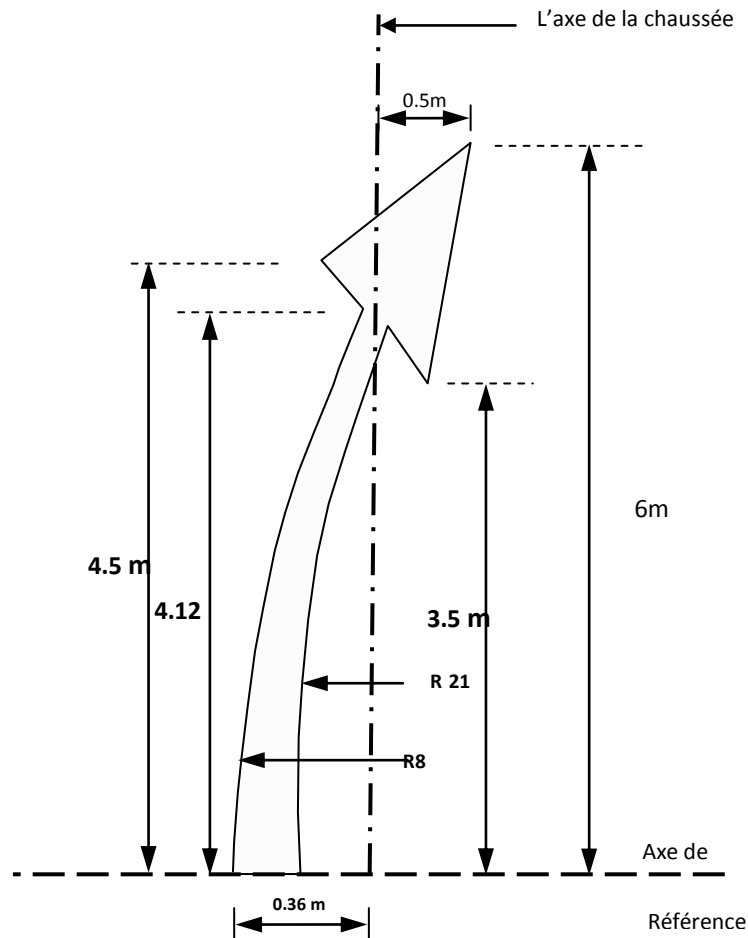


**Fig. 4** Schéma de marquage avec hachures

**FLECHES DE SELECTIONT**



## FLECHE DE RABATTEMENT



### 3.2 Signalisation verticale :

La signalisation verticale est divisée en deux grandes catégories :

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

#### 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.).

**La signalisation est conforme aux normes européennes.**

❖ 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.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

## 2) Signalisation de direction :

L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75°.

### 4. LES DIFFÉRENTS PANNEAUX UTILISÉS DANS NOTRE PROJET



**C207**  
Début d'une section d'autoroute.



**C208**  
Fin d'une section d'autoroute.



**J4**  
Balisage de virages



**J14a**  
Balises de musoir, signalant la divergence des voies



**AB25**  
Carrefour à sens giratoire



**AB3a**  
Cédez le passage à l'intersection. Signal de position



**B2a**  
Interdiction de tourner à gauche à la prochaine intersection



**B2b**  
Interdiction de tourner à droite à la prochaine intersection

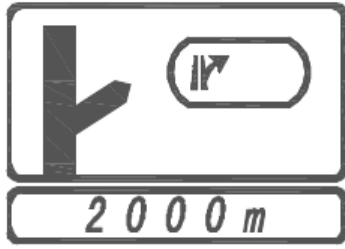
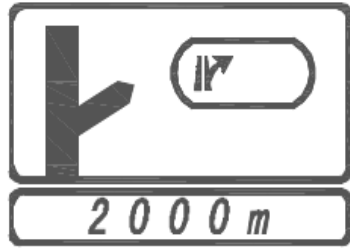


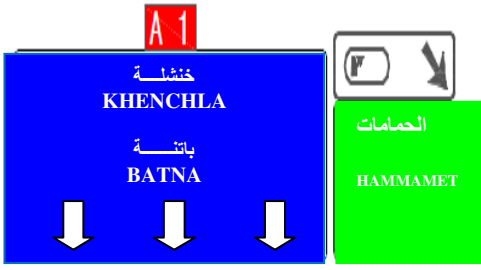
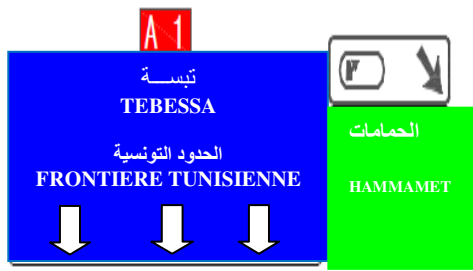


**B14**  
Limitation de vitesse. Ce panneau notifie l'interdiction de dépasser la vitesse indiquée

## Signalisation de direction



Plaque de signalisation à l'entrée de l'échangeur

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

***DEVIS  
QUANTITATIF  
ET ESTIMATIF***

***CHAPITRE : 15***

***ENSTP***

***2012***

**Devis quantitatif et estimatif**

N°	Désignation des Travaux	Unité	Quantité	Prix Unitaire DA	Prix Total DA
<b>1 Logistiques du chantier</b>					
1.1	Installation et repliement du chantier (lot route)	forfait	/	3%	30169996,66
<b>Total partiel 1</b>					<b>30169996,66</b>
<b>2 Travaux préparatoires</b>					
2.1	Acquisition de terrain	M <sup>2</sup>	313500	1000	313500000
2.2	Abattage, arrachage et dessouchage des arbres	M <sup>2</sup>	3042	250	760500
2.6	Déplacement de lignes électriques	unité	4	350 000	1400000
<b>Total partiel 2</b>					<b>315660500</b>
<b>2 Terrassement</b>					
3.1	Décapage de terre végétale	M <sup>3</sup>	65627,19	80	5250175,52
3.2	Remblais en provenance d'emprunts	M <sup>3</sup>	300802	600	180481200
3.3	Déblais en sol inutilisable mise en dépôt	M <sup>3</sup>	135913	450	61160850
<b>Total partiel 3</b>					<b>246892225,5</b>
<b>4 Chaussée et accotement</b>					
4.1	Couche de forme en tuf	M <sup>3</sup>	99416,4	800	79533120
4.2	Couche de fondation en Grave non traité (GNT)	M <sup>3</sup>	81563,59	2200	179439898
4.3	Couche de base Grave bitume (GB)	T	76368,32	4200	320746944
4.4	Couche de roulement en béton bitumineux(BB)	T	30878,83	4800	148218393,6

<b>4.5</b>	Couche d'imprégnation 0.7 à 0.8 kg/m <sup>2</sup>	T	133	100000	13300000
<b>4.6</b>	Couche d'accrochage 0.2 à 0.3 kg/m <sup>2</sup>	T	38	78800	2994400
				<b>Total partiel 4</b>	<b>744232755,6</b>
<b>5</b>	<b>Ouvrages d'art courant et assainissement</b>	forfait	/	10%	99328548,11
<b>6</b>	<b>Signalisation</b>	forfait	/	5%	49664274,06
<b>7</b>	<b>Impact sur l'environnement</b>	forfait	/	1%	9932854,811
<b>8</b>	<b>Contrôle (bureau d'étude et laboratoire</b>	forfait	/	2%	19865709,62
<b>MONTANT Total HORS TAXES :</b>					<b>1515375432</b>
<b>MONTANT TVA 17 %</b>					<b>257613823.44</b>
<b>TOTAL GENERAL (T.T.C):</b>					<b>1 772 989 255.44</b>

Arrêté le présent détail quantitatif, toutes taxes et impôts compris, à la somme de :

**Un milliard sept cent soixante-douze millions neuf cent quatre-vingt neuf mille deux cent cinquante cinq Dinars Algérien et Quarante quatre Centimes**

## **CONCLUSION GENERALE :**

*Ce projet de fin d'études a été une opportunité, pour mettre en pratique nos connaissances théoriques et techniques acquises pendant notre cycle de formation à l'école nationale supérieur des travaux publics.*

*Le projet nous a permis aussi d'être en face des problèmes techniques et administratifs qui peuvent se présenter dans un projet routier. il était aussi une grande occasion pour savoir le déroulement d'un projet des travaux publics en général et un projet routier en particulier et par conséquent l'utilisation des logiciels de calcul et de dessin notamment le PISTE, COVADIS et l'AUTOCAD ainsi que la maîtrise des nouvelles technologies dans le domaine des travaux publics.*

*Pour notre étude nous avons appliqué rigoureusement toutes les normes, directives et recommandations liés au domaine routier pour contrecarrer les contraintes rencontrées sur le terrain. Par ailleurs, le souci primordial ayant guidé notre modeste travail a été dans un premier temps l'a prise en considération du confort et de la sécurité des usagers de la route et dans un second temps l'économie et l'aspect environnemental lié à l'impact de la réalisation de cette route. Ce projet nous a permis de franchir un grand pas vers la vie professionnelle.*

## ***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 « CTTP ».*
- ❖ *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.*
- ❖ *Signalisation routière.*
- ❖ *Aide-mémoire Routes.*
- ❖ *Site Internet « [www.SETRA.com](http://www.SETRA.com) ».*