

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 DE L'EVITEMENT DE LA RN7
(MOSTAFA BEN BRAHIM) du Pk 0+000 au
Pk 3+046 AVEC ETUDE DES DEUX
CARREFOURS GIRATOIRES**

Proposé par :

- SETS
-MESSAOUDI. L

Présenté par :

- GRIRA MOUSSA
- CHERHABIL SALAH

Promotion 2012

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics. Garidi. Kouba.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENT

Nous remercions le bon dieu qui nous a donné le courage et la patience jusqu'au bout nos études.

Nous dressons nos plus vifs remerciements à notre encadreur Mr. MESSAOUDI pour avoir dirigé ce travail, nous le remercions également pour son aide effective et dont les conseils nous ont été très précieux,

Nous tenons à remercier vivement l'ensemble des professeurs de l'ENSTP qui nous ont enseignés ainsi que ceux qui ont contribué à notre formation au sein de notre école.

Nos remerciements vont aussi à tous les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

SOMMAIRE

1/ Introduction :	01
2/ Présentation de projet :	03
3/ Objectif de l'étude :	04

CHAPITRE I : Choix du couloir (APS)

1/ Introduction :	05
2/ Géographique de la zone d'étude :	05
3/ Hydrologie et hydrogéologie :	05
4/ Types des contraintes :	06
5/ Choix de couloir (APS) :	06

CHAPITRE II : Étude de trafic

1/ introduction :	08
2/ l'analyse des trafics existant :	08
3/ Différents types de trafics:.....	11
4/ Calcul de la capacité:.....	11
5/ Application au projet:.....	14

CHAPITRE III : Tracé en plan

1/ Définition :	17
2/ Règles à respecter dans le tracé en plan:.....	17
3/ Les éléments du tracé en plan:	17
4/ Les conditions de raccordement :	22
5/Combinaison des éléments du tracé en plan :	23
6/ Notion de devers :	24
7/ La vitesse de référence (de base) :.....	26
8/ Paramètres fondamentaux:.....	26
9/ Calcul d'axe :	27

CHAPITRE IV : Profil en long

1/Définition :	32
2/ Règles à respecter dans le tracé du profil en long :	32
3/ Les éléments de composition du profil en long :	33
4/ Coordination du tracé en plan et profil en long:	33

5/ Déclivités: -----	33
6/ Raccordements en profil en long: -----	34
7/ Caractéristiques des rayons en long:-----	36
8/ Détermination pratiques du profil en long: -----	37

CHAPITRE V : profil en travers

1/Définition : -----	40
2/ Déférént type de profils travers : -----	40
3/ Les éléments de composition des profils en travers: -----	40
4/ Le profil en travers type du projet: -----	42

CHAPITRE VI : cubatures

1/ Introduction: -----	43
2/ Définition : -----	43
3/ Méthode de calcul des cubatures : -----	43
4/ Calcul des cubatures de terrassement : -----	45

CHAPITRE VII : étude géotechnique

1/ Introduction-----	46
2/ Les moyens de la reconnaissance : -----	46
3/ Condition d'utilisation des sols en remblais:-----	54

CHAPITRE VIII : dimensionnement du corps de chaussée

1/ Introduction: -----	55
2/ Différents types des chaussées : -----	55
3/ Facteurs pour les études de dimensionnement: -----	57
4/ Principales méthodes de dimensionnement : -----	58
5/ Application au projet : -----	60

CHAPITRE IX : étude des carrefours

1/ Introduction : -----	66
2/ Démarche générale de conception:-----	66
3/ les principes fondamentaux d'aménagement: -----	67
4/ données à prendre en considération: -----	67
5/ les principaux types des carrefours plans : -----	68
6/ Caractéristiques géométriques des carrefours : -----	70
7/Etude de Carrefour giratoire: -----	73
8/ Application au projet : -----	79

CHAPITRE X : assainissement

1/ Introduction-----	82
2/ Drainage des eaux souterraines:-----	82
3/ Nature et rôle des réseaux d'assainissement routier : -----	83
4/ Données pluviométriques:- -----	83

5/ Dimensionnement des ouvrages d'évacuations: -----	83
6/ Application au projet : -----	88

CHAPITRE XI : signalisation et éclairage

1/ Signalisation : -----	93
2/ Eclairage : -----	100

CHAPITRE XII : Impact sur l'environnement

1/ Etudes d'environnement d'un projet routier : -----	102
---	-----

CHAPITRE XIII : Devis quantitatif et estimatif

1/Devis quantitatif et estimatif : -----	106
--	-----

Conclusion générale -----	107
----------------------------------	-----

Bibliographie -----	108
----------------------------	-----

Annexe

INTRODUCTION :

Parmi les infrastructures de transport, les routes sans doute l'un de ceux qui sont liés le plus étroitement avec l'environnement.

Le réseau routier occupe une place stratégique dans notre système de transport, puisqu'il supporte plus de **85%** du volume de transport de marchandises et des voyageurs. C'est par conséquent un élément fondamental dans le processus de développement du pays.

La route représente aussi au niveau de la collectivité nationale un puissant facteur de cohésion, tandis qu'en accélérant les liaisons entre les grandes métropoles économiques, elle constitue un atout majeur en faveur de la compétitivité internationale d'une nation industrielle.

D'où l'importance de notre étude, qui consiste à concevoir un évitement de la ville de MOSTAFA BEN BRAHIM WILAYA SIDI BEL ABBES.

Ce projet d'évitement étant nécessaire pour :

- décongestionner le trafic urbain.
- Réduire le temps de parcours.
- Réduire le nombre des accidents.
- Améliorer le cadre de vie des habitants.

PRESENTATION DU PROJET

1- PRESENTATION DU WILAYA :

Sidi Bel Abbès est située à 82 km au sud d'Oran, à 87 km au nord-est de Tlemcen et à 93 km au sud-est de Mascara.

La wilaya est un centre commercial et industriel. L'activité de la wilaya est surtout axée sur les machines agricoles, le matériel électrique, les chaussures et les laiteries.

La wilaya de Sidi Bel Abbès recèle un riche patrimoine archéologique et historique, qui est actuellement négligé.



- Carte de situation de wilaya-

La constitution du réseau routier en Sidi Bel Abbès est :

- Routes nationales = **372 Km.**
- Chemins de wilaya = **646 Km.**
- Chemin communaux = **201 Km.**

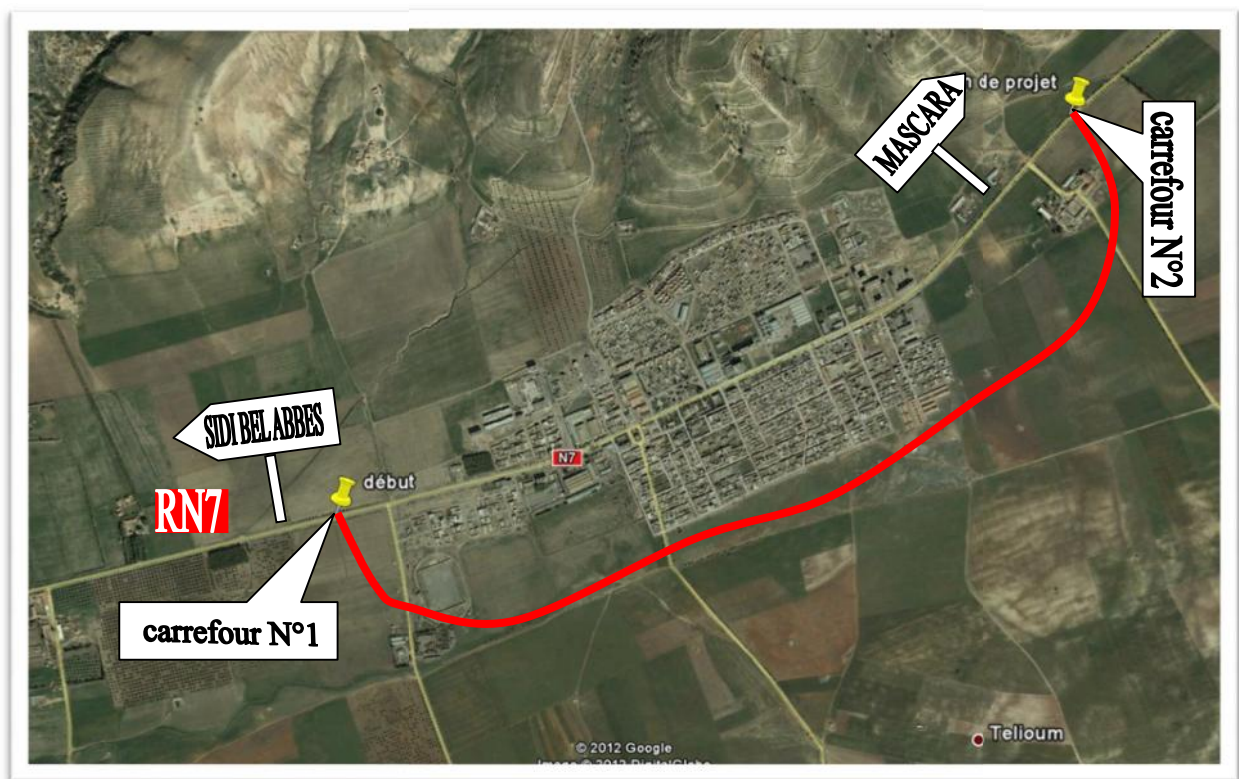
2) Présentation du projet :

Notre projet concerne l'évitement de MOSTAFA BEN BRAHIM dans la wilaya de SIDI BEL ABBES s'inscrit parfaitement dans cette stratégie de développement et de densification du réseau autoroutier d'Algérie.

L'évitement a une importance stratégique pour le réseau routier national, car elle constitue a contourner l a R N 0 7 entre SIDI BEL ABBES et MASCARA.

Cette section à étudier sur une longueur de **3.046km** et trafic journalier moyen important.

- L'itinéraire du projet se situe dans un relief plat, et se caractérise par des moyennes sinuosités (E_1), et des moyennes déclivités. Il est classé en catégorie (C_1).



-PHOTO GOOGLE-

3- OBJECTIF DE L'ETUDE :

Cette étude a été conçue dont l'objectif de :

- Assurer à l'utilisateur un niveau de service en rapport avec le trafic résultant du développement économique de la région.
- décongestionner le trafic urbain.
- Réduire le temps de parcours.
- Réduire le nombre des accidents.
- Améliorer le cadre de vie des habitants.

CHAPITRE I

CHOIX DU

COULOIR «APS»



CHOIX DU COULOIR « APS »

1- Introduction:

La phase APS ; c'est l'étape qui vient directement après 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 plan d'état majeure, de carte topographique et aussi géologique, permettant ainsi de mieux cerner les aléas, les contraintes et les avantages liés à la situation socio-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.
- Le coût du projet.
- Les difficultés trouvées lors du choix des tracés (caractéristiques techniques).
- Comparaison des impacts sur l'environnement.

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

2- Géographique de la zone d'étude :

La zone est un terrain de relief vallonné, d'un aspect agricole dominance rurale, peu peuplée.

3 -Hydrologie et hydrogéologie :

Eaux superficielles :

Les montagnes au nord de la zone urbaine constituent la source des eaux de surface dans ce secteur.

4-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 des points sensibles qui influencent le tracé non plus. Les principales contraintes sur ce tronçon sont comme suit.

- Les réseaux électriques.
- Les vergers.
- Généralement la zone concernée par le projet est une zone agricole.

5-Choix de couloir (APS) :

5-1-Présentation des variantes :

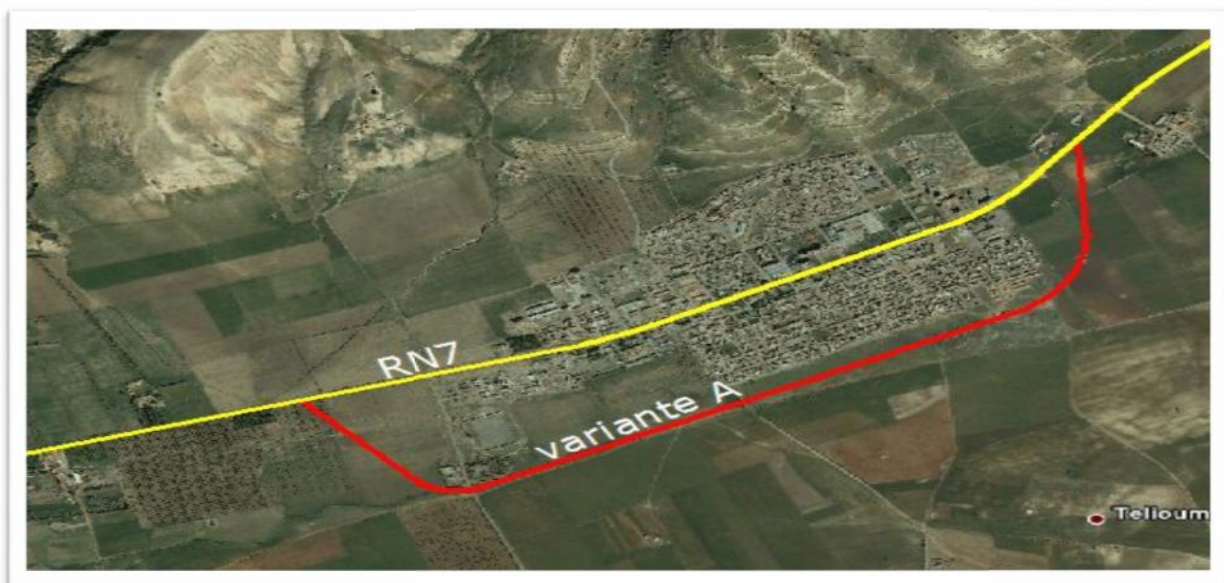
Dans cette phase, on va étudier deux variantes qui passent au nord et au sud de la zone urbaine, afin de trouver la meilleure solution adaptée pour la réalisation de notre projet.

➤ **La variante « A » :**

Ce tracé est le plus long et le plus proche de la zone urbaine, il traverse un relief plat et évite les habitations.

Elle franchit :

- Un oued.
- Trois cours d'eaux.
- Des Terres cultivées.

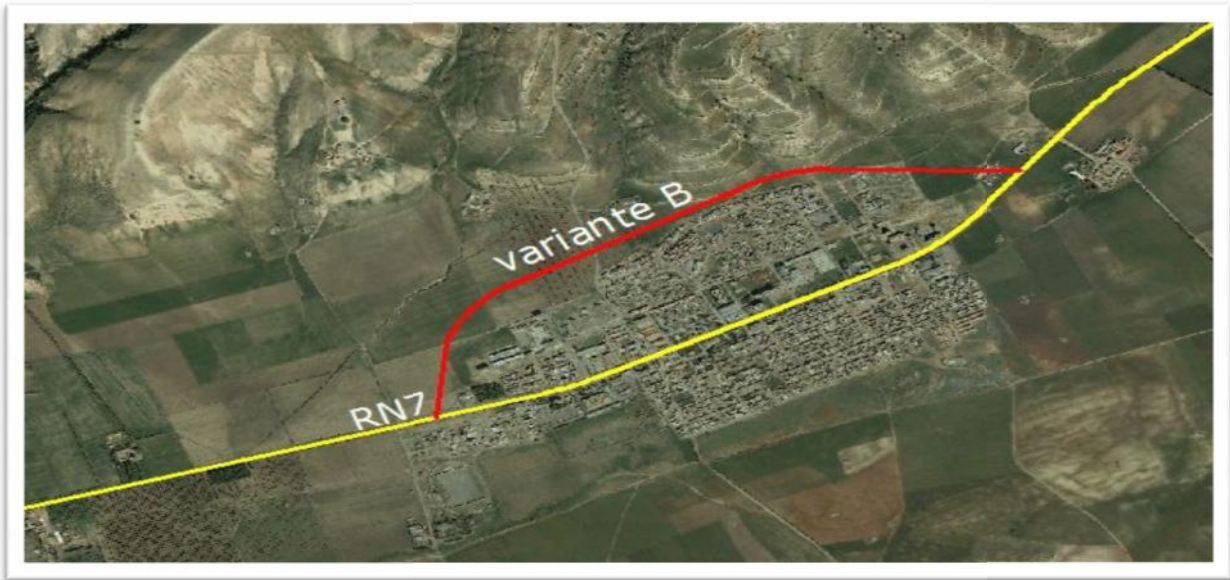


Plan De Variante A

➤ La variante « B » :

Cette variante passe au nord de la zone urbaine, elle traverse plus nombre des oueds et des cours d'eau dans terrain montagneuse.

Par contre ce tracé occupe une plus grande surface des Terres utilisées pour la culture.



Plan De Variante B

5-2-Conclusion :

La comparaison des deux variantes suivant les critères économiques et les caractéristiques géométriques.

La variante B comporte le tracé le plus court, mais, elle franchit une zone cultivable plus importante, ce qui défavorise le passage de la route sur ces éléments.

Ces champs cultivés sont parmi les plus fréquentés. Ajouté aux indemnités qu'il faudra proposer aux propriétaires des terres.

Plus de ça elle traverse beaucoup des oueds et le type de l'environnement difficulté pour le terrassement.

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

CHAPITRE II

ETUDE DE TRAFIC

ETUDE DU TRAFIC

1-INTRODUCTION :

L'étude du trafic est un élément essentiel qui doit être préalable à tout projet de réalisation ou d'aménagement d'infrastructure de transport, elle permet de déterminer le type d'aménagement qui convient et, au-delà les caractéristiques à lui donner depuis le nombre de voie jusqu'à l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée.

L'étude du trafic constitue un moyen important de saisie des grands flux à travers un pays ou une région, elle représente une partie appréciable des études de transport, et constitue parallèlement une approche essentielle de la conception des réseaux routiers.

Cette conception repose, sur une partie « stratégie, planification » sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, qui est nécessaire pour :

- Apprécier la valeur économique des projets.
- Estimer les coûts d'entretiens.
- Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons.

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** : ils permettent de quantifier le trafic.
- **Les enquêtes** : elles permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs.

a) - Les Comptages :

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

- Les comptages manuels.
- Les comptages automatiques.

1. 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).

2. 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 temporaires :

- **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 le matériel de comptage actuellement utilisé ne détectent pas la différence entre les véhicules légers et les poids lourds.

b) - les Enquêtes Origine Destination :

Il est plus souvent opportun de compléter les informations recueillies à travers des comptages par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux, on peut recourir en fonction du besoin, à diverse méthodes, lorsque l'enquête est effectuée sur tous les accès à une zone prédéterminée (une agglomération entière, une ville ou seulement un quartier) on parle d'enquête cordon.

Cette méthode permet en particulier de recenser les flux de trafic inter zonaux, en définissant leur origine et destination. Il existe plusieurs types d'enquêtes :

1. les Enquêtes papillons ou distributions :

Le principe consiste à délimiter le secteur d'enquête et à définir les différentes entrées et sorties, un agent colle un papillon sur le pare-brise de chaque véhicule (ou on distribue une carte automobiliste), sachant que ces papillons sont différents à chaque entrée, un autre agent identifie l'origine des véhicules en repérant les papillons ou en récupérant les cartes.

- ✓ **Les avantages de la méthode :** sont la rapidité de l'exploitation et la possibilité de pouvoir se faire de jour comme de nuit.
- ✓ **Les inconvénients de la méthode :** c'est que l'enquête ne permet pas de connaître l'origine et la destination exacte des véhicules, mais seulement les points d'entrées et de sortie du secteur étudié.

2. Relevé des plaques minéralogiques :

On relève, par enregistrement sur un magnétophone, en différents points (à choisir avec soin) du réseau, les numéros minéralogiques des véhicules ou au moins une (de l'ordre de quatre chiffres ou lettres), la comparaison de l'ensemble des relevés permet d'avoir une idée des flux.

Cette méthode permet d'avoir des résultats sans aucune gêne de la circulation, par contre, le relevé des numéros est sujet à un risque d'erreur non négligeable.

3. interview des conducteurs :

Cette méthode est lourde et onéreuse mais donne des renseignements précis, on arrête (avec l'aide des forces de gendarmerie pour assurer la sécurité) un échantillon de véhicules en différents points du réseau et on questionne (pendant un temps très court qui ne doit pas dépasser quelques minutes sous peine d'irriter l'utilisateur) l'automobiliste pour recueillir les données souhaitées :(origine, motif, fréquence et durée, trajet utilisé).

Ces informations s'ajoutent à celles que l'enquêteur peut relever directement tels que le type de véhicule.

4. Les enquêtes à domicile – Enquête ménage :

Un échantillon de ménages sélectionné à partir d'un fichier fait l'objet d'un interview à son domicile par une personne qualifiée, le temps n'étant plus limité comme dans le cas des interviews le long des routes, on peut poser un grand nombre de questions et obtenir de nombreux renseignements, en général, ce type d'enquête n'est pas limité à l'étude d'un projet particulier, mais porte sur l'ensemble des déplacements des ménages dans une agglomération.

3- DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFICS :

3.1-traffic normal :

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte du nouveau projet.

3.2-traffic dévié :

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes ayant la même destination, la dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.

3.3-traffic induit :

C'est le trafic qui résulte de :

Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.

Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due à une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

3.4-traffic total :

C'est Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

4- CALCUL DE LA CAPACITÉ :

4.1 - Définition De La Capacité :

La capacité d'une route est le flux horaire maximum des véhicules qui peuvent raisonnablement passer en un point ou s'écouler sur une section de route uniforme (ou deux directions) avec les caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propres durant une période bien déterminée.

La capacité dépend :

- Des conditions du trafic.
- Des conditions météorologiques.
- Le type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire.
- Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs variables d'une route à l'autre)
- Des caractéristiques géométriques de la section considérée (nombre et largeur des voies)

4.2 - Projection Future Du Trafic :

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

$$TJMAh = TJMA_0 (1 + z)^n$$

Avec : **TJMAh** : le trafic à l'année horizon.

TJMA₀ : le trafic à l'année de référence.

n : nombre d'année.

z : taux d'accroissement du trafic (%).

4.3 - Calcul Du Trafic Effectif :

C'est le trafic traduit en unité de véhicule particulier (**uvp**), en fonction de type de route et de l'environnement. Pour cela on utilise des coefficients à d'équivalence pour convertir les PL en (**uvp**).

Le trafic effectif est donné la relation suivante :

$$T_{eff} = [(1-z) + p.z] TJMAh$$

Avec : **T_{eff}** : trafic effectif à l'année horizon en (**uvp**).

Z : pourcentage de poids lourd.

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds il dépend

Environnement	E ₁	E ₂	E ₃
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-16
Route étroite	3-6	6-12	16-24

Tableau: coefficient d'équivalence

4.4 - Débit De Pointe Horaire Normal :

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon il est exprimé en unité de véhicule particulier (**uvp**) et donné par la formule :

$$Q = (1/n).T_{eff}$$

Avec : **Q** : débit de pointe horaire

n : nombre d'heure, (en général **n=8heures**)

T_{eff} : trafic effectif

4.5 - Débit Horaire Admissible :

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule:

$$Q_{adm} = K_1 K_2 C_{th}$$

Environnement	E_1	E_2	E_3
K_1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau : Valeur de K_1

Environnement	catégorie				
	1	2	3	4	5
E_1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E_2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E_3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau : valeur de K_2

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

Tableau : valeur de la capacité théorique

4.6 - Détermination Nombre Des Voies :

- **Cas d'une chaussée bidirectionnelle** : on compare Q à Q_{adm} et on opte le profil auquel correspond la valeur de Q_{adm} la plus proche à Q .
- **Cas d'une chaussée unidirectionnelle** : le nombre de voie à retenir par chaussée est le nombre le plus proche du rapport $S.Q/Q_{adm}$.

Avec : Q_{adm} : débit admissible par voie

S : coefficient de dissymétrie, en général égale à $2/3$

5- APPLICATION AU PROJET:**5.1 - Les données de trafic:**

D'après les résultats de trafic qui nous ont été fournis par bureau d'étude de SETS nous avons :

- Le trafic à l'année **2011** $TJMA_{2011} = 7500 \text{ v/j}$
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\alpha = 4$
- La vitesse de base sur le tracé $V_B = 80 \text{ km/h}$
- Le pourcentage de poids lourds $Z = 30$
- L'année de mise en service sera en **2013**
- La durée de vie estimée de **20** ans

5.2 - Projection future de trafic :

L'année de mise en service (**2013**)

$$TJMA_h = TJMA_o (1 + \alpha)^n$$

Avec : $TJMA_h$: trafic à l'horizon (année de mise en service **2013**)

$TJMA_o$: trafic à l'année zéro (origine **2011**) .

$$\text{Donc : } TJMA_{2013} = 8112 \text{ v/j.}$$

Trafic à l'année (**2033**) pour une durée de vie de **20** Ans

$$TJMA_{2033} = 8112 \times (1 + 0,04)^{20} = 17774,39 \text{ v/j.}$$

$$\text{Donc : } TJMA_{2033} = 17774 \text{ v/j.}$$

5.3 - Calcul du trafic effectif :

$$T_{\text{eff}} = (1 - Z) + Z \cdot P^n TJMA_h$$

Avec:

P: coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds.

Pour une route à bonne caractéristique et un environnement E_1 on a **P=3**

Z: le pourcentage de poids lourds est égal à **30**

$$T_{\text{eff}} = 17774 \times [(1 - 0.3) + 3 \times 0.3] = 28438 \text{ uvp/h.}$$

$$\text{Donc : } T_{\text{eff}} = 28438 \text{ uvp/h}$$

5.4 - Débit de pointe horaire normale :

$$Q = (1/n)T_{eff}$$

Avec: $1/n$: coefficient de pointe horaire pris est égal à **0.12**

$$Q = 0.12 \times 28438 = 3412.56 \text{ uvp/h}$$

Donc : **Q = 3413 uvp/h**

5.5 - Débit admissible :

Le débit que supporte une section donnée :

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

Avec :

K_1 : coefficient correcteur pris égal à **0.75** pour E_1

K_2 : coefficient correcteur pris égal à **1** pour environnement (E_1) et catégorie (C_1)

C_{th} : capacité théorique

$C_{th} = 1800$ (d'après le **B40** pour E_1 , C_1 et pour une chaussée séparée à **2 voies**).

$$Q_{adm} = 0,75 \times 1 \times 1800$$

Donc : **Q_{adm} = 1350 uvp/h**

5.6 - Le nombre des voies :

$$N = S \times (Q/Q_{adm})$$

Avec: $S = 2/3$

$$N = (2/3) \times (3413/1350) = 1.69 \approx 2$$

Donc : **N = 2 voie /sens**

5.7 - Calcul de l'année de saturation de 2[^]2 voies:

$$T_{eff} (2013) = [(1 - 0.3) + 3 \times 0.3] \times 8112$$

$$T_{eff} (2013) = 12979.2 \quad 12979 \text{ uvp/j.}$$

$$Q_{2013} = 0,12 \times 12979 = 1558 \text{ uvp/h.}$$

Donc : **Q₂₀₁₃ = 1558 uvp/h**

$$Q_{\text{saturation}} = 4 \times Q_{\text{adm}}$$

$$Q_{\text{saturation}} = 4 \times 1350 = 5400 \text{ uvp/h.}$$

$$Q_{\text{saturation}} = (1 + \tau)^n \times Q_{2013} \Rightarrow n = \frac{\ln(Q_{\text{SATURATION}}/Q_{2013})}{\ln(1+\tau)}$$

$$n = \frac{\ln(5400/1558)}{\ln(1+0.04)} = 31.69 \approx 32 \text{ ans}$$

Donc : **n = 32 ans**

D'où notre route sera saturée **32ans** après la mise en service donc l'année de saturation est :

Année : 2045

Les calculs sont représentés dans le tableau suivant :

$TJMA_{2013}$ (v/j)	$TJMA_{2033}$ (v/j)	$T_{\text{eff}2033}$ (uvp/j)	Q_{2033} (uvp/h)	N
8112	17774	28438	3413	2

CHAPITRE III

TRACE EN PLAN

TRACE EN PLAN

1- DÉFINITION:

Le tracé en plan d'une route est obtenu par projection de tous les points de cette route sur un plan horizontale, Il est constitué en général par une succession des alignements droits et des arcs reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif.

Ce tracé est caractérisé par une vitesse de base à partir de laquelle on pourra déterminer les caractéristiques géométriques de la route.

Le tracé en plan d'une route doit permettre d'assurer de bonne sécurité et de confort.

2- RÈGLES À RESPECTER DANS LE TRACÉ EN PLAN :

- Eviter de passer sur les terrains agricoles si possibles.
- Eviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement.
- Adapter au maximum le terrain naturel.
- Appliquer les normes du **B40** si possible.
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- Respecter la cote des plus hautes eaux.
- Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.
- Se raccorder sur les réseaux existants.
- S'inscrire dans le couloir choisi.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Il est recommandé que les alignements représentent 60% au plus de la longueur totale du trajet.
- En présence des lignes électriques aérienne prévoir une hauteur minimale de 10m.

3- LES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN :

Le tracé en plan est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes, il est caractérisé par la vitesse de référence appelée ainsi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier.

Le raccordement entre les alignements droits et les courbes entre elles d'autre part, elle se fait à l'aide de **Clothoïdes** qui assurent un raccordement progressif par nécessité de sécurité et de confort des usagers de la route.

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments:

- Des droites (alignements).
- Des arcs de cercle.
- Des courbes de raccordement progressives.

3.1 – Les Alignements :

Bien qu'en principe la droite soit l'élément géométrique le plus simple, son emploi dans le tracé des routes est restreint.

La cause en est qu'il présente des inconvénients, notamment :

- De nuit, éblouissement prolongé des phares.
- Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents.
- Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.
- Mauvaise adaptation de la route au paysage.
- Il existe toutefois des cas où l'emploi d'alignement se justifie:
- En plaine ou, des sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
- Dans des vallées étroites.
- Pour donner la possibilité de dépassement.

Donc la longueur des alignements dépend de:

- La vitesse de base, plus précisément de la durée du parcours rectiligne.
- Des sinuosités précédentes et suivant l'alignement.
- Du rayon de courbure de ces sinuosités.

Règles concernant la longueur des alignements :

Une longueur minimale d'alignement L_{min} devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant **cing (5) secondes** à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon de deux arcs de cercle.

$$L_{min} = 5 \times \frac{V_B}{3.6}$$

V_B : vitesse de base en *km/h*

Une longueur maximale L_{max} est prise égale à la distance parcourue pendant **soixante (60) secondes**

$$L_{max} = 60 \times \frac{V_B}{3.6}$$

3.2 -Arcs De Cercle:

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures:

- Stabilité, sous la sollicitation centrifuge des véhicules circulant à grande vitesse.
- Visibilité en courbe.
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

Pour cela on essaie de choisir des rayons les plus grands possibles pour éviter de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

3.2.1 -Stabilité En Courbe :

- Dans un virage R un véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système, afin de réduire l'effet de la force centrifuge on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur du virage (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite devers exprimée par sa tangente .
- L'équilibre des forces agissant sur le véhicule nous amène à la conclusion suivante :

a)- Rayon horizontal minimal absolu (RHM) :

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal :

$$RHM = \frac{V_B^2}{127 (f_t + d_{max})}$$

f_t : coefficient de frottement transversal

Ainsi pour chaque V_B on définit une série de couple (R, d).

b)- Rayon minimal normal (RHN) :

Le rayon minimal normal doit permettre à des véhicules dépassant V_B de 20km/h de rouler en sécurité.

$$RHN = \frac{(V_B + 20)^2}{127 (f_t + d_{max})}$$

c)- Rayon au dévers minimal (RHd) :

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et telle que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse V_B serait équivalente à celle subie par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

Dévers associé $d_{min} = 2.5\%$ en catégorie 1 – 2

$d_{min} = 3\%$ en catégorie 3 - 4

$$RHd = \frac{V_B^2}{127 \times 2 \times d_{min}}$$

d)- Rayon minimal non déversé (RHnd):

C'est le rayon non déversé telle que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un véhicule parcourant à la vitesse V_B une courbe de devers égal à d_{min} vers l'extérieur reste inférieure à valeur limitée.

$$\text{Cat. 1 - 2} \longrightarrow RHnd = \frac{V_B^2}{127 \times 0.0035}$$

Notre projet situé dans un environnement (E_I), et classé en catégorie (C_I) avec une vitesse de base de **80km/h**, donc à partir du règlement **B40** on peut avoir le tableau suivant:

paramètres	symboles	valeurs
Vitesse (km/h)	V	80
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (7%)	250
Rayon horizontal normal (m)	RHN (5%)	450
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5%)	1000
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (-2.5%)	1400

Rayons du tracé en plan

e)- Surlargeur:

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

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

$$S = \frac{L^2}{2R}$$

L : longueur du véhicule (valeur moyenne **L = 10 m**)

R : rayon de l'axe de la route.

3.3-Les Courbes De Raccordement :

Le raccordement d'un alignement droit à une courbe circulaire doit être fait par des courbures progressives permettant l'introduction du devers et la condition du confort et de sécurité.

La courbe de raccordement la plus utilisée est la **Clothoïde** grâce à ses particularités, c'est-à-dire pour son accroissement linéaire des courbures. Elle assure à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation du devers (condition de gauchissement) et assure l'introduction de devers et de la courbure de façon à respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique qui sont limitées par unité de temps de variation de la sollicitation transversale des véhicules.

3.3.1-Rôle Et Nécessité Des Courbes De Raccordement :

L'emploi des courbes de raccordement se justifie par les quatre conditions suivantes :

- Stabilité transversale du véhicule.
- Confort des passagers du véhicule.
- Transition de la forme de la chaussée.
- Tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

3.3.2-Types De Courbe De Raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirée d'une variation continue de la courbure, nous avons retenu les trois courbes suivantes :

- Parabole cubique
- Lemniscate
- Clothoïde

a)-Parabole cubique :

Cette courbe est d'un emploi très limité vu le maximum de sa courbure vite atteint (utilisée dans les tracés de chemin de fer).

b) Lemniscate :

Cette courbe utilisée pour certains problèmes de tracés de routes « **trèfle d'autoroute** » sa courbure est proportionnelle à la longueur de rayon vecteur mesuré à partir du point d'inflexion.

c) Clothoïde :

La **Clothoïde** est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul.

La courbure de la **Clothoïde**, est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.

Parcourue à vitesse constante, la **Clothoïde** maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

-Expression mathématique de la Clothoïde:

Courbure **K** linéairement proportionnelle à la longueur curviligne

$$K = C \cdot L: K = \frac{1}{R} \Leftrightarrow L \cdot R = \frac{1}{C} \Leftrightarrow \frac{1}{R} = C \cdot L$$

On pose: $\frac{1}{C} = A^2 \Leftrightarrow$ $L \cdot R = A^2$

4- LES CONDITIONS DE RACCORDEMENT :

La longueur de raccordement progressif doit être suffisante pour assurer les conditions suivantes:

a)-Condition de confort optique :

Cette condition permet d’assurer à l’usager une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels.

L’orientation de la tangente doit être supérieure à 3° pour être perceptible à l’œil.

3° soit 1/18 rads

= L/2R > 1/18rads L > R/9 soit A > R/3

$$\boxed{R/3 \quad A \quad R}$$

Règle générale (B40) :

- R ≤ 1500m UR = 1m $L = \sqrt{24R\Delta R}$
- 1500 < R ≤ 5000m $L \geq R/9$
- R > 5000m UR = 2.5 m $L = 7.75 \sqrt{R}$

b)- Condition de confort dynamique :

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours Ut du raccordement et la variation par unité de temps de l’accélération transversale d’un véhicule.

$$L = \frac{V_B^2}{18} \left(\frac{V_B^2}{127 \times R} - \Delta d \right)$$

V_B: vitesse de base (km/h)

R : rayon en (m).

Ud : variation de dévers.

c)- Condition de gauchissement :

Cette condition a pour objet d’assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation de devers, elle s’applique par rapport à son axe.

$$\boxed{L \geq l \cdot U_d \cdot V_B}$$

L : longueur de raccordement.

l : Largeur de la chaussée.

Ud : variation de dévers.

Nota : La vérification des deux conditions relatives au gauchissement et au confort dynamique, peut se faire à l'aide d'une seule condition qui sert à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation par unité de temps, du dévers de la demie -chaussée extérieure au virage.

Cette variation est limitée à **2%**.

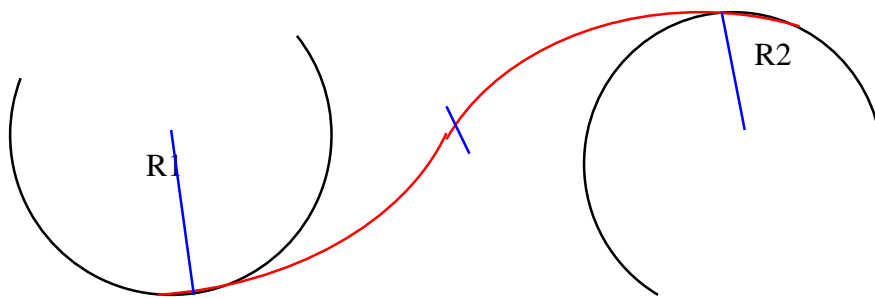
$$L \geq \frac{5 \times \Delta d \times V_B}{36}$$

5- COMBINAISON DES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN :

La combinaison des éléments du tracé en plan donne plusieurs types de courbes, on cite :

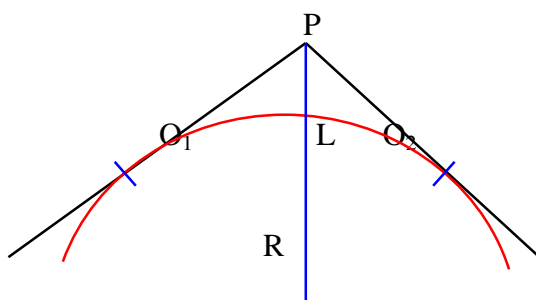
a)- Courbe en S :

Une courbe constituée de deux arcs de **Clothoïde**, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle.



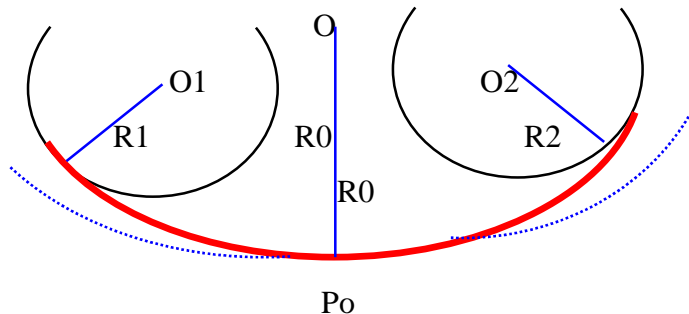
b)- Courbe à sommet :

Une courbe constituée de deux arcs de **Clothoïde**, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements.



c)- Courbe en C :

Une courbe constituée de deux arcs de **Clothoïde**, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux arcs de cercles sécants ou extérieurs l'un à l'autre.

**6- NOTION DE DEVERS :**

Le devers est par définition la pente transversale de la chaussée, il permet l'évacuation des eaux pluviales pour les alignements droits et assure la stabilité des véhicules en courbe.

La pente transversale choisie résulte d'un compromis entre la limitation de l'instabilité des véhicules lorsqu'ils passent d'un versant à l'autre et la recherche d'un écoulement rapide des eaux de pluies.

a)-Devers en alignement :

En alignement le devers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée. Il est pris égal à :

$$d_{\min} = 2.5\%$$

b)-Devers en courbe :

En courbe permet de :

- Assurer un bon écoulement des eaux superficielles.
- Compenser une fraction de la force centrifuge et assurer la stabilité dynamique des véhicules.
- Améliorer le guidage optique.

c)-Rayon de courbure :

Pour assurer une stabilité du véhicule et réduire l'effet de la force centrifuge, on est obligé d'incliner la chaussée transversalement vers l'intérieur d'une pente dite devers, exprimée par sa tangente; d'où le rayon de courbure.

d)-Calcul des devers :

Dans les alignements droits et dans les courbes de **R** **RHnd** le devers est égal à **2.5%** et pour les courbes de rayon **R < RHnd** un calcul de devers peut être fait par l'interpolation en « **1/R** ».

$$\text{RHm} < R < \text{RHn} \text{ on a: } \frac{d(R) - d(\text{RHm})}{\frac{1}{R} - \frac{1}{\text{RHm}}} = \frac{d(\text{RHm}) - d(\text{RHn})}{\frac{1}{\text{RHm}} - \frac{1}{\text{RHn}}}$$

$$\text{RHn} < R < \text{RHd} \text{ on a: } \frac{d(R) - d(\text{RHd})}{\frac{1}{R} - \frac{1}{\text{RHd}}} = \frac{d(\text{RHn}) - d(\text{RHd})}{\frac{1}{\text{RHn}} - \frac{1}{\text{RHd}}}$$

Les rayons compris entre **RHd** et **RHnd** sont au devers minimal mais des rayons supérieur à **RHnd** peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.

Raccordement de devers :

En alignement droit les devers sont de type unique et ont des valeurs constantes (**2.5%**), en courbe ils ont des valeurs supérieures (**de 3 à 7%**).

Le raccordement des alignements droits aux courbes se fait par des **Clothoïdes** :

- Dans le cas où les devers sont de même sens le raccordement sera progressif à partir du début de la Clothoïde jusqu'au début de l'arc de cercle.
- Dans le cas où les devers sont opposés, le problème se pose pour passer du devers d'alignement droit au devers de l'arc de cercle, donc il faut passer par un devers nul, ce dernier peut être placé en général à une distance **Dmin**.

$$D_{\min} = \frac{5}{36} \times v_B \Delta d \quad \text{Appelée longueur de gauchissement.}$$

- Pour les courbes en **S**, il est souhaitable de prendre le devers nul au point d'inflexion.
- Pour les courbes de raccordement de devers entre deux courbes de même sens le devers peut unique peut être conservé.

7 - LA VITESSE DE RÉFÉRENCE (DE BASE) :

La vitesse de référence (**V_r**) est une vitesse prise pour établir un projet de route, elle est le critère principal pour la détermination des valeurs extrêmes des caractéristiques géométriques et autres intervenants dans l'élaboration du tracé d'une route.

Pour le confort et la sécurité des usagers, la vitesse de référence ne devrait pas varier sensiblement entre les sections différentes, un changement de celle-ci ne doit être admis qu'en coïncidence avec une discontinuité perceptible à l'utilisateur (traversée d'une ville, modification du relief, etc.....).

a) - Choix de la vitesse de référence: Le choix de la vitesse de référence dépend de :

- Type de route.
- Importance et genre de trafic.
- Topographie.
- Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

b) - Vitesse de projet:

La vitesse de projet **V_B** est la vitesse théorique la plus élevée pouvant être admise en chaque point de la route, compte tenu de la sécurité et du confort dans les conditions normales.

On entend par conditions normales:

- Route propre sèche ou légèrement humide, sans neige ou glace;
- Trafic fluide, de débit inférieur à la capacité admissible;
- Véhicule en bon état de marche et conducteur en bonne conditions normales.

8 - PARAMÈTRES FONDAMENTAUX :

D'après le règlement des normes algériennes **B40**, pour un environnement **E1** et une catégorie **C1**, avec une vitesse de base de **80km/h**, on définit les paramètres suivants :

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse (km/h)	V	80
Longueur minimale (m)	L_{min}	111.11
Longueur maximale (m)	L_{max}	1333.33
Devers minimal (%)	D_{min}	2.5
Devers maximal (%)	D_{max}	7
Temps de perception réaction (s)	t_1	2
Frottement longitudinal	f_L	0.39
Frottement transversal	f_t	0.13
Distance de freinage (m)	d_0	65
Distance d'arrêt (m)	d_1	109
Distance de visibilité de dépassement minimale (m)	d_m	320
Distance de visibilité de dépassement normale (m)	d_n	480
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	dmd	200

Paramètres fondamentaux

9- CALCUL D'AXE :

Dans un calcul d'axe, la grande partie est celle de la courbe de clothoïde (**fig1**), cet élément géométrique particulier qui se définit par des formules mathématiques approchées.

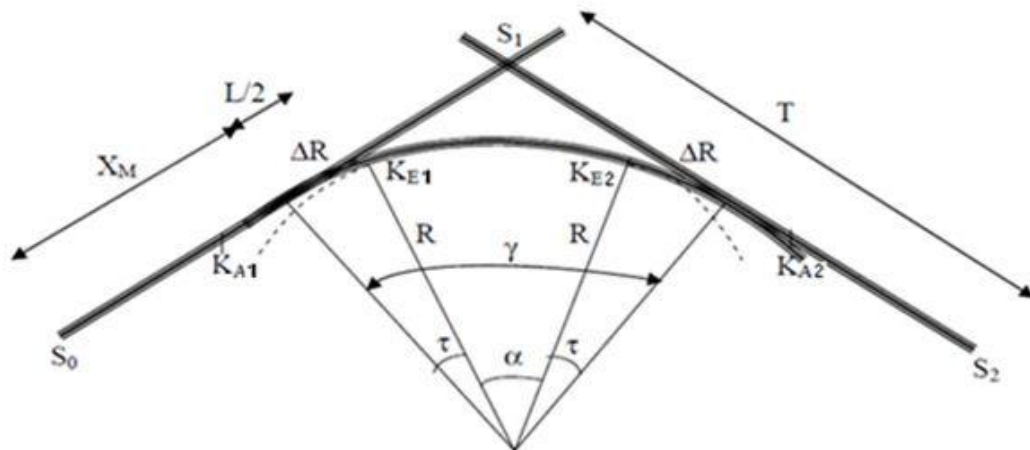


Figure -1- l'élément de la clothoïde

L'opération de calcul d'axe n'aura lieu, qu'après avoir déterminé le couloir par le quel passera la voie.

Le calcul d'axe consiste à déterminer tous les points de l'axe, en exprimant leurs coordonnées ou directions dans un repère fixe. Ce calcul se fait à partir d'un point fixe dont on connaît ses coordonnées, et il doit suivre les étapes suivantes:

- Calcul de gisements
- Calcul de l'angle α entre alignements
- Calcul de la tangente **T**
- Calcul de la corde **SL**
- Calcul de l'angle polaire \uparrow
- Vérification de non chevauchement
- Calcul de l'arc de cercle
- Calcul des coordonnées des points singuliers
- Calcul de kilométrage des points particuliers

9.1- Exemple De Calcul D'axe Manuellement :

$V_B=80Km/h$	$X (m)$	$Y (m)$	$R (m)$
<i>S0</i>	43006.063	31580.28	340
<i>S1</i>	42467.79	31838.662	
<i>S2</i>	42565.049	32214.1256	

9.1.1- Caractéristiques De La Courbe De Raccordement :

a)-Calcul du paramètre A :

On sait que : $A^2 = L \times R$

b)-Détermination de L :

b.1)-Condition de confort optique :

$$\frac{R}{3} \leq A_{\min} \leq R \quad \text{D'où } 103.33 \leq A_{\min} \leq 340$$

$$R = 340m < 1500m \Rightarrow L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \quad R = 1$$

$$L \geq \sqrt{24 \times 340 \times 1} = 90.332m \quad \text{Donc } \boxed{L \geq 90.332m} \quad (1)$$

b.2)- Condition de confort dynamique et de gauchissement :

$$L \geq \frac{5}{36} \Delta d VB \quad \text{avec : } \Delta d = d + 2.5$$

$$RHm \quad R \quad RHn$$

$$V_B = 80 \text{ Km/h} \Rightarrow R = 340 \text{ m} \text{ et } d = 5.59\%$$

$$\Rightarrow \Delta d = 5.59 + 2.5 = 8.08\%$$

$$L = \frac{5}{36} \times 8.08 \times 80 = 89.87 \text{ m} \quad \text{Donc : } L = 89.87 \text{ m} \quad (2)$$

De (1) et (2) on aura:

$$L = A^2/R \Rightarrow A = \sqrt{LR} = 175.898 \quad \text{On prend } A = 176 \text{ m}$$

c)-Calcul des Gisements :

$$S_0 S_1 \left\{ \begin{array}{l} |\Delta X| = |X_{S1} - X_{S0}| = 538.273 \text{ m} \\ |\Delta Y| = |Y_{S1} - Y_{S0}| = 258.382 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$S_1 S_2 \left\{ \begin{array}{l} |\Delta X_1| = |X_{S2} - X_{S1}| = 97.259 \text{ m} \\ |\Delta Y_1| = |Y_{S2} - Y_{S1}| = 375.464 \text{ m} \end{array} \right.$$

D'où:

$$G_{s_0}^{s_1} = 400 - \arctg \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} = 328.491 \text{ grades} \quad \text{Donc : } G_{s_0}^{s_1} = 328.491 \text{ grades}$$

$$G_{s_1}^{s_2} = \arctg \frac{|\Delta X_1|}{|\Delta Y_1|} = 16.136 \text{ grades} \quad \text{Donc : } G_{s_1}^{s_2} = 16.136 \text{ grades}$$

d)-Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |G_{s_1}^{s_2} - G_{s_0}^{s_1}| = 312.355 \text{ grades} \quad \text{Donc } \gamma = 312.355 \text{ grades}$$

e)-Calcul de l'angle τ :

$$\tau = \frac{L}{2R} \cdot \frac{200}{f} = \frac{91}{2 \times 340} \times \frac{200}{f} \quad \text{Donc } \tau = 8.52 \text{ grades}$$

f)-Vérification de non chevauchement :

$\dagger = 8.52 \text{ grades}$

$\gamma/2 = 312.355 / 2 = 156.177 \text{ grades}$ D'où : $\tau < \gamma / 2 \Rightarrow$ pas de chevauchement.

g)-Calcul des distances:

$\overline{S_1 S_0} = \sqrt{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)} = 597.075 \text{ m}$

$\overline{S_2 S_1} = \sqrt{(\Delta X_1^2 + \Delta Y_1^2)} = 387.856 \text{ m}$

h)-Calcul de la tangente T :

On a: $\frac{L}{R} = \frac{91}{340} = 0.2676$

A partir des tables de Clothoïdes ligne N° 414, on tire les valeurs suivantes:

$\frac{\Delta R}{R} = 0.002990 \Rightarrow \Delta R = 1.016m$

$\frac{X_m}{R} = 0.133899 \Rightarrow X_m = 45.52m$

$\frac{X}{R} = 0.267478 \Rightarrow X = 90.94m$

$\frac{Y}{R} = 0.011952 \Rightarrow Y = 4.06m$

$T = X_m + (R + \Delta R) \text{tg} (\gamma / 2) \text{ (m)}$

donc:

$T=325.987m$

i)-Calcul des Coordonnées SL :

$S_L = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{(90.94)^2 + (4.06)^2} = 91.03m$

donc :

$S_L = 91.03m$

j)-Calcul de † :

$\sigma = \text{arctg} \frac{Y}{X} = \text{arctg} \frac{4.06}{90.94} = 2.84 \text{ grades}$

donc :

$= 2.84 \text{ grades}$

k)-Calcul de l'arc:

$K_{E1} K_{E2} = \frac{[f \cdot R(x - 2\dagger)]}{200}$

$K_{E1} K_{E2} = \frac{[f \cdot 340 \times (312.355 - 2 \times 8.52)]}{200} = 1577.191m$

donc:

$K_{E1} K_{E2} = 1577.191m$

I)-Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$\begin{cases} X_{KA1} = X_{S1} + \sqrt{2} - T \sin(G_{s0}^{s1}) = 42761.672\text{m.} \\ Y_{KA1} = Y_{S1} + \sqrt{2} - T \cos(G_{s0}^{s1}) = 31697.593\text{m.} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KA2} = X_{S2} + T \sin(G_{s1}^{s2}) = 42549.535\text{m.} \\ Y_{KA2} = Y_{S2} + T \cos(G_{s1}^{s2}) = 32154.233\text{m.} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} + SL \sin(G_{s0}^{s1} - \sigma) = 42681.535\text{m.} \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} + SL \cos(G_{s0}^{s1} - \sigma) = 31740.557\text{m.} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} - SL \sin(G_{s1}^{s2} + \sigma) = 42530.681\text{m.} \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} - SL \cos(G_{s1}^{s2} + \sigma) = 32065.281\text{m} \end{cases}$$

Les résultats de calcul d'axe sont joints en annexe



CHAPITRE IV

PROFIL EN LONG

PROFIL EN LONG

1- DÉFINITION :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développé et représentée sur un plan à une échelle. Ou bien c'est une élévation verticale dans le sens de l'axe de la route de l'ensemble des points constituant celui-ci.

2- RÈGLES À RESPECTER DANS LE TRACÉ DU PROFIL EN LONG :

Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par le règlement en vigueur:

- Eviter les angles entrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des devers nuls dans une pente du profil en long.
- Rechercher un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais dans la partie de tracé neuve.
- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment.
- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

3-LES ÉLÉMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG :

Le profil en long est constitué d'une succession de segments de droites (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires, pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

- L'altitude du terrain naturel
- L'altitude du projet
- La déclivité du projet. etc....

4- COORDINATION DU TRACÉ EN PLAN ET PROFIL EN LONG :

Il est très nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long en tenant compte également de l'implantation des points d'échange afin:

- D'avoir une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.
- D'envisager de loin l'évolution du tracé.
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs, etc.) pour éviter les défauts résultats d'une mauvaise coordination tracé en plan et profil en long, les règles suivantes sont à suivre:
- D'augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan si le profil en long est convexe.
- D'amorcer la courbe en plan avant un point haut.
- lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.
- De faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à **6 fois** au moins le rayon en plan).

5 - DÉCLIVITÉS :

On appelle déclivité d'une route la tangente de l'angle qui fait le profil en long avec l'horizontale. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montés.

5.1 - Déclivité Minimum :

Dans un terrain plat on n'emploie normalement jamais de pente nulle de façon à ce que l'écoulement des eaux pluviales s'effectue facilement au long de la route au bord de la chaussée.

On adopte en général les pentes longitudinales minimales suivantes :

- Au moins **0,5%** et de préférences **1 %**, si possible.
- $I_{\min} = 0,5 \%$ dans les longues sections en déblai : pour que l'ouvrage d'évacuation des eaux ne soit pas trop profondément.
- $I_{\min} = 0,5 \%$ dans les sections en remblai prévues avec des descentes d'eau.

5.2 - Déclivité Maximum :

La déclivité maximale est acceptée particulièrement dans les courtes distances inférieures à **1500m**, à cause de :

- la réduction de la vitesse et l'augmentation des dépenses de circulation par la suite (cas de rampe Max).
- l'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente max.).

Donc, La déclivité maximale dépend de :

- Condition d'adhérence.
- Vitesse minimum de **PL**.
- Condition économique

V_R Km/h	40	60	80	100	120	140
$I_{max} \%$	8	7	6	5	4	4

Selon les B40

Pour notre cas la vitesse $V_R = 80$ Km/h donc la pente maximale $I_{max} = 6\%$

6 - RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG :

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long ; ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort, on distingue deux types raccords :

III.6.1 - Raccordements Convexes (Angle Saillant) :

Les rayons minimums admissibles des raccords paraboliques en angles saillants sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain et des obstacles d'une part, des distances d'arrêt et de visibilité d'autre part.

a)- Condition de confort :

Elle consiste à limiter l'accélération verticale à laquelle le véhicule sera soumis lorsque le profil en long comporte une forte courbure convexe.

Limitation de l'accélération verticale :

$g/40$ pour cat. **1-2**

$$V_r^2/R_v < g/40$$

Pour $g=10\text{m/s}$

$$R_{V \min} = \begin{cases} 0,3 V_r^2 & \text{pour cat 1 - 2} \\ 0,23 V_r^2 & \text{pour cat 3 - 4 - 5} \end{cases}$$

Dans notre cas $R_{v \min} = 0.3 V_r^2$

Avec : R_v : rayon vertical (m)

V_r : vitesse référence (Km/h).

b)- Condition de visibilité :

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme conditions supplémentaires à celle de confort.

Il faut que deux véhicules circulent en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_v = \frac{D_1^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{h_0 h_1})}$$

D_1 : distance d'arrêt (m)

h_0 : hauteur de l'œil (m)

h_1 : hauteur de l'obstacle (m)

✓ dans le cas d'une route unidirectionnelle « bretelles » :

$$h_0 = 1.1 \text{ m}, h_1 = 0.15 \text{ m}$$

On trouve : $R_v = 0.24 d_1^2$

6.2 - Raccordements Concaves (Angle Rentrant) :

Dans un raccordement concave, les conditions de visibilité du jour ne sont pas déterminantes, lorsque la route n'est pas éclairée la visibilité de nuit doit par contre être prise en compte.

Cette condition s'exprime par la relation :

$$R_v' = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0.035d_1)}$$

Avec : R_v' : rayon minimum du cercle de raccordement.

d_1 : distance d'arrêt.

c)- Condition esthétique :

Il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivités sur des distances courtes, pour éviter cet effet on imposera une longueur de raccordement minimale et (**b >50**) pour des devers **d < 10%** (spécial échangeur).

$$R_{v_{min}} = 100 \times \frac{50}{\Delta d(\%)}$$

Avec : d : changement des devers.

$R_{v_{min}}$: rayon vertical minimal.

7 - CARACTÉRISTIQUES DES RAYONS EN LONG :

Pour le cas de la **RN07**, on a respecté les paramètres géométriques concernant le tracé de la ligne rouge sont donnés par le tableau suivants (*selon le B40*) :

On a environnement (E1) ,catégorie (C1) et vitesse de base (Km /h) .

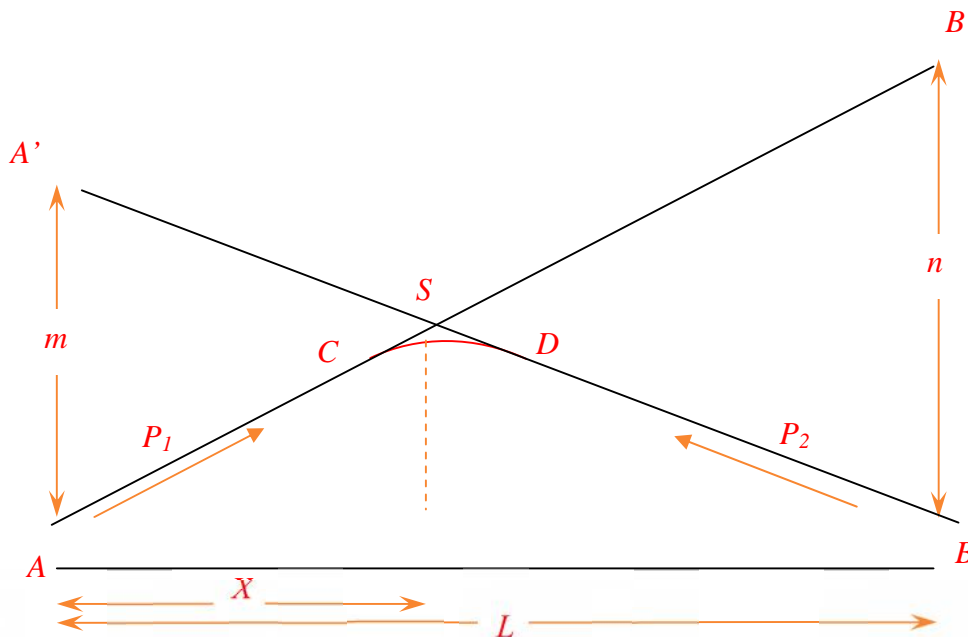
Rayon en angle saillant <i>RV</i>	Route unidirectionnelle : (2x2 voies)	
	$R_{v_{ml}}$ (minimal absolu) en m	2500
	$R_{v_{nl}}$ (minimal normal) en m	6000
Rayon en angle rentrant <i>RV</i>	Route unidirectionnelle :(2x2 voies)	
	$R'_{v_{ml}}$ (minimal absolu) en m	2400
	$R'_{v_{nl}}$ (minimal normal) en m	3000
Déclivité maximale	$I_{max}(\%)$	6

8- DÉTERMINATION PRATIQUES DU PROFIL EN LONG :

Pratiquement, le calcul des raccordements se fait de la façon suivante :

- Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) les points **A, B, S**.
- Donnée le rayon **R**.

Cas d'un rayon convexe :



$$A \begin{cases} X_A = 362.8m \\ Z_A = 1028.33m \end{cases} \quad S \begin{cases} X_S = 1085.67m \\ Z_S = 1034.74m \end{cases} \quad B \begin{cases} X_B = 1573.02m \\ Z_B = 1029.69m \end{cases}$$

$$R = -13401.42$$

a)- Calcul des pentes :

$$P_1 = \frac{1034.74 - 1028.33}{1085.67 - 362.8} = 0.0089 \quad P_1 = 0.89\%$$

$$P_2 = \frac{1029.69 - 1034.74}{1573.02 - 1085.67} = -0.0104 \quad P_2 = -1.04\%$$

b)- Calcul de la tangente :

- $T = (13401.42 / 2) \times (0.0089 + 0.0104) = 128.85m$

c)- Calcul des coordonnées des points de tangentes :

- $C \begin{cases} X_C = 1085.67 - 128.85 = 956.818m \\ Z_C = 1034.74 - 128.85 \times 0.0089 = 1033.597m \end{cases}$

$$\bullet D \begin{cases} X_D = 1085.67 + 128.85 = \mathbf{1214.522\ m} \\ Z_D = 1034.74 - 128.85 \times 0.0104 = \mathbf{1033.405\ m} \end{cases}$$

d)- Calcul de la longueur de raccordement:

$$L = 2 \times T = 2 \times 128.85 = \mathbf{257.704\ m}$$

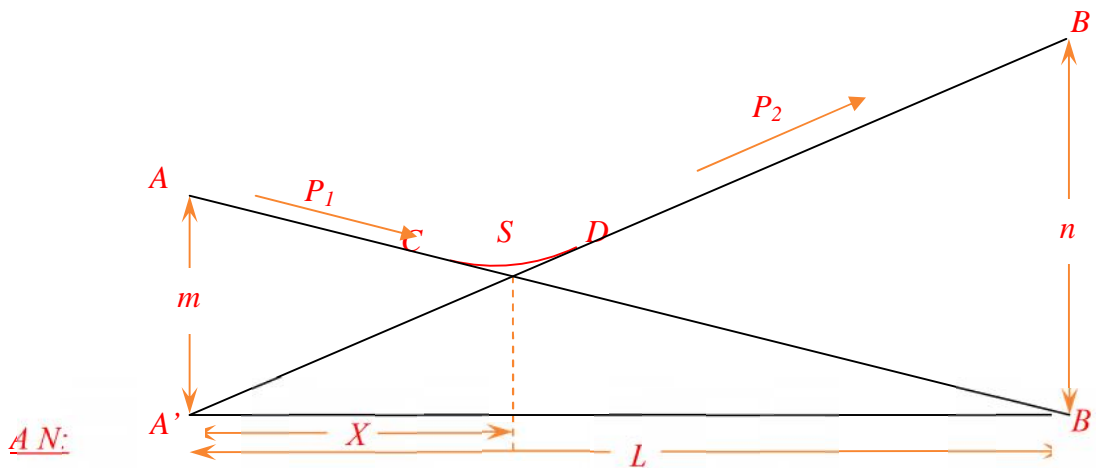
e)- Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (J):

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

$$\begin{cases} X_{J/A} = 13401.42 \times 0.0089 = \mathbf{119.27\ m} \\ Z_{J/A} = 119.27 \times 0.0089 - \frac{(119.27)^2}{2 \times 13401.42} = \mathbf{0.531\ m} \end{cases}$$

$$J \begin{cases} X_J = X_C + X_{J/A} = 956.818 + 119.27 = \mathbf{1076.09\ m} \\ Z_J = Z_C + Z_{J/A} = 1033.597 + 0.531 = \mathbf{1034.128\ m} \end{cases}$$

▪ $R = 6762.94$ Cas d'un rayon concave :



$$A \begin{cases} X_A = 2017.94\ m \\ Z_A = 1025.08\ m \end{cases} \quad S \begin{cases} X_S = 2582.81\ m \\ Z_S = 1019.23\ m \end{cases} \quad B \begin{cases} X_B = 2794.98\ m \\ Z_B = 1020.94\ m \end{cases}$$

a)- Calcul des pentes :

$$P_1 = \frac{Z}{X} = \frac{1019.23 - 1025.08}{2582.81 - 2017.94} = -0.0104 \quad P_1 = \mathbf{-1.04\%}$$

$$P_2 = \frac{Z}{X} = \frac{1020.94 - 1019.23}{2794.98 - 2582.81} = 0.0081 \quad P_2 = \mathbf{0.81\%}$$

b)- Calcul de la tangente :

$$\bullet T = (6762.94/2) \times (0.0104 + 0.0081) = \mathbf{62.27m}$$

c)- Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$\bullet C \begin{cases} X_C = 2582.81 - 62.27 = \mathbf{2520.537m} \\ Z_C = 1019.23 + 62.27 \times 0.0104 = \mathbf{1019.875 m} \end{cases}$$

$$\bullet D \begin{cases} X_D = 2582.81 + 62.27 = \mathbf{2645.083m} \\ Z_D = 1019.23 + 62.27 \times 0.0081 = \mathbf{1019.732 m} \end{cases}$$

d)- Calcul de la longueur de raccordement:

$$L = 2 \times T = 2 \times 62.27 = \mathbf{124.546m}$$

e)- Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (J):

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

$$\begin{cases} X_{J/A} = 6762.94 \times 0.0104 = \mathbf{70.33 m} \\ Z_{J/A} = 70.33 \times 0.0104 - \frac{(70.33)^2}{2 \times 6762.94} = \mathbf{0.365m} \end{cases}$$

$$J \begin{cases} X_J = X_C + X_{J/A} = \mathbf{2520.537 + 70.33 = 2590.867m} \\ Z_J = Z_C - Z_{J/A} = \mathbf{1019.875 - 0.365 = 1019.50m} \end{cases}$$

CHAPITRE V

PROFIL EN TRAVERS

PROFILS EN TRAVERS

1 - DÉFINITION :

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 » 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 PROFILS TRAVERS :

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

2.1- profil en travers type :

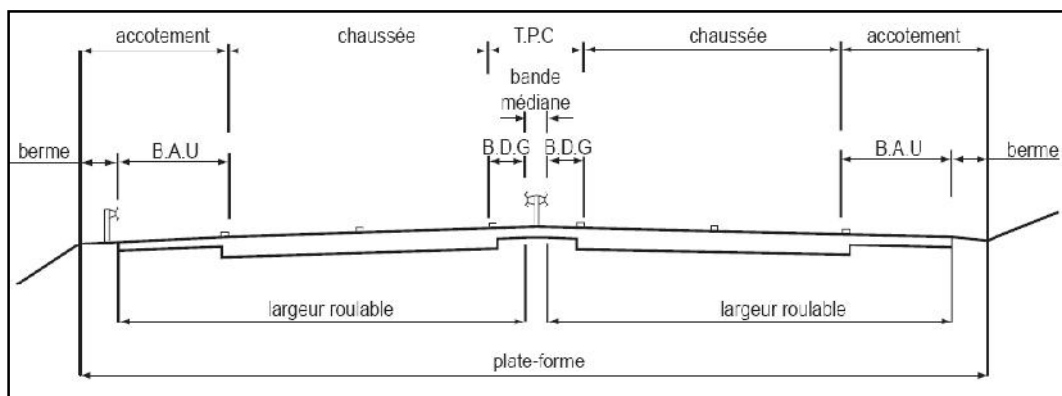
Il contient tous les éléments constructifs de la future route dans toutes les situations (en remblai, en déblai, en alignement et en courbe).

2.2- profil en travers courants :

Se sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel (accidenté ou plat).

3-LES ÉLÉMENTS DE COMPOSITION DU PROFILS EN TRAVERS:

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



a)-La chaussée :

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

La route peut être à chaussée unique ou à chaussée séparée par un terre-plein central.

b)-La largeur roulable:

Elle comprend les surlargeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt.

Surlargeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

c)-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.

d)-Assiette :

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

e)-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.

f)-Les accotements :

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 de guidage.
- Une bande d'arrêt.
- Une berme extérieure.

g)-Le terre-plein central :

Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :

- Les surlargeurs de chaussée (bande de guidage).
- Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.

h)-Le fossé :

C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et talus et les eaux de pluie.

4- LE PROFIL EN TRAVERS TYPE DU PROJET:

Notre voie express comportera un profil en travers type, qui contient les éléments

Constructifs suivants :

- deux chaussées de deux voies de 3.5m chacune : $(2 \times 3,5) \times 2 = 14,00\text{m}$.
- Un terre plein central de 2 m .
- Un accotement de 1.8m pour chaque coté. : $2 \times 1,8 = 3,6 \text{ m}$.

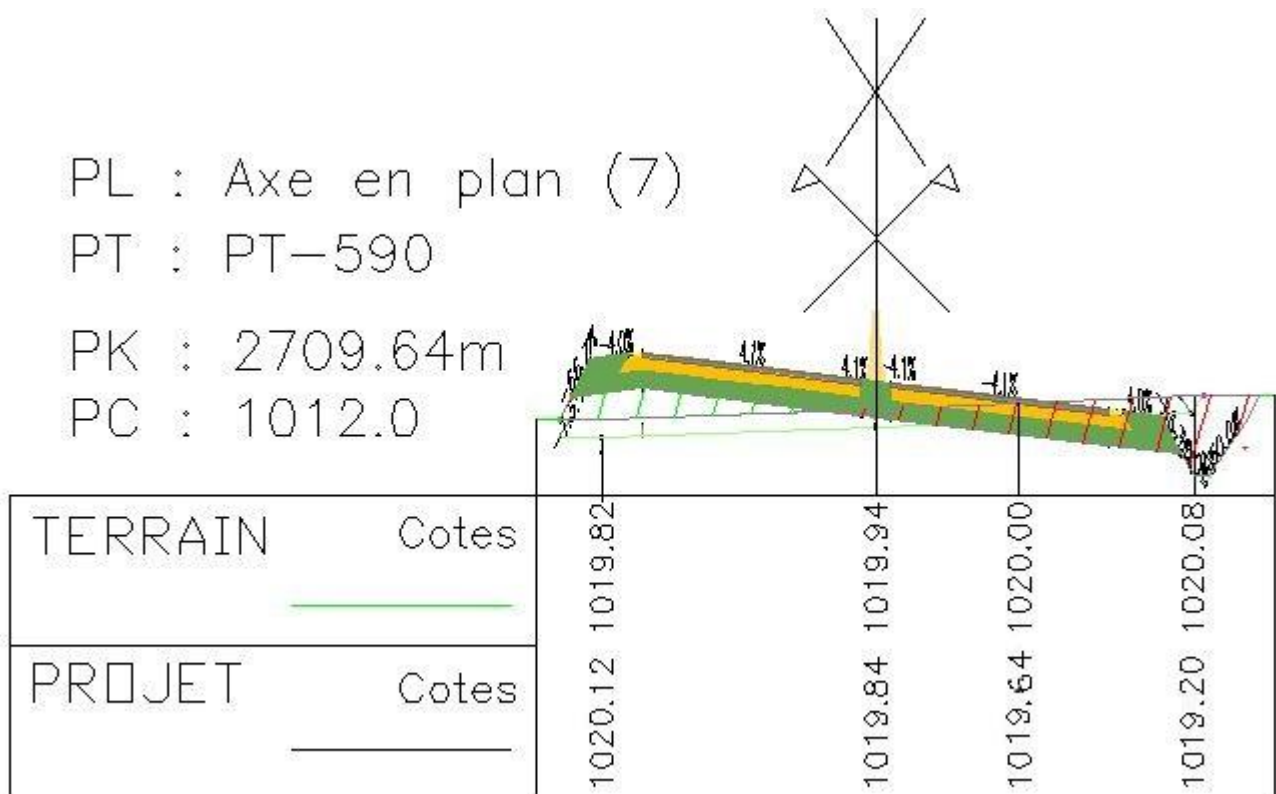
La largeur de la plate forme de la voie express est de 19,6m

PL : Axe en plan (7)

PT : PT-590

PK : 2709.64m

PC : 1012.0



CHAPITRE VI

CUBATURES

CUBATURES

1- INTRODUCTION:

La réalisation d'un ouvrage nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel l'ouvrage va être implanté.

Pour les voies de circulations ceci est très visible sur les profils en longs et les profils en travers.

Cette modification s'effectue soit par apport de terre sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support remblai.

Soit par excavation des terres existantes au dessus du niveau de la ligne rouge : déblai.

Pour réaliser ces voies il reste à déterminer le volume de terre qui se trouve entre le tracé du projet et celui du terrain naturel. Ce calcul s'appelle (les cubatures des terrassements).

2- DEFINITION :

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

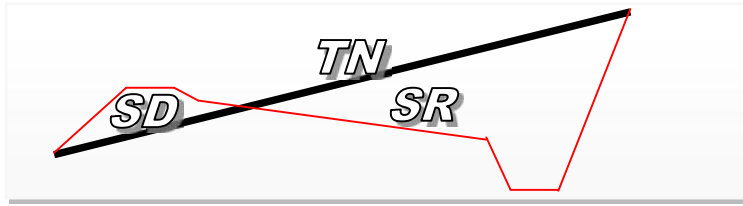
- les profils en long.
- les profils en travers.
- Les distances entre les profils.

Les profils en long et les profils en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

3- Méthode de calcul des cubatures :

Ayant dessiné le profil en travers du terrain au droit des sections transversales de la plate forme de voie (une fois tous les 50m et à chaque point de changement de déclivité de la ligne rouge ou du profil en long du terrain naturel)

Nous considérons sur ce profil en travers du terrain naturel, le profil type lui correspondant (profil en travers type en remblai, en alignement droit ou en courbe)



Nous calculons les surfaces SD et SR de déblai et de remblai pour chaque profil en travers

3-1. Formule de Mr SARRAUS :

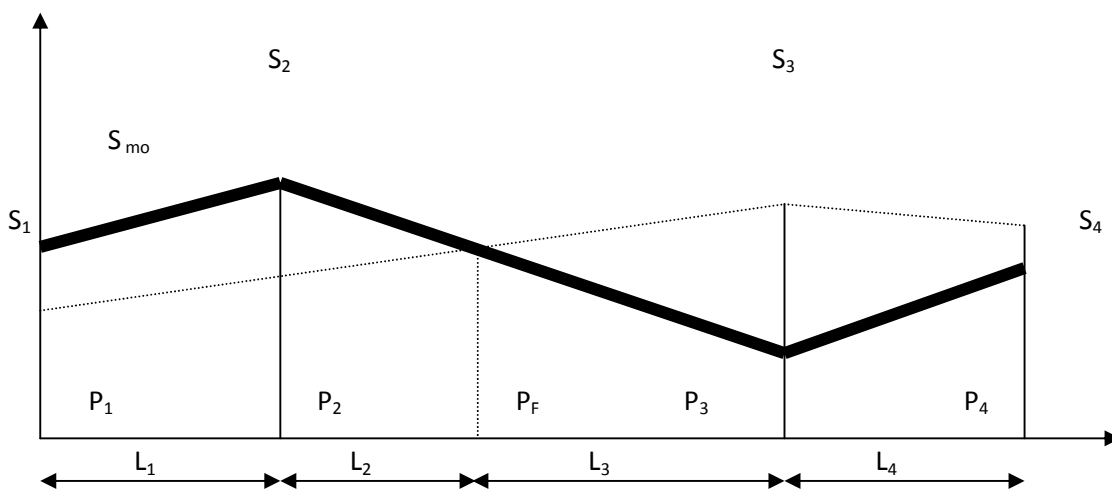
On calcule séparément les volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs en utilisant la formule des trois niveaux ou formule au prismoïde.

$$V = (h/6) \times (S_1 + S_2 + 4S)$$



P_f : profil fictif surface nulle

S_1 et S_2 : surface des deux profils en travers P_1 et P_2



L_i : distance entre ces deux profils

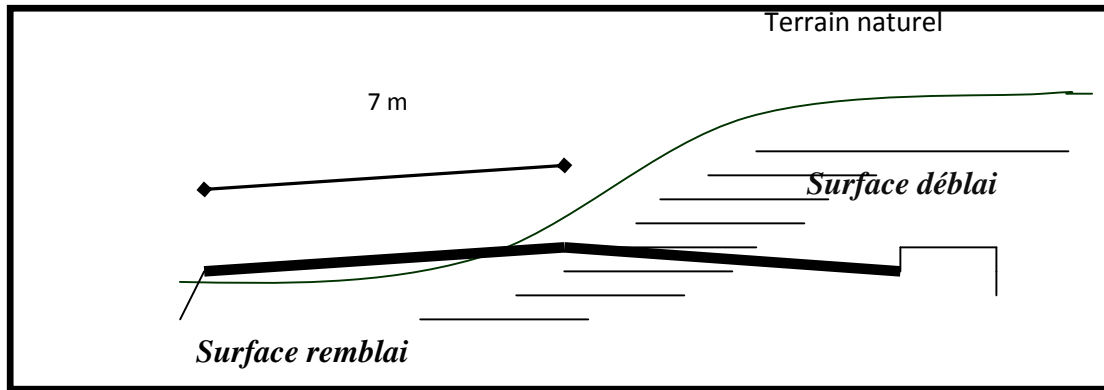
S : Base intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance de P_1 et P_2)

Si on applique la formule de SARRAUS, le volume entre P₁ et P₂ de surface S₁ et S₂ sera :

$$V_1 = L_1 / 6(S_1 + S_2)$$

Le volume total de terre pour la figure de l'exemple ci-dessus est :

$$V = L_1 (S_1 + S_2) / 2 + L_2 S_2 / 2 + L_3 S_3 / 3 + L_4 (S_3 + S_4) / 2$$



Coupe transversale d'une chaussée.

4- Calcul des cubatures de terrassement :

Le calcul s'effectue à l'aide de logiciel (AutoCAD Civil 3D)

4.1. Résultats des calculs des cubatures :

Pour le calcul automatique des cubatures on a utilisé le logiciel (AutoCAD Civil 3D), les résultats sont en annexes.

- Volume de Déblai = **31216m³**
- Volume de Remblai = **29224m³**

Voir ((Annexe))

CHAPITRE VII

ETUDE

GÉOTECHNIQUE



ETUDE GEOTECHNIQUE

1-INTRODUCTION :

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de chaussée.

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.

L'exécution d'un projet routier nécessite une bonne connaissance des terrains traversés; Ce qui exige des reconnaissances géotechniques.

2-LES MOYENS DE LA RECONNAISSANCE :

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

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

2.1-L'étude Des Archives Et Documents Existants :

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

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

2.2-Les Visite Sur Site Et Les Essais « in-situ » :

Les visites sur site permettent de vérifier et de préciser les informations déjà recueillies sur les documents précédemment cités. Cependant, la connaissance précise des caractéristiques des sols en présence nécessite des investigations « in-situ » permettant :

- Soit la mesure de certaines caractéristiques en place.
- Soit le prélèvement d'échantillons pour les besoins d'essais de laboratoire.

Dans la plupart des cas, ces deux éléments sont combinés.

2.2.1-La reconnaissance « in-situ » :

La première reconnaissance visuelle, permet d'arrêter un premier programme de reconnaissance « in-situ » en fonction des sols rencontrés et des problèmes géotechniques pressentis.

Le programme peut comprendre une gamme assez variée d'investigation que l'on présentera succinctement dans ce qui suit :

a)-Les forages :

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

Les forages permettent aussi de reconnaître le niveau des nappes éventuelles et le suivi de leur niveau à l'aide de types piézométrique.

Les forages peuvent être réalisés :

Manuellement : ce sont des puits creusés à la main ou à la pelle mécanique, la profondeur ne dépasse pas 3 à 4m.

Ils permettent la reconnaissance visuelle directe des parois du puits et le prélèvement d'échantillons intacts et ou remaniés.

A la tarière : la tarière est un outil hélicoïdal que l'on enfonce dans le sol et permettent de remonter en surface les terrains traversés à l'état remanié.

La profondeur de la reconnaissance est limitée à une dizaine de mètres et la nature de sols est identifiée visuellement.

A la sondeuse : on peut atteindre plusieurs dizaines de mètres de profondeur en utilisant des tubes carottiers et couronnes diamantées.

Les couches de sols sont identifiées visuellement, des échantillons intacts ou remaniés sont prélevés pour les essais de laboratoire.

b)- Les méthodes géophysique :

La prospection sismique : le principe consiste à mesurer la vitesse de propagation des ondes primaires ou ondes P (les plus rapides) et à en déduire la nature du sol traversé.

<i>Nature du sol</i>	<i>Vitesse V_p (m/s)</i>
<i>Argiles et limons</i>	400-1500
<i>Sables et gravies</i>	300-1200
<i>Roches altérés</i>	800-2500
<i>Roches massives</i>	200-6000

Quelques valeurs de vitesses d'ondes P en fonction de la nature du sol

Ces méthodes permettent de déterminer de façon approximative l'épaisseur des différentes couches et leur nature, elles ne s'appliquent pas dans le cas de fortes teneurs en eau.

La prospection électrique :

Cette méthode est basée sur la mesure de la résistance électrique d'un volume de sol entre deux électrodes placées en surface, elle permet de connaître les différentes couches de sols et leurs épaisseurs, et en général de contrôler l'homogénéité des terrains.

La méthode est bien adaptée pour les sols à fortes teneurs en eau.

c)-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 sont utilisés :

- Pénétromètre dynamique.
- Le standard pénétromètre test ou SPT.
- Pénétromètre statique.

2.3 - Les Différents Essais En Laboratoire :

Les essais réalisés en laboratoire sont :

- Les essais d'identification.
- Les essais mécaniques.

Les essais d'identification:

- Teneur en eaux et masse volumique.
- Analyse granulométrique.
- Limites d'Atterberg.
- Equivalent de sable.
- Essai au bleu de méthylène (ou à la tache).

Les essais mécaniques :

- Essai PROCTOR.
- Essai CBR.
- Essai Los Angeles.
- Assai Micro Deval.

2.3.1 - Les Essais D'identification :**a)-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 $w = W_w/W_s$

Masse volumique : (ρ) est la masse d'un volume unité de sol : $\rho = W/V$.

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

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.

Domaine d'utilisation: cet essai utilise pour classer les différents types de sols.

b) -Analyses granulométriques :

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.

Principe d'essai : l'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis et passoires reposants sur un fond de tamis un matériau en plusieurs classes de tailles décroissantes

But de l'essai : c'est un essai qui a pour objet de la détermination en poids des éléments d'un sol (matériau) suivant leurs dimensions (cailloux, gravier, gros sable, sable fin, limon et argile).

Domaine d'utilisation: la granulométrie est utilisée pour la classification des sols en vue de leur utilisation dans la chaussée.

c)-Limites d'Atterberg :

Limite de plasticité (W_p) : caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plasticité.

Elle varie de 0% à 100%, mais elle demeure généralement inférieure à 40%.

Limite de liquidité (W_L) : caractérisant le passage du sol de l'état plastique à l'état liquide

$$W_L = (N/25)^{0.121}$$

: teneur en eau au moment de l'essai donnant N coups

N: nombre de coups

L'indice de plasticité (I_p), $I_P = W_L - W_P$

Principe de l'essai : la détermination de W_L et W_P nous donnent une idée approximative des propriétés du matériau étudié, elle permet de classer grâce à l'abaque de plasticité de Casagrande.

But de l'essai : cet essai permet de prévoir le comportement des sols pendant les opérations de terrassement, en particulier sous l'action de la teneur en eau, il se fait uniquement sur les éléments fins du sol (caractériser les sols fins).

Domaine d'application: l'essai s'applique aux sols fins pendant les opérations de terrassement dans le domaine des travaux publics (assises de chaussées y compris les couches de forme)

d)-Equivalent de sable :

Lorsque les sols contiennent très peu des particules fines, les limites D'ATTERBERG ne sont pas mesurables, pour décaler la présence en quantité plus ou moins importante de limon et d'argile, on réalise un essai appelé « équivalent de sable ».

Principe de l'essai : l'essai équivalent de sable s'effectue sur la fraction des sols passant au tamis de 5mm ; il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments les plus fins contenus dans cette fraction, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments dits sableux et les éléments plus fins (argileux par exemple).

But de l'essai : cet essai permet de mettre en évidence la proportion de poussière fine nuisible dans un matériau. Et surtout utilisé par les matériaux routiers et les sables à béton. Car il permet de séparer les sables et graviers des particules fines comme les limons et argiles.

Cet essai très intéressant révèle au laboratoire et sur chantier grâce à sa simplicité, sa rusticité, son faible coût et sa rapidité.

Domaine d'application: cette détermination trouve son application dans de nombreux domaines notamment les domaines suivants :

- classification des sols.
- Etude des sables et sols fins peu plastique.
- Choix et contrôle des sols utilisables en stabilisation mécanique.
- Choix et contrôle des sablés à béton.
- Contrôles des sables utilisés en stabilisation chimique.
- Choix et contrôle des granulats pour les enrobés hydrocarbonés.

e)-Essai au bleu de méthylène (ou à la tache) :

Les molécules de bleu de méthylène ont pour propriété de se fixer sur les surfaces externes et internes des feuillets d'argile, la quantité de bleu adsorbée par 100gramme de sol s'appelle « Valeur Au Bleu » du sol et est notée VBs, la VBs reflète globalement :

- La teneur en argile (associée à la surface externe des particules).
- L'activité de l'argile (associée à la surface interne).

L'essai consiste à mettre en suspension une fraction de sol (0/d) avec d 10mm et à ajouter à cette suspension des doses successives de 5 ml d'une solution de bleu de méthylène jusqu'à apparition d'une auréole bleue autour de la tâche constituée par le sol, l'auréole bleue indique l'excès de cette solution dans les particules d'argile.

La valeur VBs est alors calculée à l'aide de la relation :

$VBs = VBs (0/d) \times C (0/d) / 100C (0/d)$ étant le pourcentage de la fraction 0/d du sol étudié.

2.3.2-Les Essais Mécaniques :

a) - Essai PROCTOR :

L'essai Proctor est un essai routier, il s'effectue à l'énergie dite modifiée, il y a aussi l'énergie normale.

Principe de l'essai : l'essai consiste à mesurer le poids volumique sec d'un sol dispose en trois couches dans un moule Proctor de volume connu, dans chaque couche étant compacte avec la dame Proctor, l'essai est répété plusieurs fois et on varie à chaque fois la teneur en eau de l'échantillon et on fixe l'énergie de compactage.

Les grains passants par le tamis de **5 mm** sont compactés dans le moule Proctor.

But de l'essai : l'essai Proctor consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage (la réduction de son volume par réduction des vides d'air) et une teneur en eau c'est-à-dire la détermination de la teneur en eau optimale et la densité sèche maximale, pour un compactage bien défini.

Domaine d'utilisation: cet essai est utilisé pour les études de remblai en terre, en particulier pour les sols de fondations (route, piste d'aérodromes).

b) - Essai C.B.R (California Bearing Ratio): On réalise en général trois essais :

« CBR standard », « CBR immédiat », « CBR imbibé ».

On s'intéresse actuellement au « CBR imbibé ».

Principe de l'essai : on compacte avec une dame standard dans un moule standard, l'échantillon de sol recueilli sur le site, selon un processus bien déterminé, 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.

Les passants sur le tamis inférieur à **20 mm** dans le moule CBR.

But de l'essai : l'essai a pour but de déterminer pour un compactage d'intensité donnée la teneur en eau optimum correspondant, elle permet d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement.

Domaine d'utilisation: cet essai est utilisé pour dimensionnement des structures des chaussées et orientation les travaux de terrassements.

c)- Essai Los Angeles :

L'essai *L.A* est un essai très fiable est de très courte durée, il nous permet d'évaluer la qualité du matériau.

Principe de l'essai : l'essai consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à **1,6 mm** produite en soumettant le matériau aux chocs de boulets normalisés dans la machine Los Angles.

But de l'essai : l'essai a pour but de déterminer la résistance à la fragmentation par choc et la résistance obtenue par frottement des granulats.

Domaine d'application: l'essai s'applique aux granulats d'origine naturelle ou artificielle utilisés dans le domaine des travaux publics (assises de chaussées y compris les couches de roulement)

d)- Essai Micro Deval :

Il est en général effectué deux essais, pour avoir deux coefficients (Deval sec) et (Deval humide).

On s'intéresse actuellement au MDE (DEVAL humide) qui est de plus en plus pratiquée.

Principe de l'essai : l'essai consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à **1.6 mm**

(Tamis de **1.6 mm**) produits dans la machine Deval par les frottements réciproques.

But de l'essai : l'essai Micro-Deval humide permet de mesurer la résistance à l'usure des matériaux dans des conditions bien définies. Cette résistance à l'usure pour certaines roches n'est pas la même à sec ou en présence d'eau.

Domaine d'application: choix des matériaux utilisés dans les structures de chaussée.

3 - CONDITION D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS :

Les remblais doivent être constitués de matériaux provenant de déblais ou d'emprunts éventuels.

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- Pierre de dimension > 80mm.
- Matériaux plastique $I_p > 20\%$ 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 30cm 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: À 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 à notre projet.

CHAPITRE VIII
DIMENSIONNEMENT
DU CORPS DE
CHAUSSEE



DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

1. INTRODUCTION :

La qualité d'un projet routier ne se limite pas seulement à l'obtention de bon tracé en plan et d'un bon profil en long, en effet une fois réalisée, la route devra résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation action des essieux des véhicules et notamment les poids lourds.

En effet des gradients thermiques, pluie, neige, verglas etc...., pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques qui lui permettra de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial. Celle-ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser. Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude.

Il s'agit en même temps de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Tout cela en fonction de paramètres fondamentaux suivants :

- Le trafic
- L'environnement de la route (le climat essentiellement)
- Le sol support

2. DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEES :

2.1. Chaussée souple :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

- les sols et matériaux pierreux granulométrie étalée ou serrée.
- les liants hydrocarbonés qui donnent de la cohésion en établissant des liaisons souples entre les grains de matériaux pierreux.

La chaussée souple se compose généralement de trois couches différentes :

Couche de roulement (de surface ou encore d'usure) :

La couche de surface subit directement les agressions du trafic et du climat, elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqué par la circulation.

Elle est en général composée d'une couche de roulement qui a pour rôle :

- D'imperméabiliser la surface de chaussée
- D'assurer la sécurité (par l'adhérence)
- D'assurer le confort des usages (diminution de bruit, bon uni)

La couche de liaison a pour rôle essentiel, d'assurer une transition, avec les couches inférieures les plus rigides.

En général, l'épaisseur de la couche de roulement varie entre 6 et 8 cm.

Couche de base :

Pour résister aux déformations permanentes sous l'effet de trafic ainsi lâche du sol, elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm.

Couche de fondation :

Elle assure un bon uni et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, elle au même rôle que celui de la couche de base.

Couche de forme :

- À court terme, la couche de forme doit assurer la traficabilité quasi tout temps des engins approvisionnant les matériaux de la couche de fondation, permettre le compactage efficace de la couche de fondation, satisfaire les exigences de nivellement de la plate-forme support de chaussée et assurer la protection de l'arase de terrassement vis-à-vis des agents climatiques dans l'attente de la réalisation de la chaussée.
- À long terme, elle doit permettre d'homogénéiser la portance du support pour concevoir des chaussées d'épaisseur constante, de maintenir dans le temps, en dépit des fluctuations de l'état hydrique des sols supports sensibles à l'eau, une portance minimale pouvant être estimée avec une précision suffisante au stade du dimensionnement de la structure de chaussée et d'améliorer la portance de la plate-forme pour optimiser le coût de l'ensemble couche de forme - structure de chaussée.

L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70 cm.

2.2. Chaussée semi –rigide : On distingue :

Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulat,...).

La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l’intermédiaire d’une couche de liaison également en enrobé strictement minimale doit être de 15 cm. Ce type de chaussée n’existe à l’heure actuelle qu’à titre expérimental en Algérie.

Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

2.3. Chaussée rigide :

Elle est constituée d’une dalle de béton, éventuellement armée (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) reposant sur une couche de fondation qui peut être un grave stabilisée mécaniquement, un grave traité aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques.

3. FACTEURS POUR LES ETUDES DE DIMENSIONNEMENT :

Toutes les méthodes de dimensionnement basées sur la connaissance de certains paramètres fondamentaux liés au :

3.1. Trafic :

Le trafic principalement le poids lourds est l’un des paramètres prépondérants dans la conception des structures, il intervient en fait d’abord dans le choix des matériaux puis dans le dimensionnement proprement dit de façon plus détaillée , le trafic gouverne les choix suivants :

- Choix d’un niveau de service qui se traduira notamment par le choix de la couche de surface.
- Choix de l’épaisseur des structures qui implique la fixation d’un niveau de risque.

Il est apparu nécessaire de caractériser le trafic à partir de deux paramètres :

1. De trafic poids lourds « T » à la mise en service, résultat d’une étude de trafic et de comptages sur les voies existantes.
2. De trafic cumulé équivalent sur la période considérée qui est donnée par :

$$N = T \times A \times C \times 10^3$$

T: Trafic PL.

A: Facteur d’agressivité.

C: Facteur de cumul.

$$C = 365 \times \frac{[(1 + \tau)^n - 1]}{\tau} \times 10^{-3}$$

τ : Taux de croissance du trafic.

n: Nombre d’années de service (durée de vie) de la chaussée.

3.2. Environnement :

L'environnement extérieur de la chaussée est l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement, la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, la température a une influence marquée sur les propriétés des matériaux bitumineux et conditionne la fissuration des matériaux traités par des liants hydrauliques.

3.3. Le sol support:

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate – forme support de chaussée » constitué du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme. Les plates-formes sont définies à partir :

- De la nature et de l'état du sol.
- De la nature et de l'épaisseur de la couche de forme.

4. PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

On distingue deux familles des méthodes :

Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées.

Les méthodes dites « rationnelles » basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

Les méthodes du dimensionnement de corps de chaussée les plus utilisées sont :

- La méthode de C.B.R (California -Bearing - Ratio)
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves
- Méthode du catalogue des structures
- La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)

Pour le dimensionnement du corps de chaussée dans notre projet on va utiliser deux méthodes qui sont: la méthode dite CBR et la méthode de C.T.T.P.

4.1. Méthode de C.B.R :

C'est une méthode (semi-empirique) qui s'est basé sur essai de poinçonnement sur un échantillon de sol support en compactant des éprouvettes à (90-100%) de l'optimum Proctor modifier sur une épaisseur d'eau moins de 15 cm .

L'épaisseur est donnée par la formule suivant :

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

N : Désigne le nombre moyen de plus de camion 1500 Kg à vide.

P : Charge par roue $P = 6.5$ t (essieu 13 t).

\log : Logarithme décimal.

I_{CBR} : Indice portant C.B.R.

L'épaisseur équivalente :

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante : $E_q = \sum e_{réelle} \times a_i$

- $e_1 \times a_1$: couche de roulement.
- $e_2 \times a_2$: couche de base.
- $e_3 \times a_3$: couche de fondation.

Les valeurs usuelles du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé sont données dans le tableau suivant :

<i>Matériaux utilisés</i>	<i>Coefficient d'équivalence « $\frac{-}{a_i}$ »</i>
<i>Béton bitumineux ou enrobe dense</i>	<i>2.00</i>
<i>Grave ciment – grave laitier</i>	<i>1.50</i>
<i>Sable ciment</i>	<i>1.00 à 1.20</i>
<i>Grave concasse ou gravier</i>	<i>1.00</i>
<i>Tuf</i>	<i>0.7 à 0.8</i>
<i>Grave roulée – grave sableuse T.V.O</i>	<i>0.75</i>
<i>Sable</i>	<i>0.50</i>
<i>Grave bitume</i>	<i>1.50 à 1.70</i>

Les valeurs des coefficients d'équivalence

4.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées (trafic, matériaux, sol support et environnement..).

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelles qui se base sur deux approches :

- Approche théorique.
- Approche empirique.

5. APPLICATION AU PROJET :

Pour le dimensionnement du corps de chaussée on va utiliser deux méthodes les applicables en Algérie qui sont:

- La méthode dite CBR
- la méthode du catalogue des chaussées neuves « CTTP ».

5. 1. Méthode CBR :

- Trafic de la mise en service : $TJMA_{2013} = 8112 V/J$
- Le trafic à l'année horizon c'est à dire à la 20^{ème} année d'exploitation avec : $n=20$ et $\tau=4\%$
 $TJMA_{2033} = 17774 V/J$
- Le pourcentage de poids lourds étant 30%, ce qui donne un trafic (N) de poids lourds (PL) de :

$$N = \left(\frac{17774 \times 0,3}{2} \right) \times 0,9$$

$$N_{2033} = 2400 PL/J/sens$$
- P: Charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).

Donc L'épaisseur est :

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

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6,5}) \times \left(75 + 50 \cdot \log \frac{2400}{10} \right)}{10 + 5}$$

$$e = 39.642 \text{ cm}$$

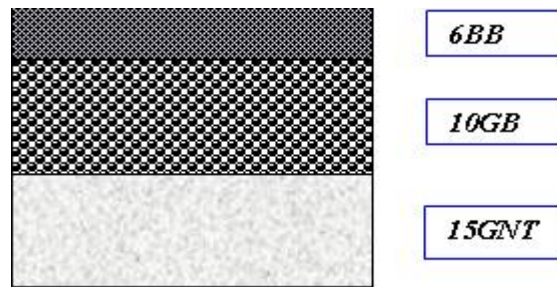
$$e \approx 42 \text{ cm}$$

Cette épaisseur peut être convertie en plusieurs couches selon la disponibilité des matériaux et leurs caractéristiques en tenant compte des coefficients d'équivalence.

Pour calcul des épaisseurs, on fixe deux dans les marges suivantes et on déduit la dernière :

$$e = 6 \times 2 + 10 \times 1,5 + 15 \times 1 = \mathbf{42 \text{ cm}}$$

C'est-à-dire notre structure comporte : **6BB+10GB+15GNT**



5. 2. Méthode Du Catalogue Des Chaussées Neuves « CTTP »:

- $TJMA=8112 > 1500$ v/j alors en a on réseaux principal « RP1 ».
- Le projet est à Sidi Bel Abbés alors la zone climatique « II ».
- Durée de vie 20 ans.
- Taux de croisement $\tau=4\%$.
- $CBR = 10$

Détermination de la classe de trafic TPL_i :

$$TPL = \left(8112 \times \frac{0.3}{2} \right) \times 0.9 = 1095 \text{ PL/J/sens.}$$

	TPL_0	TPL_1	TPL_2	TPL_3	TPL_4	TPL_5	TPL_6	TPL_7
$PL/J/sens$ pour RP_1	-	-	-	150 à 300	300 à 600	600 à 1500	1500 à 3000	3000 à 6000

Classe de trafic

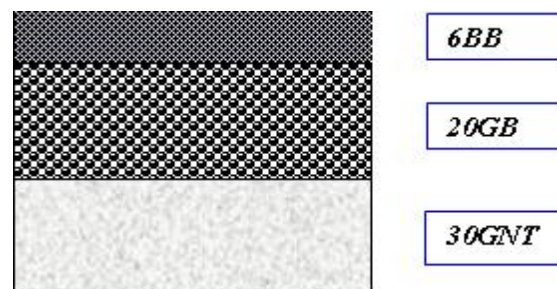
Détermination Classe de sol support :

Selon le tableau suivant : $CBR = 10 \Rightarrow S_2$

Classe de sol	Indices
S_1	25-40
S_2	10-25
S_3	5-10
S_4	<5

Classe du sol

D'après la fiche structure fascicule N03 page 13 on choisit : **6 BB 20 GB 30 GNT**



Vérification la structure suivante : **6BB + 10GB + 15GNT**

Selon les 3 fascicules de catalogue on a :

- Importance du projet routier : Réseau Principal de Niveau 1 (**RP1**).
- Durée de vie : $n = 20$ ans.
- Année de mise en service : **2013**
- Trafic : $TPLi = 1217PL/J/sens$
- Taux de croissance : $= 4 \%$.
- Coefficient d'agressivité PL : $A = 0,6$.
- Risque de calcul : $r = 10\%$. (Tableau : 5; fascicule : 2)
- La zone climatique: **II**. (Tableau : 7 ; fascicule : 2)
- $e_{eq} = 20^\circ C$ (Tableau : 8 ; fascicule : 2)
- Sol support : $CBR = 10\%$. Classe : S2.
- $E_{SOL} = 5 \times CBR = 5 \times 10 = 50$ Mpa.
- Coefficient de poisson $= 0,35$.
- Condition aux interfaces : Toutes les couches sont collées. (T : 3 ; fascicule : 2)
- Coefficient de calage : $k_c = 1,3$ (Tableau : 13 ; fascicule : 2)
- Dispersion sur la loi de fatigue : $SN = 0,45$ (Tableau : 13 ; fascicule : 2)
- Dispersion sur les épaisseurs (en cm) : $Sh = 3$ (Tableau : 13 ; fascicule : 2)
- Pente de la fatigue : $b = -0,146$ (Tableau : 13 ; fascicule : 2)
- Coefficient $c = 0,02$
- Fractile de la loi normale : $t = -1,282$ (Tableau : 16 ; fascicule : 2)
- Module complexe du matériau bitumineux à $10^\circ C$: $E(10^\circ C) = 12500$ Mpa
(Tableau : 13 fascicule : 2)
- Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente :
 $E(e_{eq} = 20^\circ C)$ $GB = 7000$ Mpa. $BB = 4000$ Mpa (Tableau : 13; fascicule : 2)
- Déformation limite : $\epsilon_6(10^\circ C, 25HZ) = 100 \cdot 10^{-6}$ Mpa. (Tableau : 13 ; fascicule : 2)

Calcul du trafic cumulé équivalent (TCEi) :

$$TCEi = TPLi \times \frac{(1+r)^n - 1}{r} \times A \times 365 = 1095 \times \frac{(1+0,04)^{20} - 1}{0,04} \times 0,6 \times 365$$

$$TCEi = 7,14 \times 10^6 \text{ essieux équivalents de 13 tonnes}$$

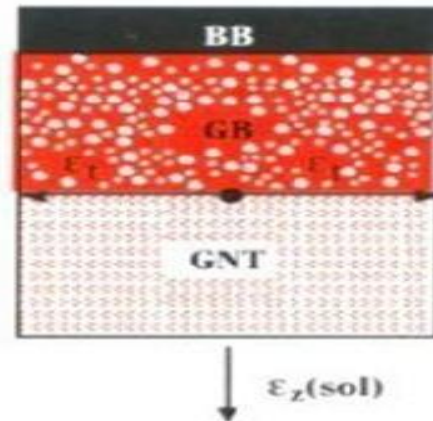
Modélisation de la structure de chaussée :

$$E_{\text{sol}} = 50 \text{ Mpa}, \quad \nu = 0,35$$

$$E_{\text{fondation}} = 2,5 \times E_{\text{sol}} = 125 \text{ Mpa}, \quad \nu = 0,25$$

$$E_{\text{base}} = E_{\text{(GB)}} = 7000 \text{ Mpa}, \quad \nu = 0,35$$

$$E_{\text{roulement}} = E_{\text{(BB)}} = 4000 \text{ Mpa}, \quad \nu = 0,35$$

**Calcul de la déformation admissible sur le sol support $\epsilon_{z,ad}$:**

$$z, ad = 22 \times 10^{-3} \times (TCEi)^{-0.235}$$

$$z, ad = 22 \times 10^{-3} \times (7.14 \times 10^6)^{-0.235}$$

$$z, ad = 539.27 \times 10^{-6}$$

Calcul de la déformation admissible $\epsilon_{t,ad}$ à la base de la GB :

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

k_{ne} : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.

$$k_{ne} = \left(\frac{10^6}{TCEi}\right)^b = \left(\frac{10^6}{7.14 \times 10^6}\right)^{-0.146} = 1.33$$

$$k : \text{facteur lié à température } k = \sqrt{E(10^\circ\text{C})/E(\theta_{eq})} = \sqrt{\left(\frac{12500}{7000}\right)} = 1.34$$

$$k_r : \text{facteur lié au risque et dispersions } k_r = 10^{-tb\delta}$$

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

$$k_r = 10^{1.282 \times (-0.146) \times 0.609} = 0.77$$

$$t, ad = 100 \times 10^{-6} \times 1.33 \times 1.34 \times 0.77 \times 1.3 = 177.05 \times 10^{-6}$$

$$t, ad = 177.05 \times 10^{-6}$$

Déformations calculée :

On utilise *ALLIZEEIII* pour obtenir les Déformations calculée.

```

EVITEMENT RN7 SIDI BEL ABBES 2012
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 4

*****
* Z * EPSILONT * SIGMAT * EPSILONZ * SIGMAZ *
*****
* .00* * .243E-03C* .167E+02B* -.196E-03C* .662E+01A*
* * E= 40000. * * * * *
* * NU= .35 * * * * *
* * H1= 6.00 * * * * *
* 6.00* * .752E-04C* .665E+01B* -.723E-04C* .530E+01B*
* --- COLLE ---
* 6.00* * .752E-04C* .950E+01B* -.739E-04C* .530E+01B*
* * E= 70000. * * * * *
* * NU= .35 * * * * *
* * H2= 10.00 * * * * *
* 16.00* * -.204E-03C* -.196E+02B* .190E-03B* .665E+00B*
* --- COLLE ---
* 16.00* * -.204E-03C* -.966E-01C* .557E-03B* .665E+00B*
* * E= 1250. * * * * *
* * NU= .25 * * * * *
* * H3= 15.00 * * * * *
* 31.00* * -.291E-03C* -.321E+00C* .446E-03C* .416E+00C*
* --- COLLE ---
* 31.00* * -.291E-03C* .152E-01C* .790E-03C* .416E+00C*
* * E= 500. * * * * *
* * NU= .35 * * * * *
* * H4=INFINI * * * * *
*****
* D * 84.21MM/100 * * R*D *
* R * 296.52M * * 24969.41M*MM/100 *
*****
MODULES ET CONTRAINTES EN BARS
    
```

-Résultat d'ALLIZEEIII-

La structure (6BB + 10GB + 15GNT) n'est pas vérifier lorsque : $z_{calculée} > z_{admissible}$
 $t_{calculée} > t_{admissible}$

Alors on utilise la méthode de catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.

N.B : Les structures proposées par le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves ont été élaborées. A cet effet les structures sont pré-calculées et ne nécessitent pas de vérification.

Et pour un raison économique on essaye de réduire les épaisseurs des couches. Et pour ça on utilise *ALLIZEEIII* pour obtenir les valeurs les plus proches à la déformation admissible.

CHAPITRE IX

ETUDE DES

CARREFOURS



ETUDE DES CARREFOURS

1. INTRODUCTION

L'intersection de plusieurs voies routières peut être une source grave d'insécurité. Le tiers des accidents et 40 % des décès sur les routes nationales se produisent au niveau des carrefours. L'aménagement des carrefours a pour but de réduire cette insécurité.

Un carrefour est un lieu d'intersection de deux ou plusieurs routes au même niveau (ou de niveau déférant). Le bon fonctionnement d'une route dépend essentiellement de la performance des carrefours car ceux-ci présentent des lieux d'échanges et de conflits où la fluidité de la circulation et la sécurité du trafic sont indispensables.

Les carrefours représentent une partie importante d'une route, la fluidité, la sécurité et l'intégration aux sites sont les buts recherchés, les règles essentielles de conception sont : la lisibilité, la visibilité, la capacité, la sécurité et enfin l'esthétique.

2. DEMARCHE GENERALE DE CONCEPTION:

Une démarche cohérente de conception comporte les étapes suivantes :

2.1 - L'identification du type de route :

Concerné (ou plutôt des types des routes concernés).

Cette identification suppose que la route concernée a fait l'objet d'études visant à préciser :

- sa place dans la hiérarchisation du réseau dont elle fait partie.
- le type auquel elle s'apparente (avant aménagement ou au terme des aménagements dont elle bénéficie).

Si ce travail préalable au niveau des réseaux n'est pas effectué, il convient d'engager les études suffisantes pour permettre de déterminer le type de la route principale à aménager.

2.2 - La déduction d'une gamme :

D'aménagements possibles (type de carrefour ou d'échangeur). On entend par gamme d'aménagements l'ensemble des solutions compatibles avec le type de route considéré.

2.3 - Recueil et l'analyse des éléments concernant le site :

(Topographie, environnement, masques éventuels, tracé de la route ou des routes existantes....etc) et son fonctionnement (accidents, trafics.....etc.).

2.4 - Le choix d'un type de carrefour :

À l'intérieur de la gamme des aménagements envisageables.

2.5 - La conception géométrique :

Proprement dite cette phase peut être subdivisée en trois points :

- la détermination de la configuration générale (par exemple : présence d'une voie de tourne-à-gauche, disposition des branches sur un carrefour giratoire, ...etc.).
- la conception de détail et le dimensionnement.
- les contrôles de visibilité, de capacité, de la cohérence globale (simplicité, compacité etc.), ce qui peut conduire à remettre en cause les dispositions prévues ou les choix effectués en amont.

3. Les principes fondamentaux d'aménagement :

Par ailleurs, la conception des carrefours doit prendre en compte dans les différentes étapes de sa démarche, qu'il s'agisse de la conception générale ou de la conception géométrique, les principes fondamentaux suivants :

- Les cisaillements doivent se produire sous un angle de 90 ± 20 à fin d'obtenir de meilleure condition de visibilité et la prédication des vitesses sur l'axe transversal, aussi avoir une largeur traversée minimale.
- Le respect de la compatibilité avec le type de route et les comportements que ce type induit.
- l'intégration à la logique de l'itinéraire (homogénéité des aménagements, contribution au rythme et au sectionnement de l'axe).
- la lisibilité de l'aménagement, en favorisant une reconnaissance facile, rapide et non ambiguë du fonctionnement du carrefour abordé.
- l'optimisation des conditions de sécurité pour tous les flux de trafic, y compris pour les courants très secondaires.
- le respect d'un niveau élevé de fluidité des flux prioritaires.
- la prise en compte des usagers particuliers (piétons, cycles, transports en commun, transports exceptionnels, etc.)

4. DONNEES A PRENDRE EN CONSIDERATION:

Les données qui suivent sont généralement à prendre en considération lors d'une étude de conception ou d'aménagement d'un carrefour existant. Toutes ne doivent pas pour autant faire l'objet d'un recueil de données systématique a priori. Par ailleurs, la liste présentée ci-dessous n'est pas exhaustive.

Les données les plus importantes à examiner sont les suivantes :

4.1 - la situation du carrefour :

Sur les routes concernées, la situation de ces routes dans le réseau auquel elles appartiennent, la nature et le statut de ces routes, le parti d'aménagement et le statut prévu à terme.

4.2 - les caractéristiques du site :

La topographie, le tracé des routes concernées, l'environnement (bâti, végétation, cultures, etc.), les masques éventuels à prendre en compte pour la visibilité, etc.

4.3 - l'utilisation et le fonctionnement du carrefour :

Les trafics (volumes, nature, mouvements, etc.), les phénomènes éventuels de saturation, les activités particulières sur le site et à proximité (par exemple : restaurant routier, station service, etc.), la présence d'arrêt de transport collectif, les comportements observables ou prévisibles (selon les cas), et en particulier les vitesses pratiquées à l'approche des lieux d'échanges ;

4.4 - les accidents :

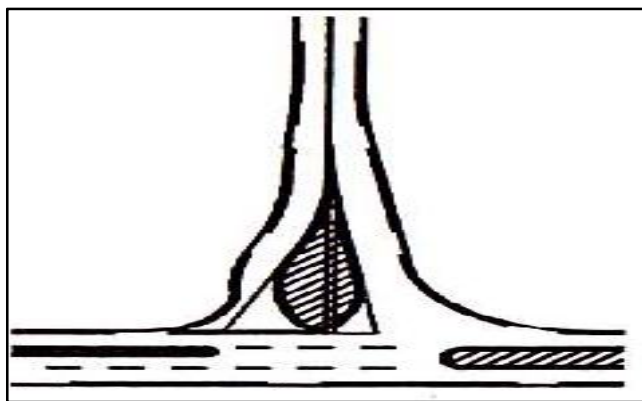
Le nombre, les types, et le déroulement des accidents (connaissances accessibles sur les carrefours existants uniquement). Ces données constituent la base principale du diagnostic de sécurité qui doit être réalisé systématiquement avant le réaménagement des carrefours. Pour les carrefours sur des infrastructures neuves, le risque d'accidents peut être estimé à partir de modèles « prédictifs », en fonction des trafics et des caractéristiques du carrefour.

5. LES PRINCIPAUX TYPES DES CARREFOURS PLANS :

Le classement des carrefours en familles homogènes d'aménagements doit favoriser une perception par les usages la plus nette possible, là encore l'image d'un carrefour aménagé doit renvoyer à un mode de fonctionnement facilement et rapidement compréhensible. Dans la pratique, un classement par grandes familles techniques de carrefours aménagés (suivant leur forme et leur fonctionnement) répond bien à cette exigence. Ils sont classés en fonction du nombre de branches :

5.1 - Carrefour à trois branches (en T) :

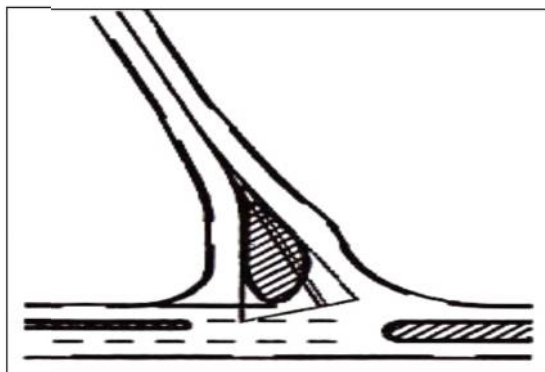
C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches secondaires, Le courant rectiligne domine, mais les autres courants peuvent être aussi d'importance semblable.



Carrefour en T

5.2 - Carrefour à trois branches (en Y) :

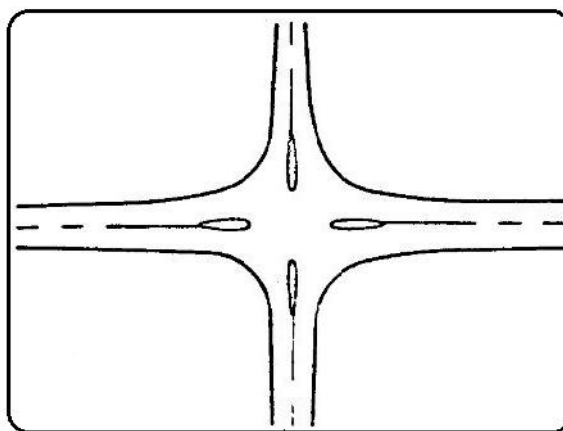
C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches, comportant une branche secondaire uniquement et dont l'incidence avec l'axe principal est oblique (s'éloignant de la normal de plus de 20°).



Carrefour en Y

5.3 - Carrefour à quatre branches (en croix) :

C'est un carrefour plan à quatre branches deux à deux alignées (ou quasi)

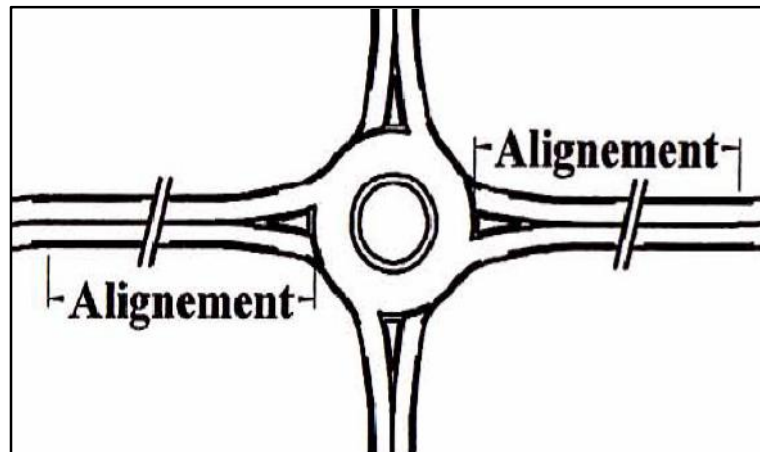


Carrefour en croix

5.4 - Carrefour type giratoire ou carrefour giratoire :

C'est un carrefour plan comportant un îlot central (normalement circulaire) matériellement infranchissable, ceinturé par une chaussée mise à sens unique par la droite, sur laquelle débouchent différentes routes et annoncé par une signalisation spécifique.

Les carrefours giratoires sont utiles aux intersections de deux ou plusieurs routes également chargées, lorsque le nombre des véhicules virant à gauche est important.



Carrefour giratoire

6. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES CARREFOURS :

6.1 - Visibilité aux carrefours :

Pour qu'un objet ou un sujet (aménagement, équipement, panneau, marquage, véhicule, piéton) soient visibles, il faut que la lumière émanant de cet objet ou de ce sujet atteigne l'œil. La longueur de la « ligne fictive » qui relie l'objet à l'œil est appelée distance de visibilité.

Les facteurs qui concourent à une bonne visibilité sont :

- l'absence de masque entre l'objet ou le sujet à percevoir et l'œil de l'observateur
- la luminance, qui est la quantité de lumière que les objets renvoient. Elle doit être bonne et se maintenir dans le temps.
- un contraste visuel suffisant pour que les objets se détachent du fond et soient visibles.
- la taille des objets observés.

La distance de visibilité nécessaire aux tâches de conduite du conducteur dépend principalement de la vitesse pratiquée, du temps de réaction du conducteur et de la distance nécessaire aux éventuelles manœuvres utiles (maintien ou réduction de la vitesse, freinage, arrêt, modification de trajectoire, etc.

Dans l'aménagement d'un carrefour il faut lui assurer les meilleures conditions de visibilité possibles. A cet effet, on se rapproche aux vitesses d'approche à vide V_0 .

En cas de visibilité insuffisante, il faut prévoir :

- Une signalisation appropriée dont le but est soit d'imposer une réduction de vitesse soit de changer les régimes de priorité.
- Renforcer par des dispositions géométriques convenables (inflexion des tracés en plan, îlot séparateur ou débouché des voies non prioritaires.

- Triangle de visibilité :

Un triangle de visibilité peut être associé à un conflit entre deux courants. Il a pour sommets :

- Le point de conflit.
- Les points limites à partir desquels les conducteurs doivent apercevoir un véhicule adverse.

6.2 - Implantation :

Les principes de base de l'implantation sont les suivants :

Les cisaillements doivent se faire sous un angle proche de 90° (70 à 110°) pour assurer une meilleure visibilité et minimiser la largeur à traverser.

Les véhicules non prioritaires doivent être ralentis par mise en place d'îlots, l'intersection doit pouvoir être évacuée rapidement.

Le carrefour doit être implanté de façon bien visible : il faut donc éviter les points hauts et les courbes de faible rayon.

6.3 - Données de base :

- La nature du trafic qui emprunte les itinéraires.
- La vitesse d'approche à vide (V_0) qui dépend des caractéristiques réelles de l'itinéraire au point considéré, peut être plus élevée que la vitesse de base.
- Les conditions topographiques.

6.4 - Les îlots :

Les îlots sont aménagés sur les bras secondaires du carrefour pour séparer les directions de la circulation, et aussi de limiter les voies de circulation.

• **Îlots séparateurs** : les éléments principaux de dimensionnement sont :

- Décalage entre la tête de l'îlot séparateur et la limite de la chaussée: 1m.
- Décalage de l'îlot séparateur à gauche de l'axe de la route secondaire : 0.5m.
- Rayon en tête de l'îlot séparateur : 0.5 m à 1m.
- Longueur de l'îlot : 15m à 30 m.

• **Îlot directionnel** : Les îlots directionnels sont nécessaires pour délimiter les couloirs d'entrées et de sorties. Leur nez est en saillie et ils doivent être arrondis avec des rayons de 0.5 à 1m.

6.5 - Les couloirs d'entrée et de sortie :

Largeur des couloirs : 4 m (entrée), 5 m (sortie).

Pour les routes de 2x2 voies 7 m (entrée), 7 m (sortie).

6.6 - Voies de décélération :

a-type parallèle :

Les voies de décélération de type parallèle sont utilisées principalement pour les tournes- à- gauche de sortie. Les longueurs correspondantes figurent dans le tableau suivant :

La vitesse d'approche VA (km/h)	60	80-90	100-110	120
LD (m)	70	115	170	240
LS (m)	40	50	60	75

LD : longueur totale comprise entre le nez d'îlot séparateur et l'entrée du sifflet de raccordement.
 LS : longueur du sifflet de raccordement, compris dans LD.
 le nez d'îlot : Tête d'îlot particulière marquant la divergence de deux courants (îlots directionnels) ou l'entrée dans le carrefour (îlot séparateur de deux courants de sens opposé).
 Remarque : La largeur des voies de décélération tourne-à-gauche est de 3,5 m quelle que soit la valeur de VA.

b- type diagonal:

L'usage de voie de décélération de type diagonal est recommandé pour les tournes-à- droite de sortie. Elle comporte un biseau de sortie rectiligne, un raccordement à courbure progressive parcouru à décélération constante et arc de cercle, la longueur du biseau LB comprise entre les nez de sortie réduit à 1m l'entre de biseau est fixée comme suit

VA (Km/h)	≤ 90	100-110	120			
Rayon de cercle final(m)	$\geq \frac{10 \cdot 81}{90}$ 10	≥ 25	40	45	50	≥ 60
LB (m)	80	110	145	135	125	110

Les éléments de construction du raccordement à courbure progressive indiqués en fonction de la vitesse d'approche à vide et du rayon du cercle final. La largeur des voies de décélération de type diagonal dépend des sur largeurs éventuelles en courbe, et jamais inférieure à 4m (avec accotement dérasé de 1, 50 m).

6.7 - Voie d'insertion :

Les voies d'insertion sont du type parallèle et comportent un arc de cercle, éventuellement un raccordement progressif, une partie rectiligne parallèle à la route principale et un sifflet de raccordement. La voie d'insertion a une longueur totale L(m) .elle comprend une voie d'accélération parallèle al a route principale et un biseau d'insertion dont la longueur l(m) et comptée entre l'extrémité de la voie d'accélération et le point ou la longueur du sifflet se réduit à 1,5m.

VA (km/h)	60	80	90	100	<110	120
L (m)	140	180	210	240	270	320
l (m)	40	50	60	70	75	80
L : longueur totale			l : longueur biseau (l compris dans L)			

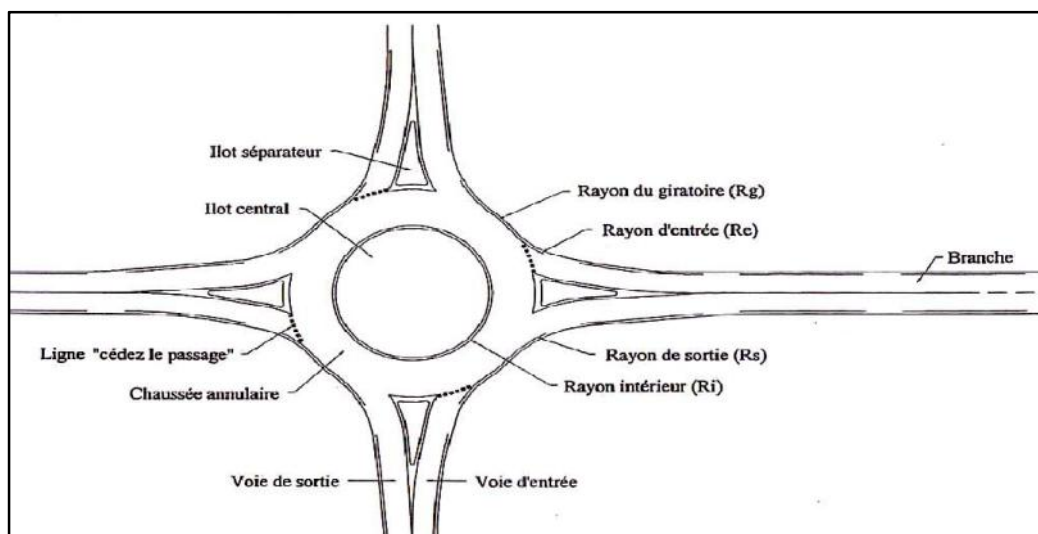
Les longueurs des voies d'insertion en fonction de la vitesse d'approche à vide

On remarque que les voies d'insertion ont pour largeur :

- 3,00 m pour VA < 100km/h.
- 3,50 m pour VA > 100km/h.

7. ETUDE DE CARREFOUR GIRATOIRE:

Le carrefour giratoire est le carrefour plan qui offre le meilleur niveau de sécurité. Toutefois, cette performance peut être dégradée si certaines précautions ne sont pas prises tant au niveau de la conception générale (le choix de la dimension et de la position du giratoire, le soin apporté aux conditions de lisibilité et de visibilité, le tracé des différentes branches, le dessin des différents éléments qui constituent l'aménagement, etc.), que de la réalisation de détail (l'aménagement de l'îlot central, le choix et le positionnement de la signalisation, etc.).



7.1 - Principes d'aménagement :

L'aménagement d'un giratoire appelle les recommandations particulières suivantes :

- Préférer un aménagement simple.
- Exclure tout obstacle agressif.
- Donner à l'usager une bonne perception d'approche.
- Introduire une certaine contrainte de trajectoire.
- Vérifier que la capacité de l'aménagement est suffisante.
- Eviter de surdimensionner les composants de l'aménagement.

7.2 - Conditions d'implantation

a- Perception et lisibilité :

L'aménagement doit rompre toute perspective trop linéaire du tracer de route, et ceci dès la création de l'aménagement. L'écran formé par le carrefour et le traitement paysager dont il fait l'objet doit fonctionner de jour comme de nuit.

Par ailleurs, le panneau de signalisation directionnelle, est un élément de la plus grande importance dans le processus d'identification du carrefour, il doit être parfaitement visible, placé à au moins 250 mètre de l'entrée du giratoire sur les routes bidirectionnelles, et à au moins 350 mètre sur les routes à 2x2 voies.

Les éléments de giratoire (ilot d'entrée de la branche considérée, et ilot central) être visibles à cent cinquante mètres suivant les conditions classiques prises en compte pour le calcul de visibilité sur obstacle (œil placé à un mètre de hauteur et à 2 mètres du bord droit de la chaussée, obstacle de 35cm de hauteur).

La géométrie du giratoire doit être lisible. Après avoir identifié la présence d'un giratoire, l'usager doit reconnaître rapidement les différents éléments qui le constituent : l'ilot central, l'ilot séparateur de l'entrée, les bordures extérieures, la chaussée annulaire, les autres voies d'entrée et les branches de sortie.

Certains points de la géométrie du giratoire ne favorisent pas la lisibilité, tels que :

- Une position du carrefour en sortie de courbe.
- Des branches non parfaitement centrées sur l'axe de l'ilot central.
- Un divers de la chaussée annulaire orienté vers l'intérieurs du giratoire.
- Un ilot central de forme non circulaire.
- Une largeur d'anneau irrégulière.
- Des approches traitées en courbes et contre courbe.
- La présence de voies directes de tourne à droite.
- L'absence d'éclairage du giratoire lorsque le carrefour se situe à proximité d'une zone éclairée ou en continuité d'une voie éclairée.

b- Visibilité :

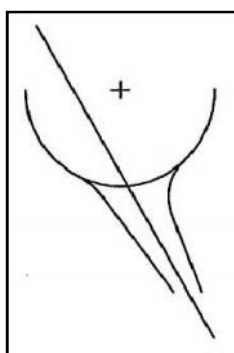
Les conducteurs qui abordent un carrefour giratoire doivent apercevoir les véhicules prioritaires suffisamment tôt pour leur céder le passage et éventuellement s'arrêter. Un grand triangle de visibilité n'est toutefois pas nécessaire, la vision complète sur le quart gauche de l'anneau à 15 m (environ) de l'entrée, s'avère suffisante.

En outre, il est important que l'ilot central ne comporte pas d'obstacle à la vue (plantation haute) à moins de 2 m de sa bordure périphérique (ou, en l'absence de bordure, 2.50 m du marquage de rive ceignant l'ilot central).

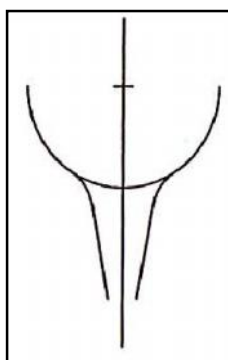
c- Disposition des branches :

La position de l'îlot central est optimale lorsque tous les axes des branches passent par le centre du giratoire. Comme il n'est pas toujours possible d'obtenir cette configuration, on centre en priorité l'îlot sur l'axe principal, puis autant que possible sur l'axe des voies secondaires. S'il est toujours souhaitable que les axes des voies

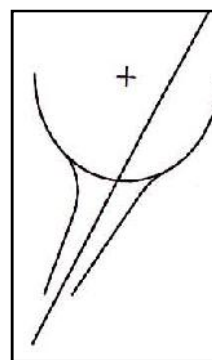
Secondaires passent par le centre de l'îlot, on peut admettre une légère excentration à gauche. Mais, il faut toujours éviter que la direction de la voie secondaire induise une entrée trop tangentielle.



À éviter



toujours souhaitable

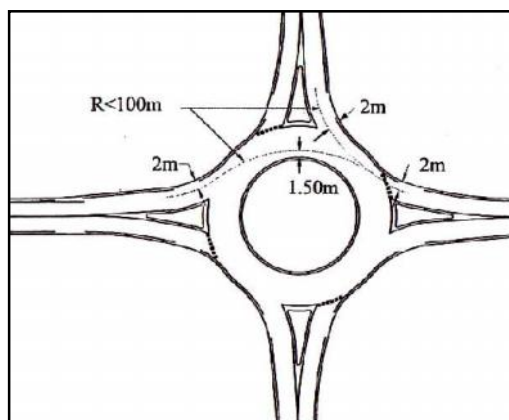


à exclure

d-Déflexion :

La déflexion des trajectoires à travers un carrefour giratoire (trajectoire intéressant deux branches opposées ou adjacentes du giratoire) est un facteur important pour la sécurité de l'aménagement. En effet, les caractéristiques géométriques ne doivent pas permettre que les trajectoires les plus tendues puissent être confortablement négociées à des vitesses nettement supérieures à 50 km/h.

La déflexion d'une trajectoire est le rayon de l'arc de cercle qui passe à 1,50 m de la bordure de l'îlot central et à 2,00 m des bordures des voies d'entrée et de sortie. Ce rayon doit être inférieur à 100 m.



La déflexion

e-Pentes :

Sur une route présentant une déclivité inférieure à 3%, l'implantation d'un giratoire ne pose généralement pas de problème.

Entre 3% et 6%, certaines dispositions peuvent s'avérer défavorables à la sécurité, en particulier en diminuant la stabilité des poids lourds (dévers trop marqué, vitesse d'entrée élevée, etc.).

Pour les pentes supérieures à 6%, on considère généralement que ce type d'aménagement peut poser des problèmes importants. Cependant, dans les mêmes conditions, un autre type de carrefour plan ne fonctionne souvent pas mieux et présente un moindre niveau de sécurité. On ne peut donc exclure a priori d'utiliser le giratoire sur des pentes à 6% ou plus, en aménagement de routes existantes. Pour une infrastructure neuve renoncer dans ce cas au giratoire ne doit pas conduire à admettre un autre type de carrefour, mais à supprimer ou déplacer le carrefour, ou à modifier le profil en long.

Dans tous les cas de figure, les zones de dévers extérieur pour l'anneau, ou les zones de dévers normal pour les branches d'entrée et de sortie, ne doivent en aucun point dépasser 3% de pente transversale, y compris dans les zones de raccordement des surfaces gauches. Pour les giratoires dont l'assiette est inclinée, aucune pente ne doit être ajoutée à la pente transversale normale de l'anneau (1,5 à 2%).

f) Ilot central :

L'ilot central est circulaire. Plusieurs études de sécurité ont montré un taux d'accédants anormalement élevé sur les giratoires de formes non circulaires.

Il n'y a pas de valeur maximale recommandable pour le rayon de l'ilot central, mais il est techniquement inutile de prévoir trop grand car ceci n'apporterait rien du point de vue de fonctionnement du carrefour.

L'ilot central comporte toujours une partie dite infranchissable d'un rayon minimum de 3.5m, et pour les giratoires dont le rayon (R_g) est inférieur ou égal à quinze mètres, une bande franchissable de 1.5m à 2m de largeur.

g-La chaussée annulaire :

La chaussée annulaire ne doit pas être considérée comme une chaussée unidirectionnelle à deux ou trois voies séparé par un marquage qui en assurait l'affectation, mais comme une voie unique suffisamment large pour permettre la giration aisée des véhicules poids lourd, entre autre.

La chaussée annulaire est donc simplement délimitée à l'intérieure par une ligne continue (sauf au droit des voies d'entrée et de sortie). En revanche le marquage axial est inutile et déconseillé pour les largeurs d'anneau inférieures à neuf mètres.

La largeur de l'anneau dépend du rayon et du nombre de voies de l'entrée la plus large.

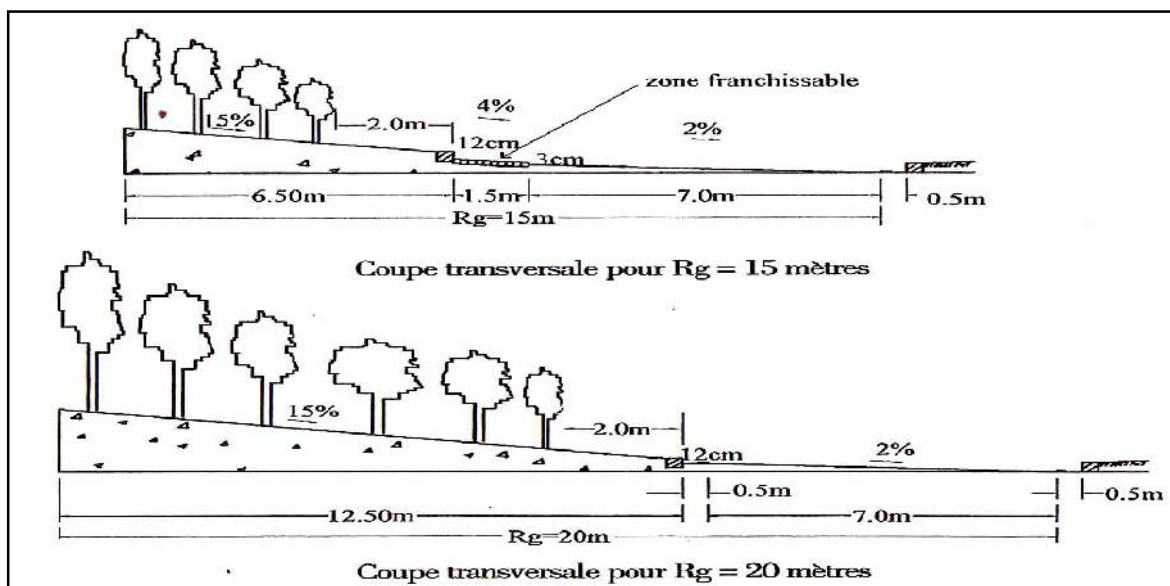
Cette largeur doit être uniforme (aucune sur largeur de la chaussée entre deux branches ne peut être admise). Elle est d'au moins 20% supérieure à la voie d'entrée la plus large, avec un minimum de six mètres (7 ou 8m pour les giratoires les plus petits fréquentés par des véhicules de type semi-remorques).

La largeur de l’anneau ne doit pas dépasser neuf mètres même dans le cas d’entrées à deux voies.

La chaussée annulaire présente un dévers de 1 à 2%.

La pente de la chaussée annulaire est dirigée vers l’extérieur du carrefour pour les trois raison évoquées ci-dessous:

- L’amélioration de la perception de la chaussée annulaire.
- L’absence de rupture de pentes sur les voies d’entrée et de sortie.
- La facilité dans la gestion de l’écoulement des eaux de surface.

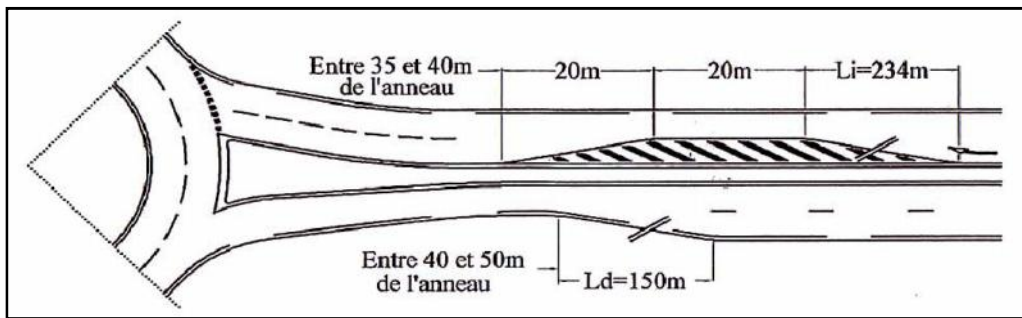


i-Entrées :

Les entrées sont normalement à une seul voie, sauf lorsque la capacité calculée pour la mise service rend nécessaire la création d’entrées à deux voies. Si l’étude de la capacité conduit à la nécessité de créer plus de deux voies sur une entrée, on peut remettre en cause le choix du giratoire pour résoudre le problème que posent les échanges entre les voies concernées.

- Pour les entrées à une voie: **le**= 4m entre marquages (minimum 2,2 mètres pour les entrées très secondaires)
- Pour les entrées à deux voies : **le**= 7m entre marquages (6mètre si le trafic de véhicules de poids-lourd est faible)

Sur les routes à 2 x 2 voies, il est toujours recommandé de réduire le profil à une voie en amont du giratoire (par un rabattement de la voie rapide sur la voie lente). Toutefois, si les trafics le justifient, la seconde voie peut être rétablie à une distance de 40 m environ de l’anneau, Si le niveau de trafic entrant sur le giratoire risque de dépasser la capacité d’une voie en section courante, on vérifie alors que la capacité du carrefour lui-même est suffisante dans le cas contraire, le choix même du type d’aménagement est à remettre en cause.



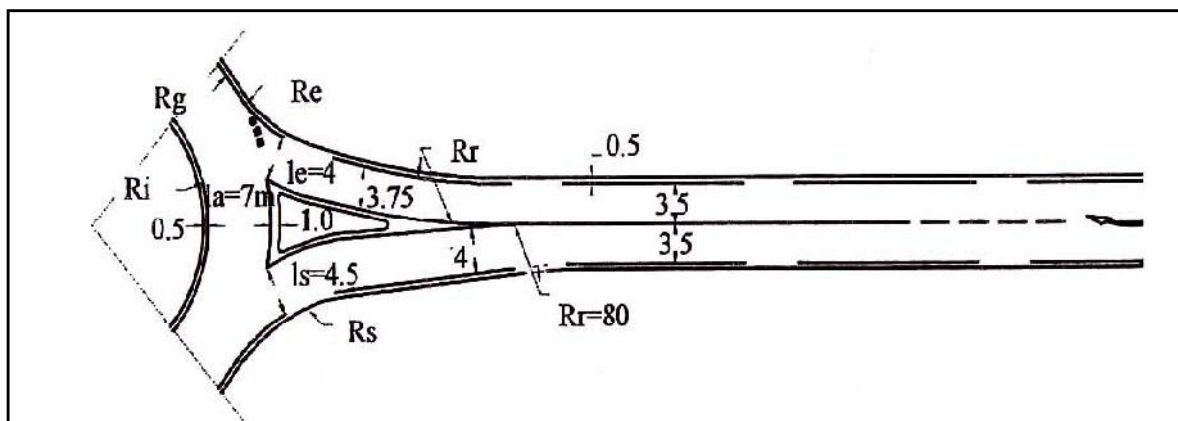
J-Les sorties :

Les sorties sont toujours aménagées à une seule voie, sauf l'un ou l'autre des deux cas suivants:

- Le trafic sortant (QJ est supérieur à 1 200 uvp/h
- Le trafic sortant (QJ est supérieur à 900 uvp/h, et à 3 fois le trafic tournant (Qt) La largeur des sorties est de 4,00 à 5,00m pour 1 voie; elle est ramenée rapidement à la largeur de la demi-chaussée en section courante (3,5m le plus souvent).

La largeur des sorties à deux voies est normalement de 7 mètres.

La rayon de sorties (Rs) doit être supérieur au rayon intérieur du rayon intérieur du giratoire (Ri), avec un minimum de 15 m de 30m. des situations particulières peuvent justifier un dépassement de ces limites.



Le tableau ci-dessous récapitule les différents paramètres de constructions données aux paragraphes précédents, avec les valeurs moyennes pour 3 rayons de giratoire (Rg) «standards»

Rg	Rayon du giratoire	Paramétrage	Rg=15m	Rg=20m	Rg=25m
la	Largeur de l'anneau	$6m \leq la \leq 9m$	7,00	7,00	7,00
sla	Sur largeur roulable	$1,50 \text{ si } Rg \leq 15m$	1,50		
Ri	Rayon intérieur	$Rg - la - sla$	6,50	13,00	18,00
Re	Rayon d'entrée	$10m \leq Re \leq 15m \text{ et } \leq Rg$	15	15	15
le	Largeur de la voie entrante	$le = 4m$	4	4	4
Rs	Rayon de sortie	$15m \leq Rs \leq 30m \text{ et } > Ri$	20	20	20
ls	Largeur de la voie sortante	$4m \leq ls \leq 5m$	4,00	4,50	5,00
Rr	Rayon de raccordement	$Rr = 4 Rg$	60	80	100

7.3 - Signalisation spécifique :

Le pré signalisation correspondant à cette situation peut être réalisée par les panneaux D42b adaptés : type 1 ou 2 , le choix entre ces deux types dépend de la géométrie donnée à la voie de tourne-à-droite, et notamment de la longueur de la partie qui sert à la manœuvre de décélération.

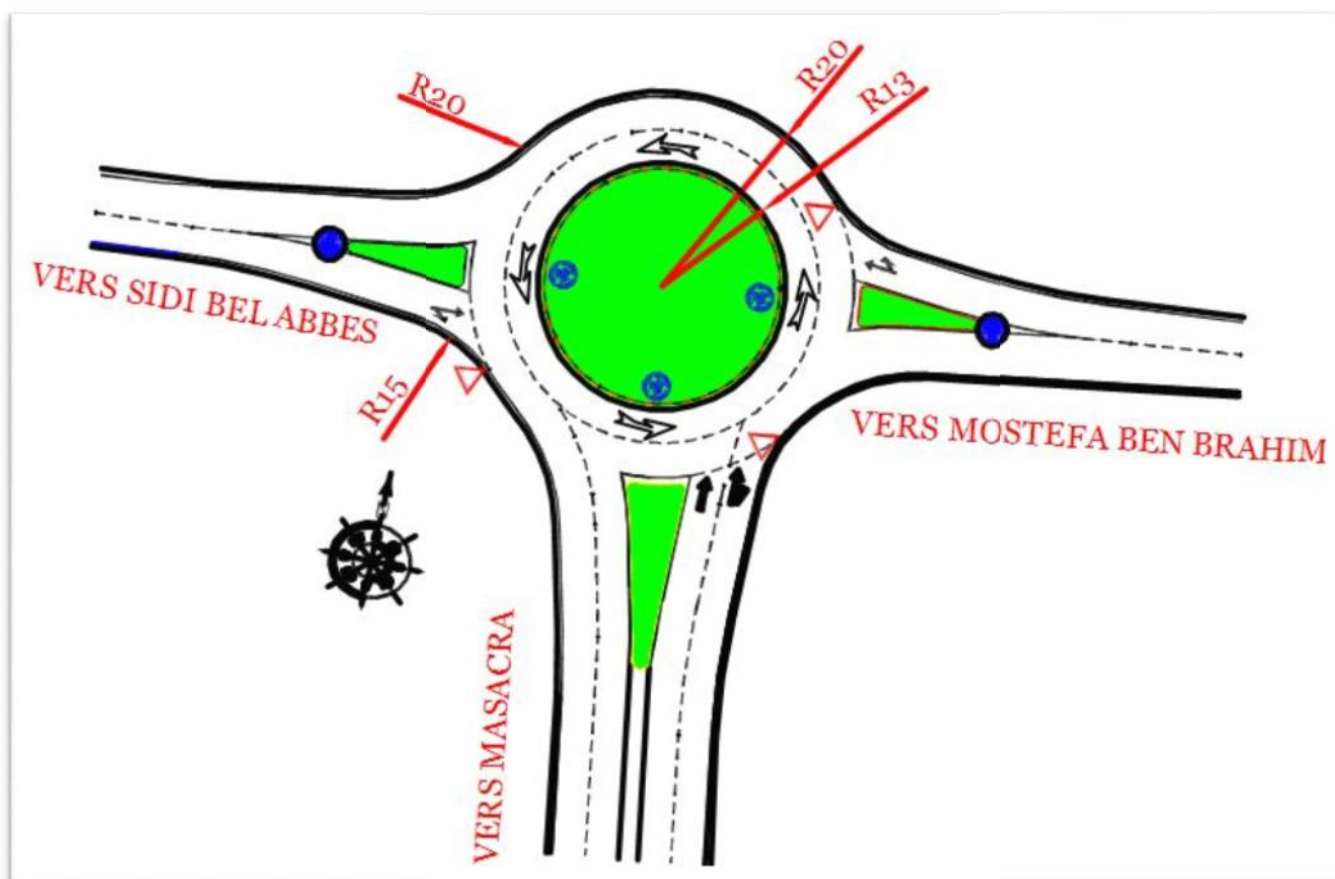
8 - APPLICATION AU PROJET :

Conception de carrefour giratoire

Pour notre projet de l'étude, on fait l'étude deux carrefours giratoire de 3 branches (selon la forme d'intersection et pour obtient de meilleures conditions de visibilité).

- **Première carrefour :**

C'est un carrefour giratoire aménagé avec un îlot central circulaire de rayon 13 m et des îlots séparateurs.

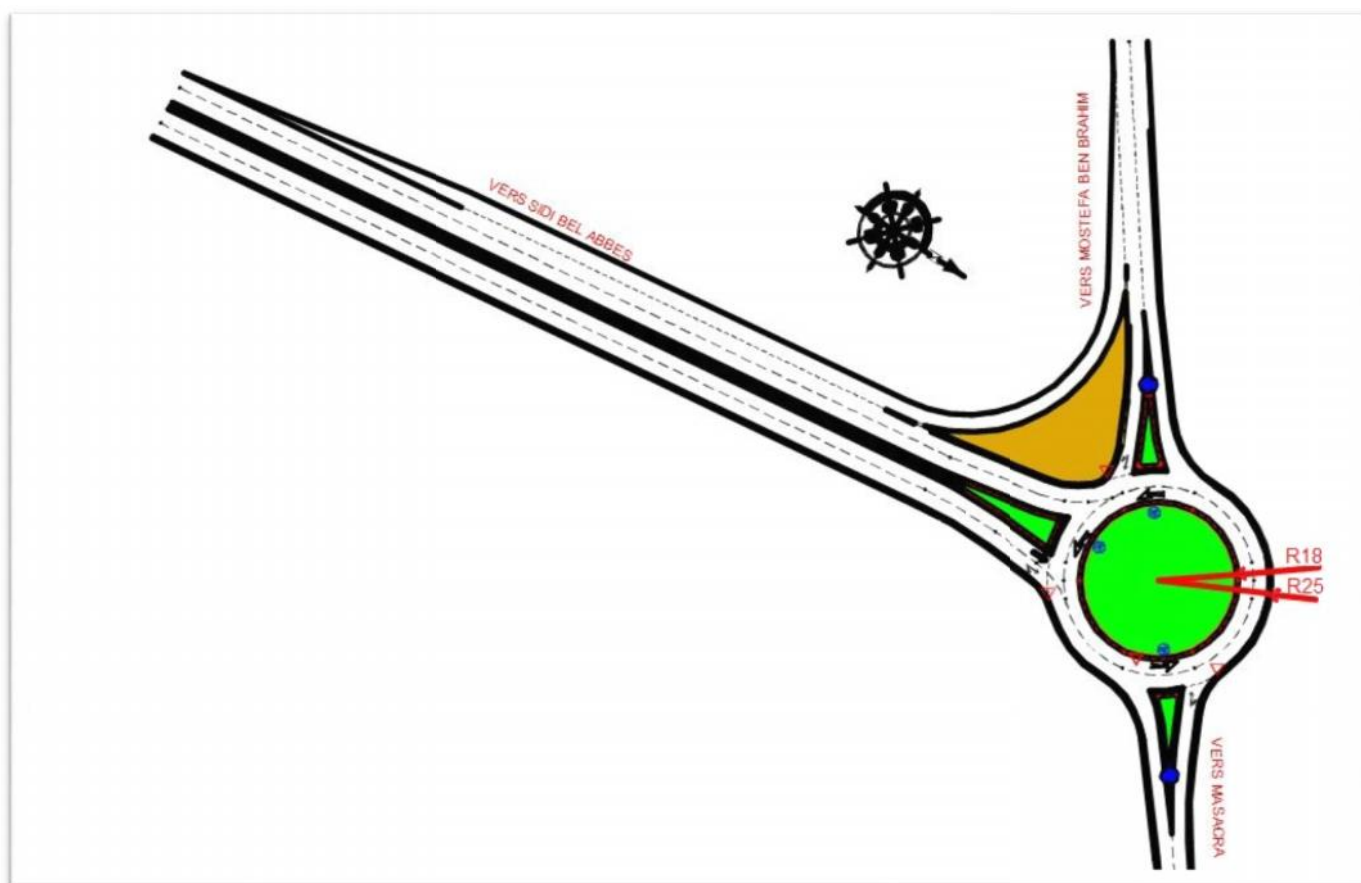


Conception de carrefour giratoire 1

Géométrie de l'anneau	
Coordonnées du centre	X= <u>43775.9366</u>
	Y= <u>33463.9907</u>
Rayon extérieur	20.5 m
Rayon intérieur	12.5 m
Largeur d'anneau	8.000 m
Distance marquage extérieur	0.250 m
Distance marquage intérieur	0.250 m

*Géométrie de l'anneau***• Deuxième carrefour :**

C'est un carrefour giratoire aménagé avec un îlot central circulaire de rayon 18 m et une voie de tourne-à-droite.

*Conception de carrefour giratoire 2*

Géométrie de l'anneau	
Coordonnées du centre	X= <u>43006.3410</u>
	Y= <u>31580.1470</u>
Rayon extérieur	25.5 m
Rayon intérieur	17.5 m
Largeur d'anneau	8.000 m
Distance marquage extérieur	0.250 m
Distance marquage intérieur	0.250 m

*Géométrie de l'anneau***Dimensionnement de carrefour :**

D'après les règles de SETRA sur l'aménagement des carrefours on a trouvé que notre carrefour présente les caractéristiques géométriques suivantes :

Largeur de couloir Entrée (route bidirectionnelle)	4m
Largeur de couloir Sortie (route bidirectionnelle)	4.5 m
Largeur de couloir Entrée (route unidirectionnelle)	7m
Largeur de couloir Sortie (route unidirectionnelle)	7m
Largeur voie d'insertion	4m
Largeur voie de décélération	4m
Rayon entrée	15m
Rayon sortie	20m



CHAPITRE X
ASSAINISSEMENT

ASSAINISSEMENT

1- INTRODUCTION:

L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et réaliser pour récolter et évacuer 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, cunettes, rigoles, gondoles, etc...
- **Les drainages** : ouvrages enterrés récoltant et évacuant les eaux souterraines (tranchées drainant et canalisations drainant).
- **Les canalisations** : ensemble des ouvrages destinés à l'écoulement des eaux superficielles (conduites, chambre, cheminées, sacs, ...)

2 -DRAINAGE DES EAUX SOUTERRAINES:

2. 1 – Nécessité Du Drainage Des Eaux Souterraines :

Les eaux souterraines comprennent d'une part, les eaux de la nappe phréatique et d'autre part, les eaux d'infiltrations. Leurs effets sont nocifs si ces eaux détrempe la plate-forme, ce qui peut entraîner une baisse considérable de la portance du sol.

Il faut donc veiller à éviter :

- La stagnation sur le fond de forme des eaux d'infiltration à travers la chaussée.
- La remontée des eaux de la nappe phréatique ou de sa frange capillaire jusqu'au niveau de la fondation.

2. 2 - Protection Contre La Nappe Phréatique :

La construction d'une chaussée modifie la teneur en eau du sol sous-jacent, car le revêtement diminue l'infiltration et l'évaporation.

Si le niveau de la nappe phréatique est proche de la surface, la teneur en eau du sol tend vers un état d'équilibre dont dépend la portance finale.

Lorsque cette dernière est faible, on pourra :

- soit dimensionner la chaussée en conséquence.
- soit augmenter les caractéristiques de portance du sol en abaissant le niveau de la nappe phréatique ou en mettant la chaussée en remblai.

Le choix de l'une ou l'autre de ces trois solutions dépend :

- des possibilités de drainage du sol (coefficient de perméabilité).
- de l'importance des problèmes de gel.
- de leurs coûts respectifs.

Il n'est pas nécessaire, en général, d'assurer le drainage profond d'une grande surface car un bon nivellement et un réseau de drainage superficiel convenablement conçu suffisent à garantir un comportement acceptable des accotements.

3-NATURE ET ROLE DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT ROUTIER :

Un réseau est constitué d'un assemblage d'ouvrages élémentaires, linéaires ou ponctuels superficiels ou enterrés.

Son rôle est de collecter les eaux superficielles ou internes et de les canaliser vers un exutoire, point de rejet hors de l'emprise routière; il peut également contribuer au rétablissement d'un écoulement naturel de faible importance, coupé par la route.

4 - DONNEES PLUVIOMETRIQUES:

Les données pluviométriques nécessaires pour les calculs sont :

- Coefficient de variation $C_v=0,55$
- Exposant climatique $b=0,245$
- Hauteur de pluie journalière moyenne $P_j=35,418\text{mm}$

5-DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES D'EVACUATIONS :

Le dimensionnement de différents types d'ouvrages d'assainissement résulte de la comparaison du débit d'apport et le début de saturation de chaque type d'ouvrage.

5.1-Estimation de débit d'apport Qa:

$$Q_a = K \cdot C \cdot I_t \cdot A$$

selon la méthode rationnelle

- K : coefficient qui permet la conversion des unités (les mm/h en l/s). K= 0.2778.
- I_t : intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration (mm/h).
- C : coefficient de ruissellement.
- A : aire du bassin versant (m²).

a) Détermination de l'intensité de la pluie I_t :

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^\beta$$

Avec : $\beta = b - 1$

- I : Intensité de la pluie (mm/h).
- t_c : temps de concentration (h).

b) L'intensité horaire I:

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

- P(t) : Hauteur de la pluie de durée t_c (mm).

Temps de concentration t_c :

✓ $t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}}$ ⇒ Si $A < 5 \text{ km}^2$, selon **VENTURA**.

✓ $t_c = 0,108 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}}$ ⇒ Si $5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$, **GIANDOTTI**.

✓ $t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{H}}$ ⇒ Si $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$: **PASSINI**

Où :

- A : Superficie du bassin versant (km²).
- P : Pente moyenne du bassin versant (m.p.m).
- L : Longueur de bassin versant (km).
- H : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m).

Pluie journalière maximale annuelle Pj :

- Pluie journalière maximale annuelle Pj est donné par la formule de GALTON

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

- Pjmoy : pluie moyenne journalier.
- Cv : coefficient de variation climatique.
- U : variation de Gauss, donnée par le tableau suivant

Fréquence (%)	50	20	10	2	1
Période de retour (ans)	2	5	10	50	100
Variable de Gauss (U)	0,00	0,84	1,28	2,05	2,372

- ✓ Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 10 ans.
- ✓ Les ponceaux (dalots) seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.
- ✓ Les ponts dimensionnées pour une période de retour 100 ans.

c) Coefficient de ruissellement :

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

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtue en enrobés	0,80 à 0,95	0,95
Accotement ou sol légèrement perméable	0,15 à 0,40	0,40
Talus	0,10 à 0,30	0,30
Terrain naturel	0,05 à 0,20	0,20

5.2-débit de saturation :

Le débit de saturation est donné par la formule de Manning- Strickler :

$$Q_s = S_m \cdot K_{ST} \cdot R_H^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

- S : section mouillée.
- KST : coefficient de STRICKLER (KST = 70 pour les dalots), (KST = 80 pour les buses).
- RH: rayon hydraulique (m). $R_H = S / P$
- J : la pente moyenne de l'ouvrage.

5.3-Dimensionnement des buses :

Le dimensionnement d'une buse résulte de la comparaison entre le débit d'apport et le débit de saturation de cette buse, c'est-à-dire il faut que Q_a soit inférieur à Q_s . Donc le principe consiste à chercher le rayon de la buse qui vérifie cette condition.

$$Q_s = S_m \cdot K_{ST} \cdot R_H^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

$$Q_a = K \cdot C \cdot I \cdot A$$

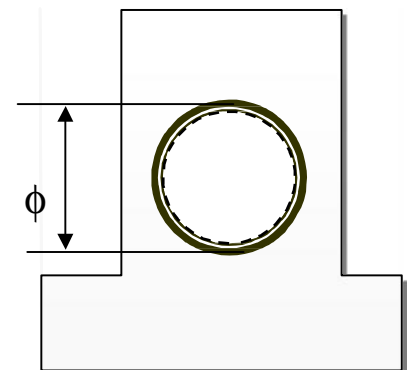
- S_m : section mouillée

$$S_m = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2$$

- R_h : rayon hydraulique

$$R_h = \frac{R}{2}$$

- $K_{st} = 80$ pour les buses en béton
- J: la pente de pose égale la pente de profil en travers.



$$Q_s = 80 \cdot \left(\frac{R}{2}\right)^{2/3} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot R^2 \cdot (J)^{1/2}$$

$$Q_s = Q_a \Rightarrow R^{8/3} = \frac{2^{5/3} \times Q_a}{80 \times \pi \times \sqrt{J}}$$

- Une fois le rayon R est déterminé on prend le diamètre de la buse $\phi = 2R$.

5.5-Dimensionnement des fossés :

Les fossés récupèrent les eaux de ruissellement venant de la chaussée, de l'accotement et de talus. Pour mon étude j'adopte des fossés en béton, ceci est fonction des pentes du fossé et la nature des matériaux le sol support.

Le profil en travers hypothétique de fossé est donné dans la figure ci-dessous

On fixe la base du fosse à ($b = 50$ cm) et la pente du talus à ($1/n = 1/1=1$) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h

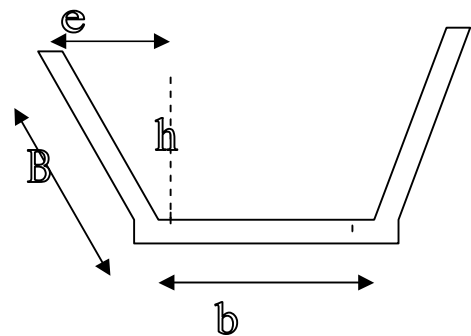
Calcul de la surface mouillée :

$$S_m = b \cdot h + 2 \cdot \frac{e \cdot h}{2}$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \quad \text{D'où : } e = n \cdot h$$

$$S_m = b \cdot h + n \cdot h^2 = h \cdot (b + n \cdot h)$$

$$S_m = h \cdot (b + n \cdot h)$$



Calcul du périmètre mouille :

$$P_m = b + 2B$$

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

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

Calcul le rayon hydraulique : $R_h = S_m / P_m = \frac{h \cdot (b + n \cdot h)}{b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + n^2}}$

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation. La hauteur (h) d'eau dans le fossé sera obtenue en faisant l'égalité suivant :

$$Q_a = Q_s \quad K \cdot I \cdot C \cdot A = S_m \cdot K_{ST} \cdot R_H^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

$$Q_a = Q_s \quad Q_a = K_{ST} \cdot h \cdot (b + n \cdot h) \cdot \left[\frac{h \cdot (b + n \cdot h)}{b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + n^2}} \right]^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

6-APPLICATION AU PROJET :**6.1. Rappel des données pluviométriques :**

Les données pluviométriques nécessaires pour le calcul :

- Pluie moyenne journalière maximale $P_j = 35.42$ mm
- Exposant climatique $b = 0,245$
- Coefficient de variation $C_v = 0.55$

6.2. Calcul hydraulique :**a- Calcul de la pluie journalière maximale annuelle P_j :**

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

Pour une période de retour égale à 10 ans :

$$u = 1,28 \quad C_v = 0,55 \quad P_{j\text{moy}} = 35.42\text{mm.}$$

$$P_j(10\%) = \frac{35.42}{\sqrt{0.55^2+1}} \cdot e^{1,28 \cdot \sqrt{\ln(0.55^2+1)}} \Rightarrow P_j(10\%) = 59.93 \text{ mm}$$

b- L'intensité horaire I :

$$I = \frac{P_j(10\%)}{24} \text{ donc : } I(10\%) = \frac{59.93}{24} \Rightarrow I(10\%) = 2.497 \text{ mm/h}$$

c- Calcul de la surface du bassin versant:

Les buses ainsi que les fossés sont dimensionnés pour évacuer le débit apporté par l'ensemble des bassins versants de la chaussée et l'accotement et le talus.

$$A_c = 7 \times 208.10^{-4} = 0,146 \text{ ha}$$

$$A_A = 1,8 \times 208.10^{-4} = 0,0374\text{ha}$$

$$A_t = 2857 = 0,29 \text{ ha}$$

d- Calcul des débits d'apport :

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

Le débit apporté par la chaussée :

$$C = 0,9 \quad P = 2,5 \%, \quad I (10\%) = 2,497 \text{ mm/h} \quad A = 0,146 \text{ ha.}$$

$$t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,146}{2,5}} \Rightarrow t_c = 0,031 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 2,497 \times \left(\frac{0,031}{24}\right)^{0,245-1} \Rightarrow I_t = 378,88 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{chaussée} = 2,778 \times 0,9 \times 378,88 \times 0,146$$

$$\Rightarrow (Q_a)_{chaussée} = 138 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Le débit apporté par l'accotement :

$$C = 0,4 \quad P = 4\% \quad I (10\%) = 2,497 \text{ mm/h} \quad A = 0,0374 \text{ ha}$$

$$t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,0374}{4}} \Rightarrow t_c = 0,012 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 2,497 \times \left(\frac{0,012}{24}\right)^{0,245-1} \Rightarrow I_t = 662,229 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{accotement} = 2,778 \times 0,4 \times 662,229 \times 0,0374$$

$$(Q_a)_{accotement} = 32 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Le débit apporté par Le talus :

$$C - 0,3 P = 66,67\% \quad I (10\%) = 2.497 \text{ mm/h} \quad A=0,29\text{ha.}$$

$$t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,29}{66,67}} \Rightarrow t_c = 0,0084 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 2.497 \times \left(\frac{0,0084}{24}\right)^{0,245-1} \Rightarrow I_t = 1017,62 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{talus}} = 2,778 \times 0,3 \times 1017,62 \times 0,29$$

$$(Q_a)_{\text{talus}} = 246 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_a = (Q_a)_{\text{chaussée}} + (Q_a)_{\text{accotement}} + (Q_a)_{\text{talus}} = 416 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

6.3. Dimensionnement des fossés :

A partir des résultats obtenus précédemment :

$$Q_a = K_{ST} \cdot h \cdot (b + n \cdot h) \cdot \left[\frac{h \cdot (b + n \cdot h)}{b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + n^2}} \right]^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

$$J = 1,91\% \quad K_{ST} = 70 \cdot 0,876 = 70 \cdot h \cdot (0,4 + 1 \cdot h) \cdot \left[\frac{h \cdot (0,5 + 1 \cdot h)}{0,4 + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + 1^2}} \right]^{2/3} \cdot (0,0191)^{1/2}$$

J'ai obtenue par calcul itératif : **h = 0,31**, donc je propose **h = 0,4 m**

6.4. Dimensionnement des buses :

Exemple d'application :

Nous avons :

- $A=0,178\text{Km}^2 \Rightarrow t_c = 0,506$, $I_t = 45.94$
- $Q_a = K \cdot C \cdot I \cdot A = 1,8 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_s = S_m \cdot K_{ST} \cdot R_H^{2/3} \cdot J^{1/2}$
- $J = 2,5\%$

$$Q_s = 80 \cdot \left(R/2 \right)^{2/3} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot R^2 \cdot (J)^{1/2}$$

$$Q_s = Q_a \quad \Rightarrow R^{8/3} = \frac{2^{5/3} \times Q_a}{80 \times \pi \times \sqrt{J}}$$

$$R^{8/3} = \frac{2^{5/3} \times 1.8}{80 \times \pi \times \sqrt{0.025}} \quad \Rightarrow R = 0,48 \text{ m}$$

Donc : $D = 2.R = 2 \times 0,48 = 0,96 \text{ m} = 960 \text{ mm}$

D'où : $W = 1000 \text{ mm}$.

6.5. Dimensionnement des dalots :

Le dimensionnement des dalots est en fonction du débit maximum des eaux de ruissellement captées, Pendant le temps de concentration (t_c). Dans notre projet les dalots sont en béton armé qui nous donne un coefficient de rugosité $K_{st}=70$.

-Calcul de débit Q_a :

$$Q_a = 0.2778.C.I.A$$

$A = 150 \text{ ha}$, $P = 8 \%$, $K_{st} = 70$, $I(2\%) = 7.163 \text{ mm/h}$, $P_j(2\%) = 171.92$

$t_c = 0,55 \text{ h}$, $I_t = 123.94 \text{ mm/h}$

$Q_a = K \times C \times I \times A = 2,778 \times 0.2 \times 123.94 \times 150 = 10,33 \text{ m}^3/\text{s}$

La surface mouillée :

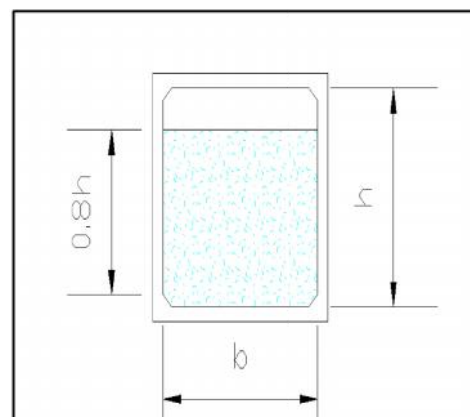
$$S_m = 0.8H \times B$$

Le périmètre mouillé :

$$P_m = 1.6H + B$$

Le rayon hydraulique :

$$R = \frac{0.8H \times B}{1.6H + B}$$



$$Q_a = Q_s = K_{st} \cdot J^{1/2} \cdot S \cdot R^{2/3}$$

J=2 %

$$H = \frac{1}{0,8B} \left(\frac{Q}{K_{st} \cdot J^{1/2}} \right)^{3/5} (1,6H + B)^{2/5}$$

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

On fixe b=1,5m et on trouve : H=1,5m.

➤ Les Solutions proposés :

PK (km)	Les ouvrages sur la route neuf
PK 00+530,93	Passage busé en béton Φ =1000 mm
PK 00+902,86	Passage busé en béton Φ =800 mm
PK 01+491,27	Passage busé en béton Φ =1000mm
PK 02+576,32	Passage dalot en béton (1,5×1,5)

CHAPITRE XI

SIGNALISATION ET

ECLAIRAGE



SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

1-SIGNALISATION

1.1 - INTRODUCTION :

Compte tenu de l'importance du développement du trafic et l'augmentation de la vitesse des véhicules, la circulation devra être guidée et disciplinée par des signaux simples susceptibles d'être compris par tous les intéressés.

La signalisation routière comprend la signalisation verticale et la signalisation horizontale

1.2 - L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIÈRE :

La signalisation routière a pour objet :

- De rendre plus sûre la circulation routière.
- De faciliter cette circulation.
- D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police.
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

1.3 - CATÉGORIES DE SIGNALISATION :

On distingue :

- La signalisation par panneaux.
- La signalisation par feux.
- La signalisation par marquage des chaussées.
- La signalisation par balisage.
- La signalisation par bornage.

1.4 - RÈGLES À RESPECTER POUR LA SIGNALISATION :

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation en respectant les règles suivantes:

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- Cohérence avec les règles de circulation.

- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Eviter la publicité irrégulière.
- Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.

1.5 - TYPES DE SIGNALISATION :

1.5.1 - Signalisation Verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'utilisateur à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme.

Elles peuvent être classées dans quatre classes:

a)- Signaux de danger :

Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150 m en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).

b)- Signaux comportant une prescription absolue :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

- L'interdiction.
- L'obligation.
- La fin de prescription.

c)- Signaux à simple indication :

Panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminés en pointe de flèche :

- Signaux d'indication.
- Signaux de direction.
- Signaux de localisation.
- Signaux divers.

d)- Signaux de position des dangers :

Toujours implantés en pré signalisation, ils sont d'un emploi peu fréquent en milieu urbain.

1.5.2- Signalisation Horizontale :

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation. Elle se divise en trois types :

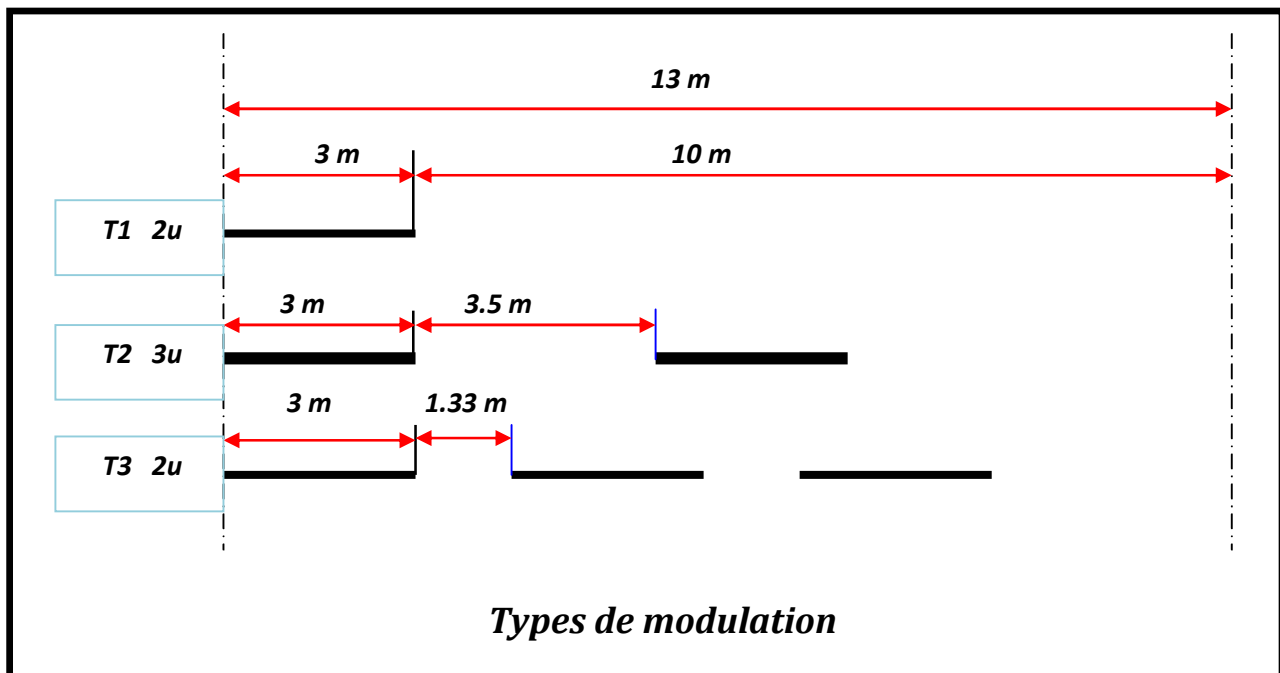
a)- *Marquage longitudinal* :

Lignes continue : les lignes continues sont annoncées à ceux des conducteurs auxquels il est interdit de les franchir par une ligne discontinue éventuellement complétée par des flèches de rabattement.

Lignes discontinue : les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir, elles se différencient par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.

- lignes axiales ou lignes de délimitation de voie pour lesquelles la longueur des traits est environ égale ou tiers de leur intervalles.
- lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leur intervalles.
- ligne d'avertissement de ligne continue, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, dont la longueur des traits est le triple de celle de leurs intervalles.

Modulation des lignes discontinues : elles sont basées sur une longueur nominale de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :



Caractéristiques des lignes discontinues

Rapport Plein/Vide	Intervalle entre deux traits successifs (m)	Longueur du trait (m)	Type de modulation
$\bar{0} 1/3$	10	3	T_1
	5	1.5	T'_1
$\bar{0} 1$	3.5	6	T_2
	0.5	0.5	T'_2
$\bar{0} 3$	1.33	3	T_3
	6	20	T'_3

b)- Marquage transversal :

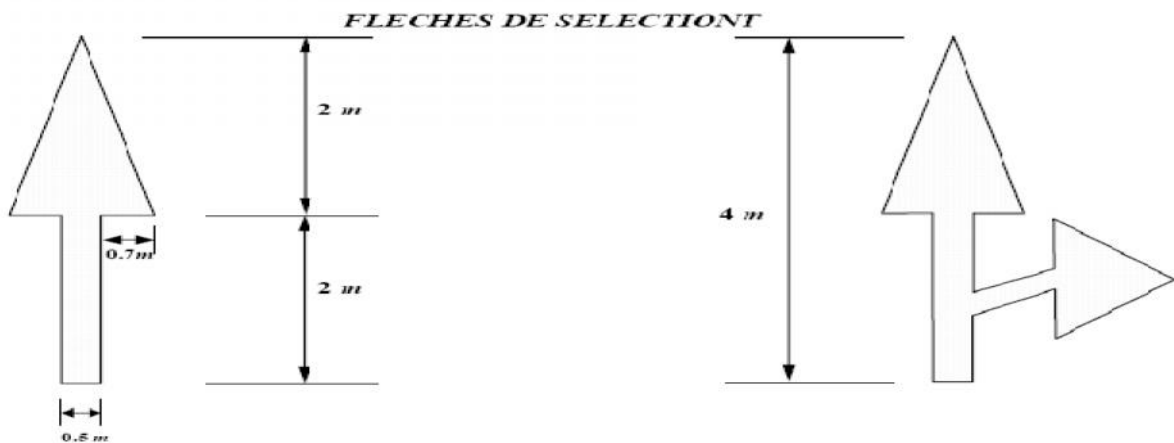
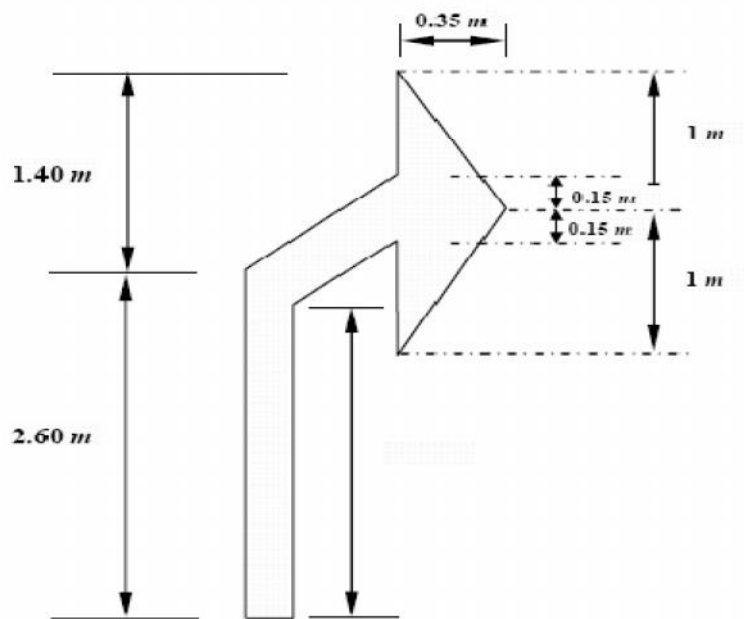
Lignes transversales continue : éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.

Lignes transversales discontinue : éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

c)-Autre marquage :

Flèche de rabattement : une flèche légèrement incurvée signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.

Flèches de sélection : flèches situées au milieu d'une voie signalant aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.



1.6- CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES MARQUES :

- Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussée définitive et l'orange pour les marques provisoires.
- La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route, à savoir :
- U = 7.5cm sur les autoroutes et voies rapides urbaines.
- U = 6cm sur les routes et voies urbaines.
- U = 5cm pour les autres routes.

1.7-APPLICATION AU PROJET :

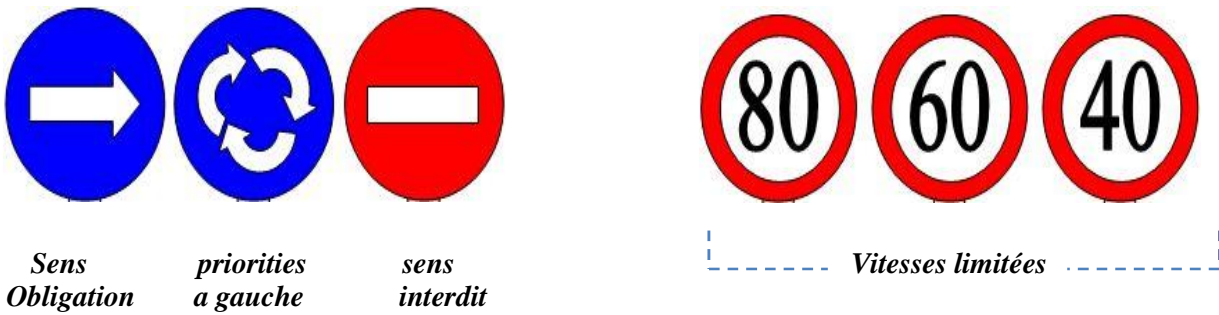
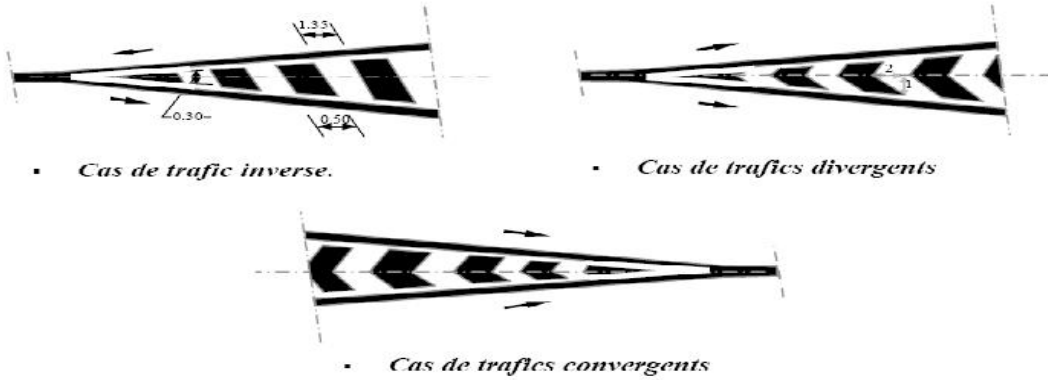
Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :

- Panneaux de signalisation d'avertissement de danger (type A).
- Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction (type C).
- Panneaux de signalisation d'obligation (type D).
- Panneaux de pré signalisation (type G1).
- Panneaux de signalisation type (E3 E4).
- Panneaux donnant les indications utiles pour les conduites de véhicules (Type E14, E15).
- Panneaux de signalisation d'identification des routes (Type E).

En ce qui concerne l'unité de largeur des lignes de signalisation horizontale elle est de :

- Pour les voies rapides: U = 7.5cm.
- Pour les bretelles et les voies d'accès : U = 5cm.

SCHEMAS DE MARQUAGE PAR HACHURES (sur le nez d'îlot):



2-ECLAIRAGE

2.1-INTRODUCTION :

L'éclairage public doit assurer aux usagers de la route de circuler de nuit avec une sécurité et un confort que possible, c'est -à- dire voir tout ce qu'il pourra exister comme obstacles sans l'aide des projecteurs de la voiture ou de croisement ; ainsi que voir tous les éléments de la route (les bordures de trottoir les carrefours.....etc.).

Une bonne visibilité des bordures de trottoir des véhicules et des obstacles et l'absence de zone d'ombre sont essentiels pour les piétons.

Il existe quatre classes d'éclairage public :

- **Classe A** : éclairage général d'une route ou autoroute.
- **Classe B** : éclairage urbain (voirie artérielle et de distribution).
- **Classe C** : éclairage des voies dessertes.
- **Classe D** : éclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé.

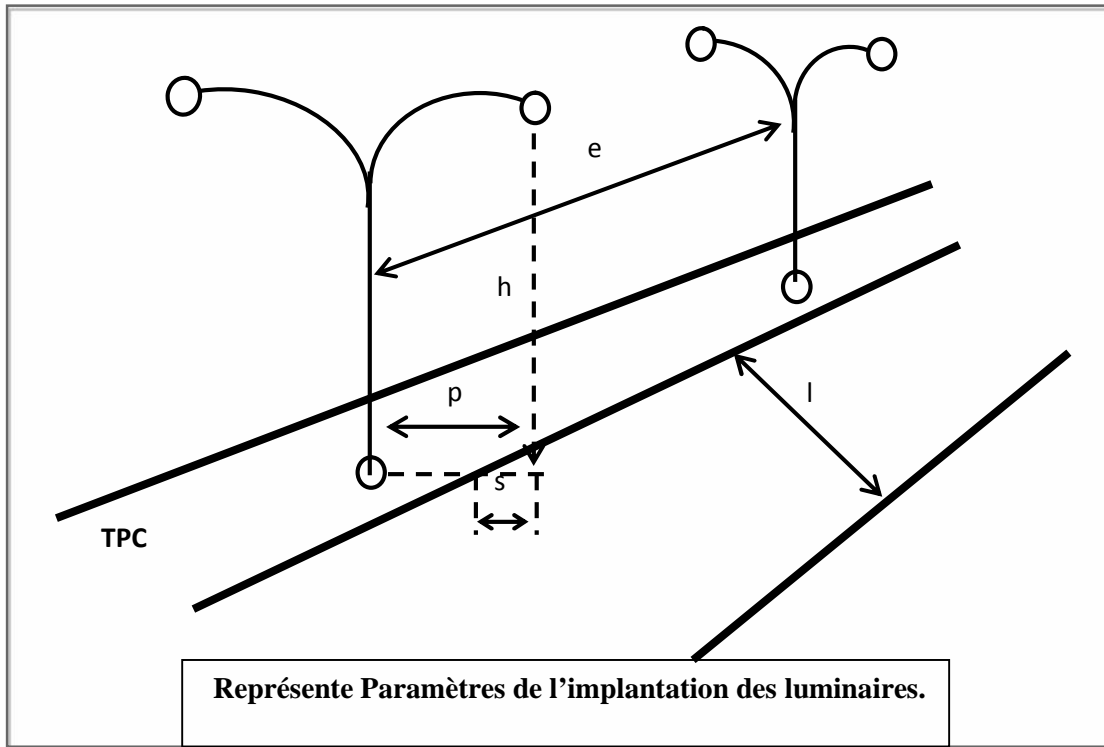
2.2- ÉCLAIRAGE D'UN POINT SINGULIER :

Les caractéristiques de l'éclairage d'un point singulier, situé sur un itinéraire non éclairé doivent être les suivantes :

- A longue distance 800 à 1000m du point singulier, tache lumineuse éveillant l'attention de l'automobiliste.
- A distance moyenne 300 à 500m, idée de la configuration du point singulier.
- A faible distance, distinguer sans ambiguïté les obstacles.
- A la sortie de la zone éclairée, pas de phénomène de cécité passagère.

2.3- PARAMÈTRE DE L'IMPLANTATION DES LUMINAIRES :

- L'espacement (e) entre luminaires qui varie en fonction de type des voies.
- La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10m et parfois 12m pour les grandes largeurs de chaussées.
- La largeur (l) de la chaussée
- La porte à faux (p) du foyer par rapport au support.
- L'inclinaison ou non du foyer lumineux et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.



2.4-APPLICATION AU PROJET :

- ***Eclairage de la voie :***

Les lampadaires sont implantés dans le centre de plein central avec deux foyers portés par le même support, éclairant chacun une demi chaussée.

- ***Eclairage carrefour :***

Pour les carrefours dont les îlots centraux sont importants, on place en retrait de leurs courbures des foyers A, dans l'alignement de foyers B sur la bordure extérieure, pour que les usagers identifient les différentes voies d'accès (appareil défilé).

CHAPITRE XII

IMPACT SUR

L'ENVIRONNEMENT



IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

1- ETUDES D'ENVIRONNEMENT D'UN PROJET ROUTIER :

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

L'étude d'environnement est une étude scientifique et technique multidisciplinaire, qui permet d'analyser et d'évaluer les effets et les mesures par rapport à chacune des composantes d'environnement d'un projet.

La construction d'un aménagement routier est une tâche délicate à accomplir et est perçue aujourd'hui comme étant une action susceptible de porter atteinte à l'environnement. En effet l'extraction de matériaux, les déboisements, l'utilisation des ressources en eau et l'émission de bruits engendrés par ce type de projets sont des actions qui peuvent altérer la qualité des paysages ainsi que les ressources naturelles.

Le périmètre des zones d'influence pourra être défini en fonction des conditions aux limites (unité biogéographique, ou bassin versant pour le milieu terrestre). Il peut aussi dépendre des relations fonctionnelles entre milieu. Ainsi pour chaque périmètre seront définies les caractéristiques à l'origine, et les impacts du projet pour chaque solution envisagée.

L'étude d'environnement d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret N° 90-78 du 27 février 1990, stipulant qu'une telle étude doit comprendre : Une analyse détaillée du projet. Une analyse de l'état initial du site et de son environnement. Une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long termes du projet sur l'environnement.

Selon (ANONYME 1992) un impact sur l'environnement constitue toute altération de l'état initial d'un site due à la construction, la modification et l'exploitation d'une installation, dans quelque domaine que ce soit.

Réglementairement, la réalisation ou la modernisation d'une infrastructure dont le coût de projet est élevé doit faire l'objet d'une étude d'impact. Pour réaliser cette étude d'impact, il faut aborder l'ensemble des thématiques directement liées à l'environnement (eau, air, faune, flore...), mais aussi sur l'environnement de l'être humain.

1.1- L'eau :

La loi sur l'eau a renforcé les obligations des maîtres d'ouvrage en matière de précaution et de protection de cette ressource dont on mesure de plus en plus la valeur.

En ce qui concerne les infrastructures routières, les eaux de ruissellement se chargent d'apports provenant des gaz d'échappement, de l'usure des chaussées et des pièces des véhicules (plaquettes de frein, pneumatiques par exemple).

Il est ainsi nécessaire de prévoir des dispositifs permettant de récupérer les eaux superficielles provenant d'une plate-forme routière. L'importance qui sera donnée à ce thème dépendra bien sur la sensibilité du milieu récepteur. Les équipements à mettre en oeuvre seront très limités lorsque les sols seront imperméables, en dehors du lieu d'exutoire. Au contraire, ils devront être sophistiqués pour des zones très perméables et situées au dessus d'une nappe d'eau souterraine. Il est ainsi d'en certains cas, nécessaire d'imperméabiliser totalement l'emprise de la route, y compris les accotements. Dans ce dernier cas il est même nécessaire de mettre en oeuvre des dispositifs empêchant le renversement des véhicules hors emprise (talus de terre par exemple).

Il est nécessaire de prendre en compte les contraintes d'exploitation de l'infrastructure. C'est la viabilité hivernale qui est la plus significative à ce stade. Les polluants sont dans le cas le plus général le chlorure de sodium, mais aussi le chlorure de calcium et le chlorure de magnésium. Ces derniers sont des fondants efficaces à des températures inférieures à -5°.

Autre donnée à prendre en compte, la pollution accidentelle. Elle est liée aux accidents. Les matières principalement incriminées dans ce cas sont les hydrocarbures. Ils ne sont pas miscibles dans l'eau, ils ont un pouvoir polluant très important. La protection contre ce genre de pollution est réalisée par des bassins séparateurs qui permettent d'isoler les hydrocarbures de l'eau, très souvent par des parois siphoniques.

1.2- Faune, Et Flore :

L'impact sur les milieux naturels doit être apprécié sur l'ensemble d'un biotope ou d'une zone écologique dès lors que l'équilibre de la flore et de la faune est menacé. Les zones sensibles sont de plus en plus délimitées et protégées par des classements réglementant les usages et les équipements réalisables à leur bord. Il s'agit des zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique, et des zones importantes pour la conservation des oiseaux.

Les zones humides, marais et berges, constituent des biotopes riches en flore et en faune, d'intérêt élevé et en régression. Ces zones sont biologiquement très riches. De plus elles contribuent à l'absorption du gaz carbonique contenu dans l'air, leur production végétale est le premier élément de la chaîne alimentaire des insectes et des oiseaux.

L'étude portera aussi sur les couloirs de migration des animaux. Cet aspect sera étudié tant en ce qui concerne les dispositifs à mettre en œuvre pour maintenir ces migrations qu'en terme de sécurité pour les usagers de la route.

1.3-L'air :

La pollution de l'air due au trafic routier est essentiellement causée par les gaz d'échappement et la poussière. La réduction de ces effets exige une modification de la politique nationale dont les principaux objectifs devront veiller à :

- Limiter les rejets de gaz polluants tels que le CO₂ (gaz carbonique) grâce à l'amélioration de la carburation et des moteurs.
- Utiliser d'autres modes de transport.
- Rechercher les effets réels sur le climat de la pollution atmosphérique.
- Utiliser d'autres sources d'énergie.
- Régler le trafic.
- Contrôler les véhicules et les vitesses.
- Encourager des plantations dans les villes sujettes aux pollutions de l'air.

1.4 - Le Bruit :

Le bruit essentiellement au niveau sonore, ce niveau à un moment donné est insuffisant pour rendre compte de la nuisance sonore à laquelle peuvent être soumis les riverains d'une infrastructure de transport.

Les études de bruit doivent désormais prendre en compte un certain nombre de paramètres qui ont une grande influence sur la transmission du bruit, en particulier les conditions météorologiques les plus favorables ont lieu la nuit avec l'inversion des températures et par vent portant.

Le bruit routier provient du bruit des moteurs et de roulement. Le bruit lié au roulement est devenu la source principale émise par les véhicules en circulation pour la vitesse des PL. Deux facteurs

sont bien évidemment à l'origine de ce bruit: le revêtement routier et le pneumatique. Les progrès réalisés dans le domaine des enrobés ont permis de diminuer ce bruit: particulièrement pour les enrobés à faible granulométrie.

Les moyens pour lutter contre le bruit dans un projet routier peuvent prendre plusieurs formes:

- Réduction de la vitesse.
- Implantation de la voie par rapport aux zones bâties, et isolation des bâtiments.
- Construction des buttes de terre, des murs anti-bruit.
- Baisse du profil en long par rapport au terrain naturel.

1.5- La Destruction :

La destruction touche seulement les gens qui n'ont pas respecté le plan foncier établi par la commune ainsi que le plan directeur d'architecture et d'urbanisme (P.D.A.U), en plus la destruction de quelques clôtures d'établissement qui gênent le passage de la route.

1.6 - La Sécurité :

Pour assurer la sécurité des piétons on doit :

- Implanter des passerelles au niveau des centres qui génèrent les populations de la ville.

Pour assurer la sécurité des automobilistes on doit:

- Réduire la vitesse au niveau des points singuliers.
- Des panneaux de signalisation seront implantés.

CONCLUSION :


Le but de notre étude est de minimiser l'impact négatif sur l'environnement de la zone, tout en privilégiant un contrôle continu sur cet impact durant les années à venir ou le flux des véhicules seront plus important donc plus polluant.

Par ailleurs il est préconisé la réalisation de dalots pour permettre la libre circulation des agriculteurs et des bestiaux des deux cotés de la route car une route fiable génère une activité socio-économique plus intense donc des effets plus importants sur la route.

CHAPITRE XIII

DEVIS QUANTITATIF

ET ESTIMATIF



DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

<i>Désignation</i>	<i>Unité</i>	<i>PU : DA</i>	<i>Quantité</i>	<i>Prix : DA</i>
<i>Abattage des arbres supérieurs à 40 cm</i>	<i>U</i>	<i>2000</i>	<i>45</i>	<i>90000</i>
Terrassement				
<i>Déblais mis en remblais</i>	<i>M³</i>	<i>385</i>	<i>29224</i>	<i>11251240</i>
<i>Déblais mis en dépôt</i>	<i>M³</i>	<i>120</i>	<i>1992</i>	<i>239040</i>
<i>Décapage des terres végétales (0.2m)</i>	<i>M²</i>	<i>70</i>	<i>908550</i>	<i>6359500</i>
TOTAL 1				<i>17849780</i>
Chaussée				
<i>couche de fondation GNT</i>	<i>M³</i>	<i>2200</i>	<i>15918</i>	<i>35019600</i>
<i>couche de base GB (2.2t/m³)</i>	<i>T</i>	<i>6000</i>	<i>17738</i>	<i>106428000</i>
<i>couche de revêtement BB (2.4t/m³)</i>	<i>T</i>	<i>9444</i>	<i>7119</i>	<i>67231836</i>
<i>couche d'imprégnation (0.75 kg/m²)</i>	<i>T</i>	<i>30000</i>	<i>298.5</i>	<i>8955000</i>
<i>couche d'accrochage dose à (0.25kg/m²)</i>	<i>T</i>	<i>2000</i>	<i>10.66</i>	<i>213200</i>
TOTAL 2				<i>217847636</i>
Assainissement				
<i>Fossés trapézoïdaux</i>	<i>ML</i>	<i>4 500</i>	<i>2000</i>	<i>9000000</i>
<i>Buses =1000mm</i>	<i>ML</i>	<i>40</i>	<i>20000</i>	<i>800000</i>
<i>Buses =800mm</i>	<i>ML</i>	<i>20</i>	<i>18000</i>	<i>360000</i>
<i>Dalot</i>	<i>M³</i>	<i>25000</i>	<i>13</i>	<i>325000</i>
TOTAL 1 + 2				<i>235697416</i>
<i>Signalisation</i>		<i>F5%</i>		<i>11784870.8</i>
TOTAL 3				<i>11784870.8</i>
<i>Installation du chantier</i>		<i>F2%</i>		<i>4713948.32</i>
TOTAL 4				<i>4713948.32</i>
TOTAL GENERAL				<i>487983651.10</i>

Quatre cent quatre-vingt sept millions neuf cent quatre-vingt trois mille six cent cinquante et un Dinars Algérien et Dix Centimes

CONCLUSION GÉNÉRALE

On conclut que la monnaie courante de toute étude d'un projet routier est en premier lieu la sécurité puis l'économie.

Dans notre démarche d'étude nous avons essayé de respecter tout les contraintes et les normes existantes qu'on ne peut pas les négliger et on prend en considération, le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie. Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour nous de mettre en application les connaissances théoriques acquises pendant le cycle de notre formation à fin de pouvoir diminuer la congestion que subit la ville de MOSTAFA BEN BRAHIM.

Cette étude nous a permis de chercher des solutions à tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter lors d'une étude d'un projet routier dans un environnement qui est varié entre facile et peut vallonner.

Il était pour nous d'une part l'occasion de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet des travaux publics.

De plus une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels de l'AUTO CAD Civil 3D 2012.

BIBLIOGRAPHIE

- * Cours de routes de 4^{ème} année ENSTP.
- * Cours de 5^{ème} année ENSTP.
- * Cours d'hydraulique de 4^{ème} année ENSTP.
- * B40 (Normes techniques d'aménagement des routes et trafic et capacité des routes).
- * Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (C.T.T.P).
- * Les Signaux Routiers (SETRA).
- * ENSTP : anciens mémoires de Fin d'étude.
- * Aménagement des carrefours (SETRA).