

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 modernisation de la RN35 entre MAGHNIA et le
carrefour RN35 RN22 SUR 6km*

Proposé par :

M^{elle}:HAMMA Imen

Présenté par :

MEKHNACHE Kenza

Promotion 2011-2012

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics. Garidi. Kouba.

Introduction

A la fin du cycle de formation d'ingénieur d'état en travaux publics, les élèves ingénieurs passent un stage de trois mois de durée qui permettra d'évaluer et mettre en pratique leurs connaissances et de les synthétiser en pratique sur terrain.

Au cours de ce stage, et pour que l'élève ingénieur s'adapte avec les différentes étapes de l'étude d'un projet, l'école lui offre l'occasion d'étudier un projet réel qui lui demande beaucoup d'efforts afin de présenter un meilleur travail.

SOMMAIRE

INTRODUCTION

CHAPITRE (I) :

PRESENTATION DU PROJET

1. Introduction. (01)
2. Présentation du projet. (01)
3. les principes parties de modernisation. (03)
4. photos du projet. (05)

CHAPITRE (II) :

ETUDE DE TRAFIC

1. Introduction. (08)
2. Quelques définitions à connaître. (08)
3. Différents types de trafic. (09)
4. l'analyse des trafics existants. (09)
5. Définition et calcul de la capacité. (12)
6. Détermination du nombre de voies. (14)
7. Application au projet. (15)

CHAPITRE (III) :

ETUDE GEOTECHNIQUE

1. Introduction. (18)
2. Moyens de reconnaissance. (18)
3. les différents essais de laboratoires. (19)
4. Les conditions d'utilisation des sols en remblais (25)

CHAPITRE (IV) :

TRACE EN PLAN

1. Généralités (26)
2. Règles à respecter pour le tracé en plan (26)
3. Elément du tracé en plan (27)
4. combinaison des éléments du tracé en plan (32)
5. Notion de dévers (33)
6. la vitesse de référence (35)
7. Calcul d'axe (36)
8. Application au projet (38)

CHAPITRE (V) :

PROFIL EN LONG

1. Définition. (46)
2. Le tracé de la ligne rouge (47)

3. définition de la déclivité (47)
4. Raccordement en profil en long. (48)
5. Coordination du tracé en plan et du profil en long (51)
6. détermination pratique du profil en long. (52)
7. Application au projet. (55)

CHAPITRE (VI) :

PROFIL EN TRAVERS

1. Définition. (59)
2. les éléments constitutifs du profil en travers. (59)
3. Le profil en travers des ouvrages d'art. (60)
4. Classification du profil en travers. (61)
5. Pentes transversales. (61)
6. Application au projet. (62)

CHAPITRE (VII) :

CUBATUR

1. Généralités. (64)
2. Définition. (64)
3. Méthode de calcul des cubatures. (64)
4. Conclusion. (67)

CHAPITRE (VIII) :

DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

1. Introduction. (68)
2. La chaussée. (69)
3. Les différents types de chaussées. (71)
4. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves. (72)
5. Application au projet. (73)

CHAPITRE (IX) :

ETUDE DES CARREFOURS

1. Introduction. (83)
2. Démarche générale de conception. (83)
3. Les principes fondamentaux d'aménagement. (84)
4. Données à prendre en considération. (85)
5. Les principaux types des carrefours plans. (85)
6. Caractéristiques géométriques des carrefours. (87)
7. Etude de carrefour giratoire. (90)
8. Application au projet. (97)

CHAPITRE (X) :**ASSAINISSEMENT**

1. Préambule. (99)
2. Introduction. (99)
3. Dispositions constructives. (100)
4. Objectif de l'assainissement. (100)
5. Types de canalisations. (101)
6. Définitions des termes hydrauliques. (102)
7. Dimensionnement de réseau d'assainissement a projeté. (103)
8. Application au projet. (106)

CHAPITRE (XI) :**SIGNALISATION ET ECLAIRAGE**

1. Introduction. (110)
2. Types de signalisation. (110)
3. Application au projet. (113)

CHAPITRE (XII) :**ENVIRONNEMENT**

1. Introduction. (117)
2. Objectif de l'étude d'impact sur l'environnement. (117)
3. Aspect de l'environnement a préservé lors de la conception d'une Infrastructure. (118)

- **DEVIS QUANTATIF ET ESTIMATIF**
- **CONCLUSION.**
- **BIBLIOGRAPHIE.**
- **PLANS DU PROJET.**
- **ANNEXE.**

Chapitre I

Présentation du projet

1. Introduction

La route a pour but de permettre la circulation en toute saison, dans des conditions suffisantes et aussi durables que possible de confort et de sécurité.

Elle constitue une des traces les plus significatives que laissent les Sociétés ; participe, de nos jours comme autrefois, à la qualité de l'environnement et du cadre de vie. Elle joue un rôle important dans le secteur des transports et communications dont elle fait partie de ses équipements collectifs appelés infrastructures.

Le projet routier moderne apparaît comme un assemblage d'éléments de constructions répétitifs, agencés de telle sorte qu'elle réponde aux impératifs de confort et de sécurité.

Cet assemblage dépend plus particulièrement du trafic et de ses variations, de l'importance des besoins d'échange à satisfaire et notamment de la longévité espérée de l'ouvrage à construire.

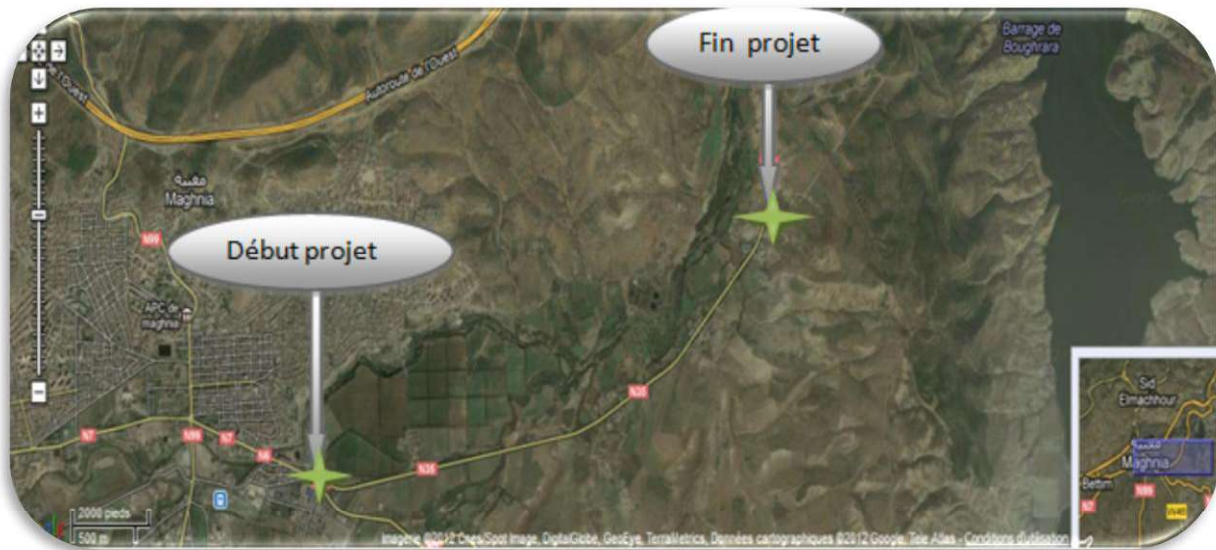
2. Présentation du projet

Le sujet a été proposé par la S.A.E.T.I (Société Algérienne d'Etude technique d'infrastructure) :

Etude de modernisation de la **RN35** ; cette dernière présente un tronçon de 6km d'un axe important reliant la wilaya de MEGHNIA et la wilaya de TLEMSEN (carrefour Remchi).



Le tronçon prend son origine au niveau du carrefour de MAGHNIA (intersection de la RN35 et la RN7) ; passant par des différentes contraintes.



- Le projet étant en phase d'APD, il consistera à affiner les détails techniques, à fixer définitivement les caractéristiques des ouvrages, la catégorie, l'environnement.
- La vitesse de référence, le trafic et le couloir dans lequel s'inscrit le tracé sont déjà Fixés.

3. Les Principes parties de modernisation

- Aménagement d'un carrefour limitant le début de notre projet au PK0 +00.
- Dédoublage de la première partie entre PK0+00 au PK2 +800.
- Aménagement d'un carrefour en PK0 +866.
- Elargissement d'un ouvrage Au PK1 +620.
- Evitement d'un village (EL KFAFE) entre PK2+800 et PK4+400.



- Implantation d'un carrefour au PK2 +780



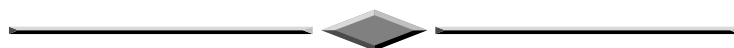
- Implantation des dalots au niveau des écoulements.



- On rejoint le dédoublement après l'évitement de la ville EL KHEFAF jusqu'au PK5+634



Photos du projet

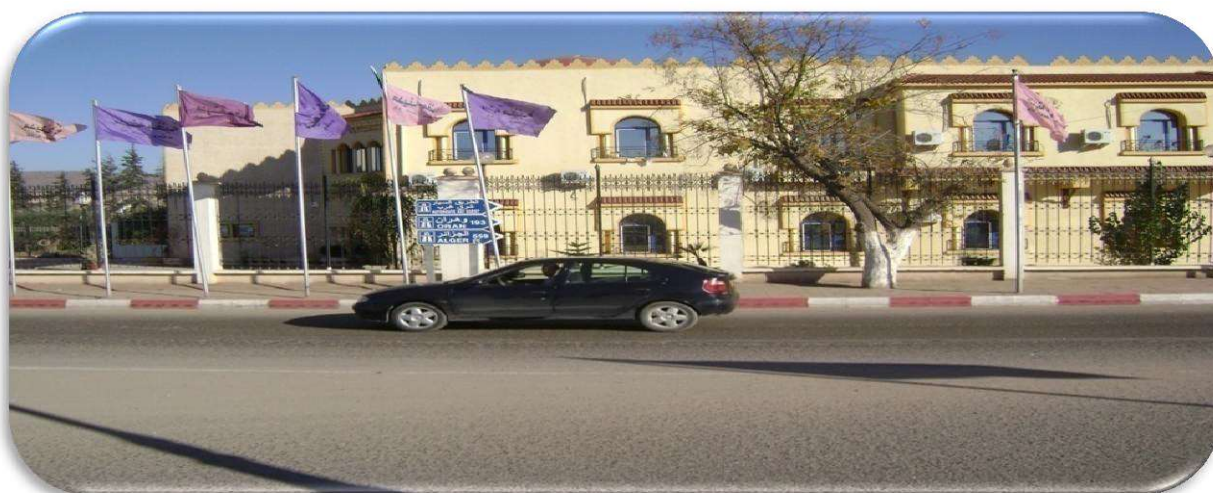




Carrefour de meghnia



ce qui contoure le carrefour



La préfecture de Meghnia



Sortie du carrefour



Partie dédoublement au PK0+60



Le village à éviter

Chapitre II

Etude de trafic

1. Introduction

Tout projet d'étude d'infrastructures routières doit impérativement contenir une évaluation et une analyse précise du trafic supporté, car le dimensionnement de la chaussée (largeur, épaisseur) est lié étroitement à cette sollicitation, la résolution de ce problème consiste à déterminer la largeur des voies et leur nombre, d'après le trafic prévisible à l'année d'horizon.

L'étude de trafic représente une approche essentielle dans la conception des réseaux routiers, l'analyse de trafic est destinée à éclairer des décisions relatives à la politique des transports.

Cette conception est basée sur des prévisions des trafics sur les réseaux routiers nécessaires.

Afin de définir les caractéristiques techniques des différentes tranches de la route constituant le réseau qui doit être adapté au volume et la nature des circulations attendues.

2. quelque définition à connaitre

Dans le domaine de l'étude des trafics, il est nécessaire de fixer les définitions des termes couramment employés:

- **Trafic de transit:** origine et destination en dehors de la zone étudiée (important pour décider de la nécessité d'une déviation).
- **Trafic d'échange:** origine à l'intérieur de la zone étudiée et destination à l'extérieur de la zone d'échange et vis versa (important pour définir les points d'échange).
- **Trafic local:** trafic qui se déplace seulement à l'intérieur de la zone étudiée.

3. Différents types de trafics

On distingue quatre types de trafics :

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

Trafic 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 pour atteindre la même destination.

Trafic 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 la facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

Trafic total : Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié

4. L'analyse des trafics existants :

Diverses méthodes permettant de recueillir des informations de nature et d'intérêt variable en ce qui concerne les trafics, on veille cependant à adopter le niveau de connaissance aux besoins, le coût des investigations conduit à limiter celle-ci à ce qui est nécessaire mais on s'attache à disposer aussi de l'ensemble des éléments permettant de décider en toute connaissance de cause, enfin, on peut être amené à procéder en plusieurs étapes et à affiner l'étude de trafic au fur et à mesure de l'avancement de l'étude de l'ensemble du projet.

Ces méthodes peuvent être classées en deux catégories :

- Celles qui permettent de quantifier le trafic : les comptages.
- Celles qui en outre permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs :
Les enquêtes.

4.1 Les comptages

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

- Les comptages automatiques.
- Les comptages manuels.

Les comptages automatiques

On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires, en ce qui concerne 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.

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)

4.2. La connaissance des flux : les enquêtes :

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.

Elle permet en particulier de distinguer les trafics de transit et d'échange.

4.2. A. 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.

4.2. B. 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 à chiffres ou lettres), la comparaison de l'ensemble des relevés permet d'avoir une idée des flux.

4.2. C. 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 peines d'irriter l'usager) 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.

2.D. Les enquêteurs 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.

5. Définition et calcul de la capacité

La capacité est le nombre de véhicules qui peuvent raisonnablement passer sur une direction de la route avec des caractéristiques géométrique de circulation qui lui sont propres durant une période bien déterminée, la capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

5.1 Calcul de TJMA horizon

La formule qui donne la valeur du trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est :

$$T_n = T_0 (1 + \tau)^n$$

5.2. 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 d'équivalence pour convertir les PL en UVP.

Le trafic effectif est donné par la relation :

$$T_{eff} = [(1 - z) + P \cdot z] \cdot T_n$$

Teff : trafic effectif à l'horizon en (UVP/J)

Z : pourcentage des poids lourds (%)

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route.

Tableau N° I.I Valeur de P

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

5.3. Débit de pointe horaire normal

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule :

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

(1/n) : coefficient de pointe pris égale à 0.12.

Q : est exprimé en UVP/h

5.4. Débit horaire admissible

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

K₁: coefficient lié à l'environnement.

K₁: coefficient lié à l'environnement.

K₂ : coefficient de réduction de capacité.

C_{th} : capacité effective, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Avec :

Tableau N° I.2 :Valeur de K₁

Environnement	E ₁	E ₂	E ₃
K ₁	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau N° I.3 : valeur de K₂

Environnement	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	0.98	0.98

Tableau N° I.4 : la valeur de la capacité théorique

	Capacité théorique (uvp/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

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**

Application au projet

7.1. Les données de trafic

D'après les résultats de trafic qui nous ont été fournis par notre promoteur qui sont les suivants :

Le trafic à l'année 2011 **TJMA₂₀₁₁ = 10099 v/j**

Le taux d'accroissement annuel du trafic noté **$\tau = 3 \%$**

La vitesse de base sur le tracé **$V_b = 80\text{km/h}$**

Le pourcentage de poids lourds **$Z = 18 \%$**

L'année de mise en service sera en **2011**

La durée de vie estimée de **20 ans**

7.2. Calcul de TJMA année de mise en service

$$\text{TJMA}_{2014} = (1 + \tau)^3 \times \text{TJMA}_{2011}$$

$$\text{TJMA}_{2014} = (1 + 0.03)^3 \times 10099$$

$$\text{TJMA}_{2014} = 11035.45 \text{ V/J}$$

TJMA 2014 = 11035.45V/J

7.3 Calcul de TJMA horizon

$$\text{TJMA}_{2034} = (1 + \tau)^{20} \times \text{TJMA}_{2014}$$

$$\text{TJMA}_{2034} = (1 + 0.03)^{20} \times 11035.45$$

$$\text{TJMA}_{2034} = 19931.25 \text{ V/J}$$

TJMA 2034= 19931.25 V/J

7.4 Calcul de trafic effectif

- $\text{Teff} = [(1 - z) + P \cdot z] \cdot T_n$
- Teff : trafic effectif à l'horizon
- Z : pourcentage de poids lourds (10 %)
- P : coefficient d'équivalence, P = 6 (tableau II.1)
- $\text{Teff} = [(1 - 0.18) + 6 \times 0.18] \times = 22\,041 \text{ UVP/j}$

Teff=22041uvp/j

7.5 Débit de pointe horaire normal

- $Q = 0.12 \times T_{eff} = 0.12 \times 37869.38$
- $Q = 4544.32 \text{ uvp/h}$

Q = 4544.32 uvp/h

7.6 Calcul de la capacité théorique

- Le débit que supporte une section donnée
- C_{th} : capacité théorique.
- $C_{th} = 1800$ (d'après le tableau des capacités des routes)
- Catégorie C2 K1 = 0.85
- Environnement E2 K2 = 0.99
- Capacité théorique C_{th} (uvp/h)

Donc :

- $C_{th} \geq 4544.32 / (0.85 \times 0.99) = 5400.26 \text{ uvp/h}$
- $C_{th} = 5400.26 \text{ uvp/h}$

On est dans le cas de Route à **chaussées séparées**.

La capacité d'une chaussée dans ce cas doit être : **$1500 < C_{th} < 1800 \text{ uvp}$**

Si on prend **$C_{th} = 1800$** , le débit horaire admissible sera donc :

$$Q_{adm} = 0.85 \times 0.99 \times 1800 = 1514.7 \text{ uvp/h}$$

7.8. Détermination de nombre de voies par sens :

$$N = (2/3) \times (Q/Q_{adm})$$

$$N = (2/3) \times (4544.32/1514.7) = 2$$

Donc : $N = 2 \approx 2 \text{ voies /sens}$.

Donc le profil de la pénétrante est **2x2 voies**

8. Conclusion

Les résultats des calculs sont représentés dans le tableau suivant :

TJMA₂₀₁₁ (v/j)	TJMA₂₀₁₄ (v/j)	TJMA₂₀₃₄ (v/j)	T_{eff} 2034(uvp/j)	Q (uvp/h)	N nombre de voie par sens
10099	11035.45	19931.25	37867.38	4544.32	2

Chapitre III

Etude géotechnique

1. Introduction

La géotechnique routière a pour objectif de définir les caractéristiques des sols qui serviront d'assise pour la structure de la chaussée.

Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs, appliquée aussi bien au sol que l'on rencontre dans la nature et qui supporte la construction d'une route et des massifs de terres artificiels (remblai).

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.

Pour cela on fait des essais en laboratoire qui permettent de déterminer les caractéristiques du sol.

Les objectifs d'une étude géotechnique se résument en :

- le bénéfice apporté sur les travaux de terrassement.
- la sécurité en indiquant la stabilité des talus et des remblais.
- l'identification des sources d'emprunt des matériaux et la capacité de gisement.

2. Moyens de reconnaissance

Les moyens de la reconnaissance géotechnique d'un tracé routier consistent en :

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

3. Les différents essais de laboratoires

3.1. 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)
- Analyse chimique.

3.2. Les essais mécaniques

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

3.1. Les essais d'identification

3.1. A. Teneur en eau :

Exprime, pour un volume de sol donné, le rapport du poids de l'eau au poids du sol sec, soit $\omega = W_w/W_s$

3.1. B. Masse volumique : (γ)

C est la masse d'un volume unité de sol : $\gamma = W/V$. On calcule aussi la masse volumique sèche : $\gamma_d = W_s/V$

Principe de l'essai: on utilise le principe de la poussée d'Archimède .En effet, on mesure le volume d'eau déplacé lors 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 déterminer expérimentalement certaines caractéristiques physiques des sols aux laboratoires.

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

3.1. C. Analyses granulométriques

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

Dimension D des grains (mm)	dénomination	Type de sols
$D > 20$	Cailloux	Sols Grenus
$20 > D > 2$	Graves	Sols Grenus
$2 > D > 0.2$	Gros sable	Sols Grenus
$0.2 > D > 0.02$	Sable fin	Sols Grenus
$0.02 > D > 2 \mu$	Limons	Sols fins
$D < 2 \mu$	Argiles	Sols fins

Principe d'essai : l'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis et passoirs 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 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.

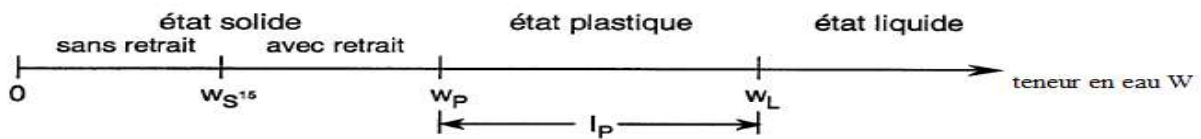
3.1. D. Limites d'ATTERBERG

Limite de plasticité (Wp) : caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plastique. Elle varie de **0%** à **100%**, mais elle demeure généralement inférieure à **40%**.

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

$$WL = \omega (N/25)^{0.121}$$

ω : teneur en eau au moment de l'essai donnant N coups, **N**: nombre de coups



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

Cet indice est d'autant plus élevé que le matériau est plus « plastique », au sens commun du terme comme du point de vue de son comportement en cours de terrassement.

La classification décrite ci-après distingue les seuils suivants :

$I_P < 12$: Faiblement argileux

$12 \leq I_P < 25$: Moyennement argileux

$25 \leq I_P < 40$: argileux

$I_P \geq 40$: Très argileux

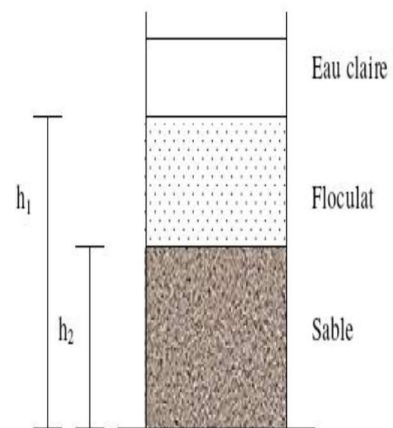
Principe de l'essai : la détermination de **W_L** et **W_P** nous donne une idée approximative des propriétés du matériau étudié. Elle permet de le classer grâce à l'abaque de plasticité de **Casa grande**.

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).

3.1. E. Equivalent de sable

Lorsque les sols contiennent très peu de particules fines, les limites **D'ATTERBERG** ne sont pas mesurables, pour détecter 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 : Il est utilisé pour des sols contenant peu d'éléments fins et faiblement plastiques. Il s'effectue sur la fraction inférieure à 2 ou 5mm. On place un volume donné de l'échantillon dans une éprouvette graduée dans laquelle on verse un mélange d'eau et de solution floculante destinée à mettre en suspension et à faire gonfler les particules argileuses. Après agitation normalisée, on laisse reposer, puis on mesure la hauteur h_2 du sable et la hauteur h_1 du sommet du floculat.

On calcule en suite :

$$E S = 100 \times \frac{h_2}{h_1}$$

But de l'essai : cet essai permet de mettre en évidence la proportion de poussière fine nuisible dans un matériau. IL est surtout utilisé pour 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 se révèle très intéressant au laboratoire et sur chantier grâce à sa simplicité, sa rusticité, son faible coût et sa rapidité.

Domaine d'application:

- La classification des sols.
- L'étude des sables et sols fins peu plastique.
- Le Choix et contrôle des soles utilisable en stabilisation mécanique.
- Le Choix et contrôle des sables à béton.
- Le Contrôles des sables utilise en stabilisation chimique.
- Le Choix et contrôle des granulats pour les enrobes hydrocarbonés.

3.2. Les essais mécaniques

3.2. 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 disposé en trois couches dans un moule Proctor de volume connu, dans chaque couche étant compacté 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).

3.2. B. Essai c.b.r (CALIFORNIA BEARING RATIO)

On réalise en général trois essais : « **CBR standard** », « **CBR immédiat** », « **CBR imbibé** ».

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 et 10 c/c** Puis laisser imbibé pendant quatre **(4)** jours. Les passants sur le tamis inférieur à **20 mm** dans le moule **CBR**.

I_{CBR}	Portance du sol
< 3	Mauvaise
3 à 8	Médiocre
8 à 30	Bonne
> 30	Très bonne

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 des travaux de terrassements.

3.2.C. Essai LOS ANGELES

L'essai **LA** 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 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).

3.2. D. Essai micro DEVAL

Il existe 02 types d'essais qui sont : (**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.

4. Conditions 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 $\geq 80\text{mm}$.
- Matériaux plastique **IP** $\leq 20\%$ ou organique.
- Matériaux gélifs.

Les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface pour laquelle ils seront exécutés, en évitant les sols à forte teneur en argile.

Les matériaux de remblais seront étalés par couche de **30cm** d'épaisseur au maximum 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 :

Les résultats des essais effectués ne sont pas prêts. car ils sont en cours d'exécution.

D'après mes renseignements personnels au sein de la SAETI :

- _ la chaussée existante à dédoubler est en bon état.
- _ On a pris un CBR de 5 par mesure de sécurité.

Chapitre IV

Tracé en plan

1. Généralités :

Par définition, le tracé en situation ou en plan ou encore tracé horizontal représente la projection verticale sur un plan horizontal de la route dans l'espace, ce plan est en général une carte topographique ou un plan de situation où le relief du terrain est représenté par les courbes de niveau. En général, il est constitué d'alignements droits raccordés par des courbes.

Il est caractérisé par la vitesse de référence appelée aussi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires de la route.

2. Les règles à respecter pour le tracé en plan :

- Eviter de passer sur les terrains agricoles si c'est possible.
- 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.
- 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.

3. Eléments du tracé en plan :

L'axe du tracé en plan est constitué d'une succession des alignements, des liaisons et des arcs de cercles comme il est schématisé ci-dessous :

3.1. Alignement :

Pendant longtemps, le tracé rectiligne a été considéré comme le meilleur parce que le plus court chemin, marqua un notable progrès en la matière actuellement, un tracé légèrement infléchi est généralement préféré, pour deux raisons : d'une part les très longs alignements sont favorable à l'éblouissement par les phares, la nuit et créent chez le conducteur une certaine torpeur, d'autre part la recherche d'une harmonie géométrique entre la route et le paysage s'accommode mal d'un tracé strictement rectiligne. On a donc tendance à remplacer les grandes lignes droites par une succession d'alignements courts et des courbes.

3.1. A. Règles concernant les alignements :

-Longueur maximale :

Pour réduire les effets de monotonie et d'éblouissement, la longueur maximale d'un alignement est prise égale à la distance parcourue pendant (01) minute à la vitesse v_B (m/s).

$$L_{\max} = 60 V_B \text{ avec } V \text{ en (m/s)}$$

-Longueur minimale :

Celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps t d'adaptation.

$$L_{\min} = 5 V_B \text{ avec } V \text{ en (m/s)}$$

Remarque :

Selon B40, entre deux courbes de même sens il faut avoir une longueur minimale de $L_{\min} = 5v$, et entre deux courbes de sens contraire on a : $L_{\min} = 3v$. On peut même annuler l'alignement droit entre deux courbes de sens différent (courbe en s)

La longueur minimale des alignements droits peut ne pas être respectée quelques fois en raison de la nature difficile du terrain naturel.

3.1. B. Avantage :

Pendant longtemps, le tracé en alignement droit a été considéré comme le meilleur parce que :

- C'est le plus court chemin.
- Absence des forces centrifuges.
- Bonnes conditions de visibilité.
- Dépassements aisés.
- Construction facile.

Il présente quand même quelques inconvénients tels que :

- La monotonie de conduite ;
- La vitesse excessive ;
- L'éblouissement par phares de nuit.
- L'appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.
- La mauvaise adaptation de la route au paysage.

Il existe toutefois des cas exceptionnels où l'emploi d'alignement se justifie :

- En plaine où des sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
- Dans des vallées étroites et rectilignes où les courbes imposeraient des ouvrages d'art.
- Le long de constructions existantes, (voie ferrée, lisière des forêts, cour d'eau, canaux).
- Pour donner la possibilité de dépassement à une route à deux voies ;
- En zone urbaine, où existent des passages imposés, des bâtiments, des plans d'alignement.

3.2. Arcs de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

- Stabilité des véhicules en courbe.
- Visibilité en courbe.
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

3.2.1-La stabilité en courbe :

En négociant un virage, un véhicule subit l'effet de la force centrifuge, c'est la raison pour laquelle on incline la chaussée vers l'intérieur (pour éviter le phénomène de dérapage) d'une pente exprimée par sa tangente

Rayon horizontal minimal absolu :

C'est le rayon minimum pour lequel la stabilité du véhicule est assurée, et il ne faut ; jamais descendre au-dessous de cette valeur, et il est défini comme étant le rayon de devers maximal.

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

Rayon minimal normal :

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

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

Rayon au devers minimal :

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

Dévers associé $d_{\min} = 2.5\%$.

$$RHm = \frac{VB^2}{127 (ft + d_{\max})}$$

Rayon minimal non déverse :

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toit et le devers est négatif pour l'un des sens de circulation ; le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non déversé (RHnd).

$$RHnd = \frac{VB^2}{127 \times 0,035}$$

3.3.courbe de raccordement :

Un tracé rationnel de route moderne comportera des alignements, des arcs de cercle et entre eux, des tronçons de raccordement de courbure progressive, passant de la courbure 0 ($R = \text{infini}$) à l'extrémité de l'alignement à la courbure $1/R$ au début du cercle du virage.

3.3. A. Rôles et nécessités de la courbe de raccordement:

- Assurer la stabilité transversale des véhicules.
- Assurer un bon écoulement des eaux.
- Assurer aux usagers une vue satisfaisante de la route et en particulier dans les zones de variations de devers (condition de gauchissement).
- Assurer le confort des usagers.
- Tracé souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

3.3. B. Types de courbe de raccordement :

Les chercheurs, en se basant sur une condition, celle de la variation continue de la courbure ont abouti à trois courbes qui sont les suivantes :

1-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).

2-lemniscate :

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.

3-clothoïde :

Parmi les courbes susceptibles de satisfaire à cette condition de variation continue du rayon de courbure, c'est la clothoïde qui a été retenue en matière de tracé routier.

Cette courbe est une spirale dont le produit, en chaque point du rayon de courbure par la longueur de l'axe (la développée), a une valeur constante égale à A^2 . L'équation paramétrique de cette courbe est donc : $A^2 = RL$

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

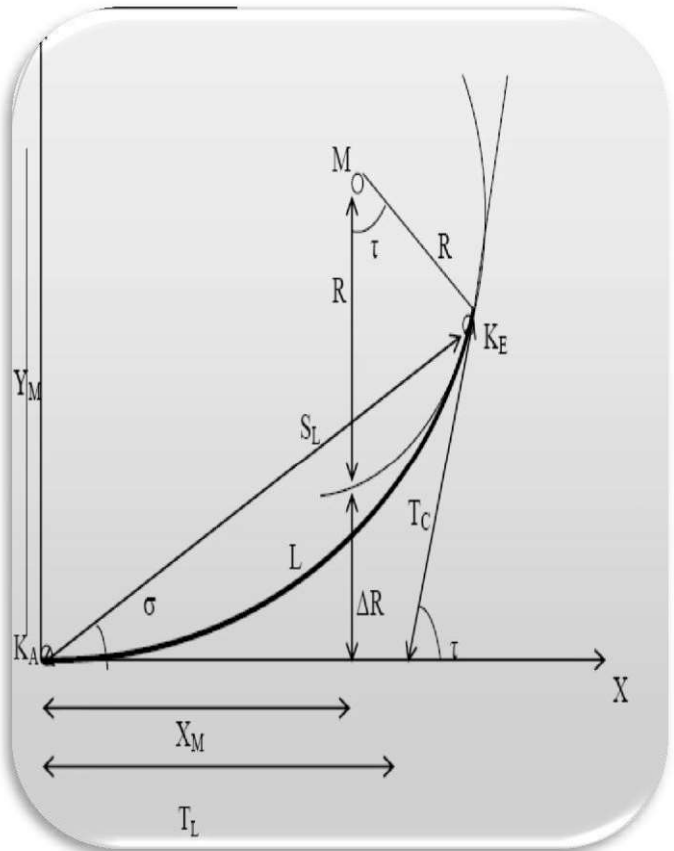
Parcourue à vitesse constante, la clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

3. A. Expression mathématique de la clothoïde :

Courbure K linéairement proportionnelle à la longueur curviligne L .

$$\left\{ \begin{array}{l} K = C \cdot L \\ K = 1/R \end{array} \right. \Rightarrow \text{On pose: } 1/C = A^2 \Rightarrow L \cdot R = A^2$$

R : Rayon du cercle
L : Longueur de la branche de clothoïde.
A : Paramètre de la clothoïde.
KA : origine de la Clothilde
KE : extrémité de la clothoïde.
R : ripage.
M : centre du cercle d'abscisse **XM**.
XM : abscisse du centre du cercle **M** à partir de **KA**.
YM : ordonnée du centre du cercle **M** à partir de **KA**.
TC : tangente courte.
TL : tangente longue
 τ : Angle des tangentes.
 σ : Angle polaire.



3.3. C. les conditions de raccordement :

1- condition optique :

La clothoïde doit aider à la lisibilité de la route en amorçant le virage, la rotation de la tangente doit être $\geq 3^\circ$ pour être perceptible à l'œil.

$$R > A \geq R/3$$

2- règle générale (B40):

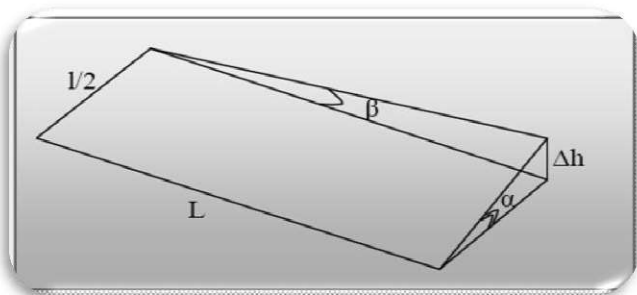
$$R \leq 1500\text{m} = \Delta R = 1\text{m} \text{ (éventuellement 0.5m)}$$

$$1500 \leq R \leq 5000\text{m}$$

$$R \geq 5000\text{m} = R = 2.5 \text{ m}$$

3-condition de gauchissement :

Cette condition a pour objet d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation de dévers. Elle se traduit par la limitation de la pente relative du profil en long au bord de la chaussée par rapport à celle de son axe.



L : longueur de raccordement.

l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.

$$L = l \cdot \Delta d \cdot V_R$$

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 demi-chaussée extérieure au virage.

Cette variation est limitée à 2%.

4-condition de confort dynamique :

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours d'un raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule,

La variation de l'accélération transversale est : $(V_R^2 / (R \cdot g \cdot \Delta d))$

Ce dernier est limité à une fraction de l'accélération de pesanteur

$$K_g = 1/0.2 V_R$$

On opte

$$L (m) \geq V_R^2 / 18 (V_R^2 / 127 - \Delta d)$$

V_R : vitesse de base (Km/h)

R : rayon en mètre (m)

Δd : la variation de divers ($\Delta d = d_{\text{final}} - d_{\text{init}}$) (%)

4. Combinaison des éléments du tracé en plan :

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

4.1. 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.

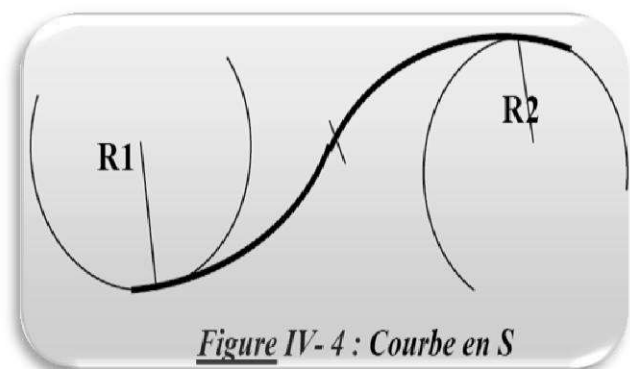
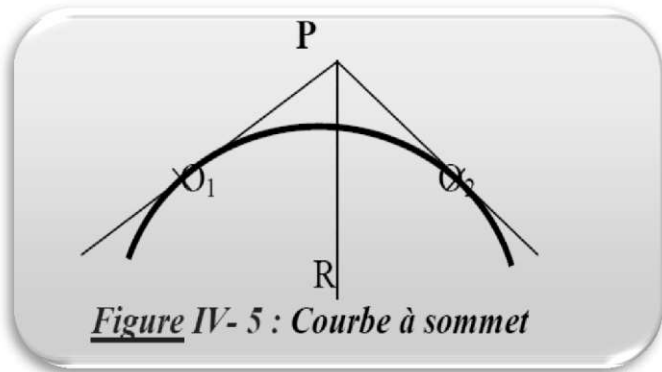


Figure IV- 4 : Courbe en S

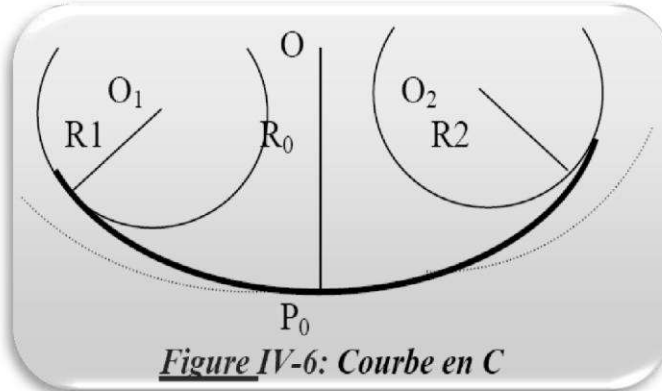
4.2- courbe à sommet :

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



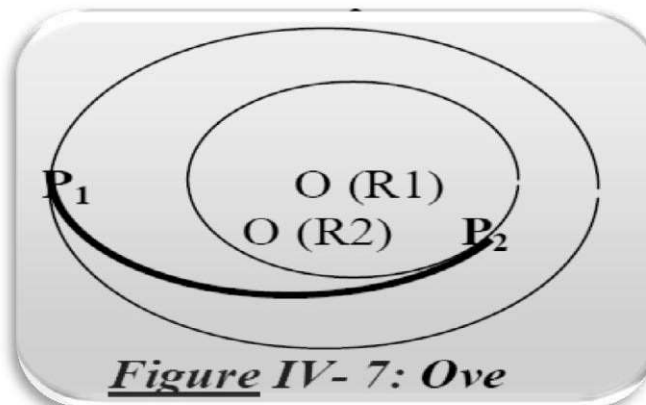
4.3- courbe en c :

Une courbe constituée de deux (02) 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.



4.4. Ove :

Un arc de clothoïde raccordant deux arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique.



5. 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.

5.1. 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: **2,5%**

5.2. 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.

5.3. 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.

5.4. Calcul des devers :

Dans les alignements droits et dans les courbes de **$R \geq RHnd$** 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 « **$1/R$** ».

$$RHm < R < RHn \text{ on a: } d = \frac{\left(\frac{d_{(RHm)}}{1} - \frac{d_{(RHn)}}{1} \right)}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHn}} \cdot \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHm} \right) + d_{(RHm)}$$

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

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.

5.5. 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

$D_{min} \rightarrow$

$$D_{min} = \frac{5}{36} v_B \Delta d$$

d_{min} 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.

6. La vitesse de référence :

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 (traverser d'une ville, modification du relief...etc.).

6.1. Choix de la vitesse de référence :

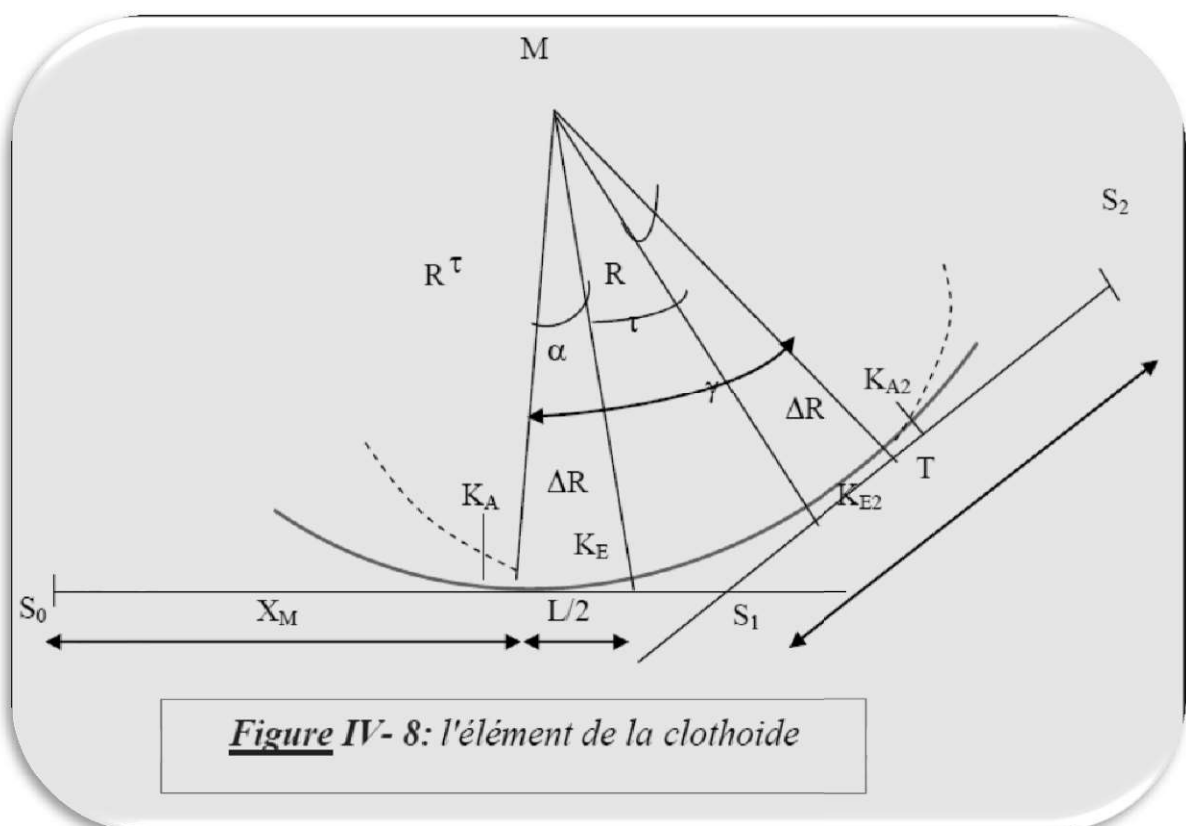
Le choix de la vitesse de référence dépend de :

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

6.2. Vitesse de projet:

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

7. Calcul d'axe :



Le calcul d'axe est l'opération de base par laquelle toute étude d'un projet routier doit commencer, elle consiste au calcul d'axe point par point du début du tronçon à sa fin.

On a le tableau des coordonnées (x, y) des sommets qui sont déterminés par simple lecture à partir de la carte topographique et les rayons choisis pour les différentes directions.

Le calcul d'axe se fait à partir d'un point fixe dont on connaît ses coordonnées; et il doit suivre les étapes suivantes :

- Calcul des gisements.
- Calcul de l'angle d entre les alignements.
- Calcul de la tangente **T**.
- Calcul de la corde polaire **SL**.
- Calcul de l'angle polaire
- Vérification de non- chevauchement.
- Calcul de l'arc en cercle.
- Calcul de des coordonnées de points particuliers.
- Calcul de kilométrage des points particuliers.

Application au projet

Pour notre projet qui est situé dans un environnement (**E2**), classé en catégorie (**C2**) avec une vitesse de base **80 km/h** et à partir du règlement Algérien **B40** on peut déterminer le tableau suivant :

Paramètres	Symboles	valeurs
Vitesse (Km/h)	VB	80
Longueur minimale (m)	Lmin	111
Longueur maximale (m)	Lmax	1333
Frottement longitudinal	fL	0.39
Frottement transversal	ft	0,13
Distance de freinage (m)	d0	65
Distance d'arrêt (m)	d1	109
Temps de perception réaction (s)	t1	2
Distance de visibilité de dépassement minimale (m)	dm	320
Distance de visibilité de dépassement normale (m)	dn	480
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	dmd	200
Rayon horizontal minimal (m).	RHm (7%)	250
Rayon horizontal normal (m).	RHN (5%)	400
Rayon horizontal déversé (m).	RHd (2,5%)	1000
Rayon horizontal non déversé (m).	RHnd(-2,5%)	1400

Rayons en plan et devers associés (C1-E1) Paramètres

8.1. Calcule d axe

	X(m)	Y(m)
P_{s0}	617035.854	3856512.73
P_{s1}	617387.0211	3856403.74
P_{s3}	619317.7617	3856772.9378

8.1. A. caractéristiques de la courbe de raccordement :**A. Calcul du paramètre A :**

$$\frac{R}{3} \leq A_{\min} \leq R \quad \text{D'où} \quad 83.33 \leq A_{\min} \leq 250$$

$$83.33 \leq A_{\min} \leq 250$$

B. Détermination de L :**1. Condition de confort optique :**

$$L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \quad \text{Comme } R = 250\text{m} < 1500\text{m} \quad \Delta R = 1$$

$$\text{Donc : } L \geq \sqrt{24 \times 250 \times 1} = 77\text{m}$$

2. Condition de confort dynamique et de gauchissement :

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

$$\Delta d = ?$$

$$\Delta d = d - (-2,5)$$

$$R = 250 \text{ m} \Rightarrow d = 7 \% \Rightarrow \Delta d = 5,63 - (-2,5) = 9.5 \%$$

$$L \geq \frac{5}{36} 9.5 \times 80 = 105.5\text{m} \dots\dots\dots(2)$$

De (1) et (2) on aura: $L \geq 105.5 \text{ m}$.

$$L = A^2/R \Rightarrow A = \sqrt{LR} = 162.79 \text{ m}$$

On prend: $A = 163 \text{ m}$ $L = A^2/R$ donc :

$$L=106$$

$$A=163$$

Calcul de ΔR :

$$\Delta R = L^2 / 24R = 106.27^2 / (24 \times 250) = 1,88\text{m}$$

$$\Delta R = 1,88\text{m}$$

C. Calcul des Gisements :

$$\begin{array}{l}
 S_0 S_1 \left\{ \begin{array}{l} |\underline{\Delta X}| = |X_{S1} - X_{S0}| = \mathbf{351,167m} \\ |\underline{\Delta Y}| = |Y_{S1} - Y_{S0}| = \mathbf{108,99m} \end{array} \right. \\
 S_1 S_2 \left\{ \begin{array}{l} |\underline{\Delta X_1}| = |X_{S2} - X_{S1}| = \mathbf{1930,74m} \\ |\underline{\Delta Y_1}| = |Y_{S2} - Y_{S1}| = \mathbf{369.1973 m} \end{array} \right.
 \end{array}$$

D'où:

$$\begin{cases} G_{s0}^{s1} = 200 - \arctg \frac{|\underline{\Delta X}|}{|\underline{\Delta Y}|} = 119.16 \text{ grades} \\ G_{s1}^{s2} = 100 - \arctg \frac{|\underline{\Delta Y_1}|}{|\underline{\Delta X_1}|} = 87.97 \text{ grades} \end{cases}$$

d. Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |G_{s1}^{s2} - G_{s0}^{s1}| = \mathbf{31.19 \text{ grades}}$$

$$\gamma = \mathbf{31.19 \text{ grades}}$$

e. Calcul de l'angle τ :

$$\tau = \frac{L}{2R} \cdot \frac{200}{\pi} = \frac{106}{2 \times 250} \times \frac{200}{\pi}$$

$$\tau = \mathbf{13.50 \text{ grades}}$$

F. Vérification de non chevauchement

$$\tau = 13.50 \text{ grades}$$

$$\gamma / 2 = 31.19 / 2 = 15.59 \text{ grades}$$

D'où :

$$\tau < \gamma / 2 \Rightarrow \text{pas de chevauchement.}$$

J. Calcul des distances

$$S_1 S_0 = \sqrt{(\underline{\Delta X}^2 + \underline{\Delta Y}^2)} = \sqrt{351.16^2 + 108.99^2} = \mathbf{367.69m}$$

$$S_2 S_1 = \sqrt{(\underline{\Delta X_1}^2 + \underline{\Delta Y_1}^2)} = \sqrt{1930.74^2 + 369.197^2} = \mathbf{1965.722m}$$

H. Caractéristiques de la courbe de raccordement :

On a: $\frac{L}{R} = \frac{106}{250} = 0.424$

A partir des tables de clothoïdes ligne **N° 376**, on tire les valeurs suivantes:

$$\frac{\Delta R}{R} = 0.00752 \Rightarrow \Delta R = 1.88\text{m}$$

$$\frac{X_m}{R} = 0.212 \Rightarrow X_m = 53\text{m}$$

$$\frac{X}{R} = 0.42 \Rightarrow X = 105.52\text{m}$$

$$\frac{Y}{R} = 0.023 \Rightarrow Y = 7.49\text{m}$$

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

$$T = 53 + (250 + 1.88) \operatorname{tg} 15.59$$

$$T = 115$$

I. Calcul des coordonnées s_L:

$$S_L = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

$$\text{Avec : } S_L = \sqrt{(105.52)^2 + (7.49)^2} = 105.78 \text{ m}$$

$$S_L = 105.78$$

Calcul de σ :

$$\sigma = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{Y}{X} = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{7.49}{105.52} = 4.75$$

$$\sigma = 4.75 \text{ grades}$$

Calcul de l'arc :

$$K_{E1} K_{E2} = \frac{[\pi \cdot R (\gamma - 2 \varphi)]}{200}$$

$$K_{E1} K_{E2} = \frac{[\pi \cdot 250 (31.19 - 27)]}{200} = 16.45 \text{ m}$$

$$K_{E1} K_{E2} = 16.45 \text{ m}$$

G. Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$K_{A1} \left\{ \begin{array}{l} X_{KA1} = X_{s0} + (\overline{s_0 s_1} - T) \times \cos (G_{s1}^0 - 100) \\ Y_{KA1} = Y_{s0} - (\overline{s_0 s_1} - T) \times \sin (G_{s1}^0 - 100) \end{array} \right.$$

$$K_{A1} \left\{ \begin{array}{l} X_{KA1} = 617035.850 + (367.69 - 115) \times \cos (119.16 - 100) = 617277.18 \text{ m} \\ Y_{KA1} = 3856512.73 - (367.69 - 95,412) \times \sin (119.16 - 100) = 3856432.01 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$K_{E1} \left\{ \begin{array}{l} X_{KE1} = X_{KA1} + S_L \times \cos (G_{s1}^{s0} - 100 - \sigma) \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} - S_L \times \sin (G_{s1}^{s0} - 100 - \sigma) \end{array} \right.$$

$$K_{E1} \left\{ \begin{array}{l} X_{KE1} = 617277.18 + 105.78 \times \cos(119.16 - 100 - 4.75) = 617380.26 \text{ m} \\ Y_{KE1} = 3856432.01 - 105.78 \times \sin(119.16 - 100 - 4.75) = 3856408.27 \text{ m} \end{array} \right.$$

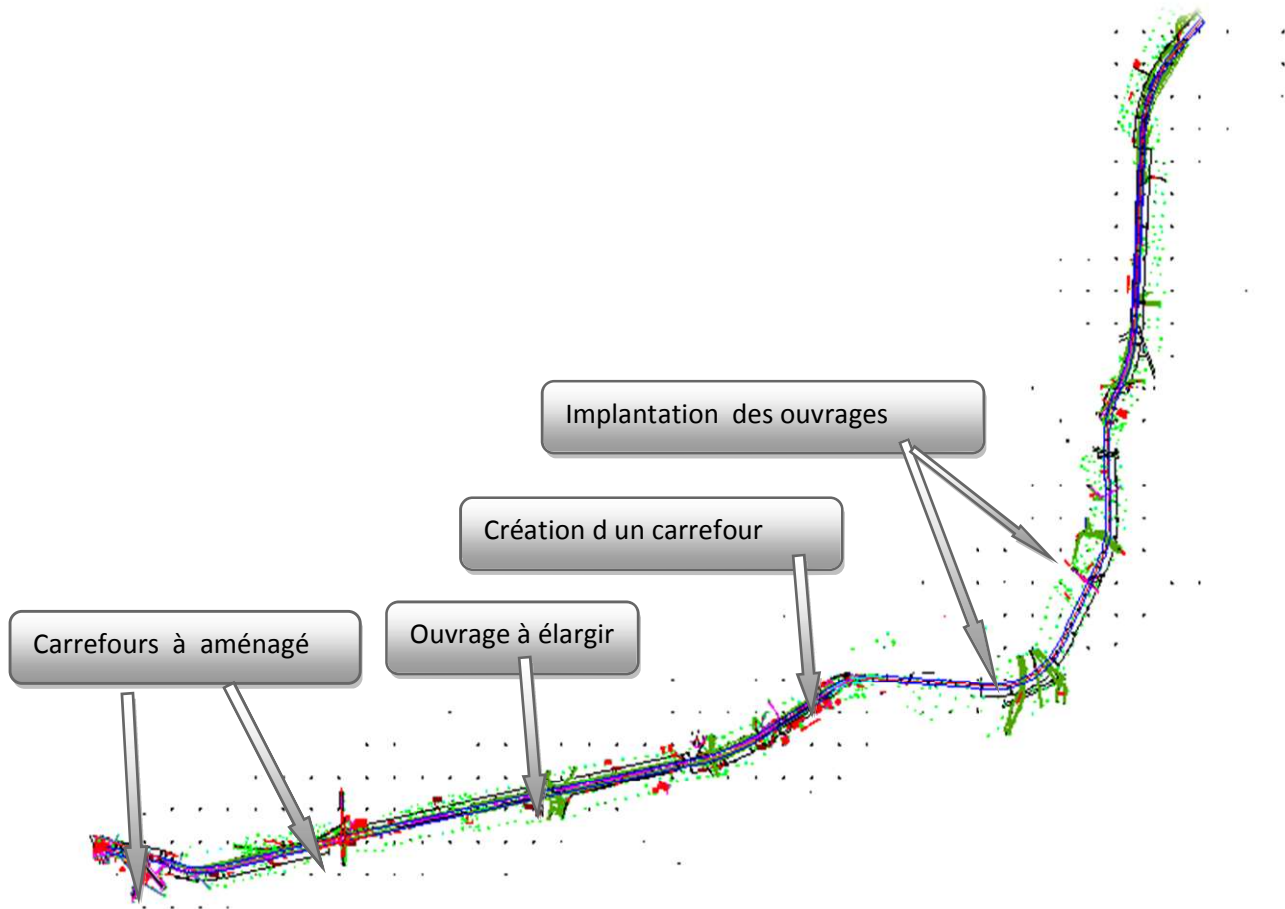
$$K_{A2} \left\{ \begin{array}{l} X_{KA2} = X_{s1} + T \times \cos (-G_{s2}^1 + 100) \\ Y_{KA2} = Y_{s1} - T \times \sin (-G_{s2}^1 + 100) \end{array} \right.$$

$$K_{A2} \left\{ \begin{array}{l} X_{KA2} = 617387.02 + 115 \times \cos (100 - 87,97) = 617499.98 \text{ m} \\ Y_{KA2} = 3856403.74 - 115 \times \sin (100 - 87,97) = 3856382.14 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$K_{E2} \left\{ \begin{array}{l} X_{KE2} = X_{KA2} - S_L \times \cos (100 - G_{s1}^{s2} + \sigma) \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} - S_L \times \sin (G_{s1}^{s2} - 100 + \sigma) \end{array} \right.$$

$$K_{E2} \left\{ \begin{array}{l} X_{KE2} = 6174599.98 - 105.78 \times \cos(100 - 87.97 + 4.75) = 6174497.85 \text{ m} \\ Y_{KE2} = 3856382.14 - 105.78 \times \sin(100 - 87.97 + 4.75) = 3856354.58 \text{ m} \end{array} \right.$$

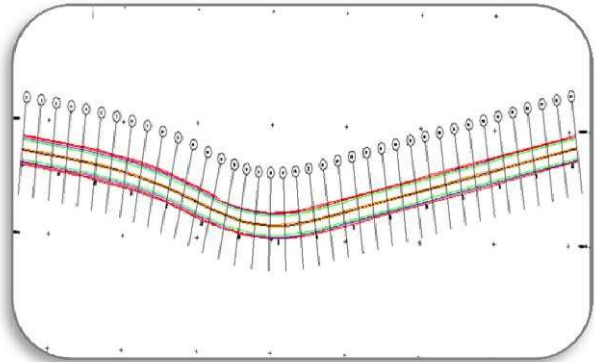
8.2. Allure générale du tracé en plan :



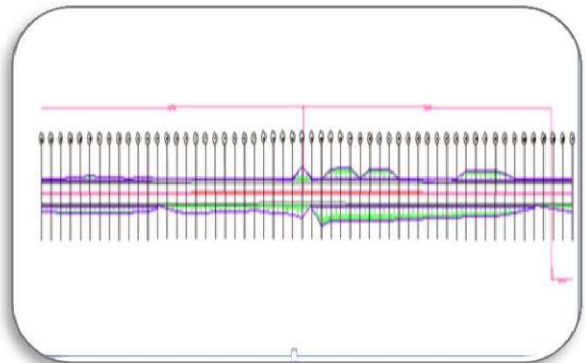
Dans le cadre des efforts d'améliorations des conditions de circulation en matières de sécurité et d'écoulement du trafic ; le future axe de modernisation de la RN35 qui consiste à dédoubler cette dernière avec différentes améliorations du point de vue tracé géométrique le dédoublement se fera parallèlement à la chaussée existante pour cela les solutions proposées sont :

- L'une consiste un dédoublement de la RN35 sans toucher à la route actuelle
- L'autre on procédera à la correction des dévers de la chaussée existante ainsi q un renforcement de 8cm.
- Sans oublier q' au PK2+800 l'entrée du village EL KHEFAF sera contourner par un tracé neuf.
- Sur le tronçon à étudier 03 carrefour principaux seront aménagés en carrefours giratoires vue que la configuration actuelle ne répond pas aux normes de sécurité en vigueur.

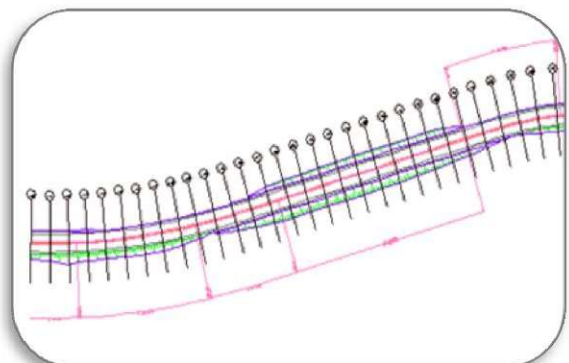
- Du PK0 au PK0+460 l'axe de dédoublement sera projeté à gauche et à droite de la chaussée existante. On a évité des contraintes qui nous ont limité le choix. On a utilisé une courbe en S afin de passer au milieu de la chaussée



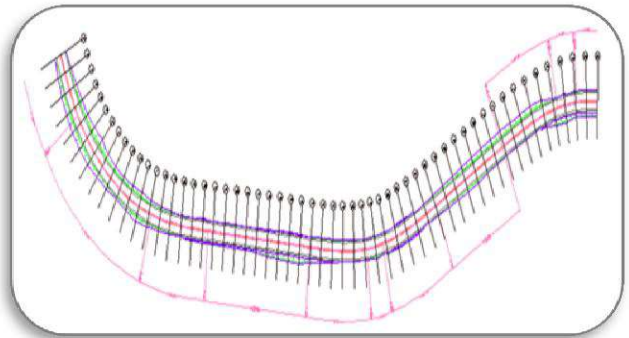
- Du PK0+460 au PK2 +360 l'axe sera projeté à droite de la chaussée existante avec un alignement droit, donc on récupère cette dernière, avec l'élargissement d'un ouvrage au niveau du PK1 +625.



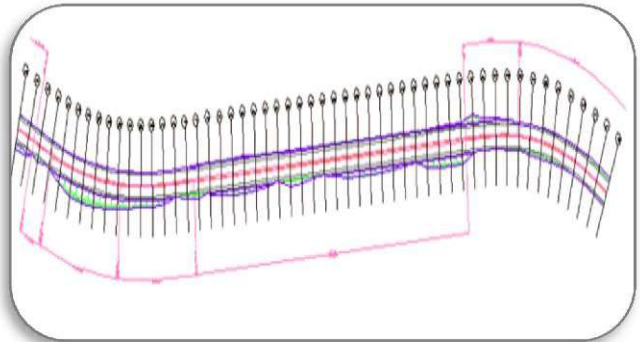
- Du PK2+360 au PK2 +800 ; l'axe sera projeté à gauche et à droite pour éviter la démolition des constructions et faciliter l'accès à l'évitement en gardant l'ancienne route qui mène au village ; pour cela on a utilisé une courbe de 250m encadré par des clothoïdes de paramètre $A = 164$ séparé par un alignement droit.



- par la suite le site du projet est caractérisé par une forte densité de construction à usage d'habitations (village EL KHEFAF). Le village sera contourné par un tracé neuf avec des clothoïdes.



A la sortie de l'évitement le tracé s'infléchit vers la droite rejoignant la chaussée avec une courbe en S afin de maintenir le dédoublement qui se fera à droite de la chaussée existante jusqu'au pk5+634.



Chapitre V Profil en long

1. Définition :

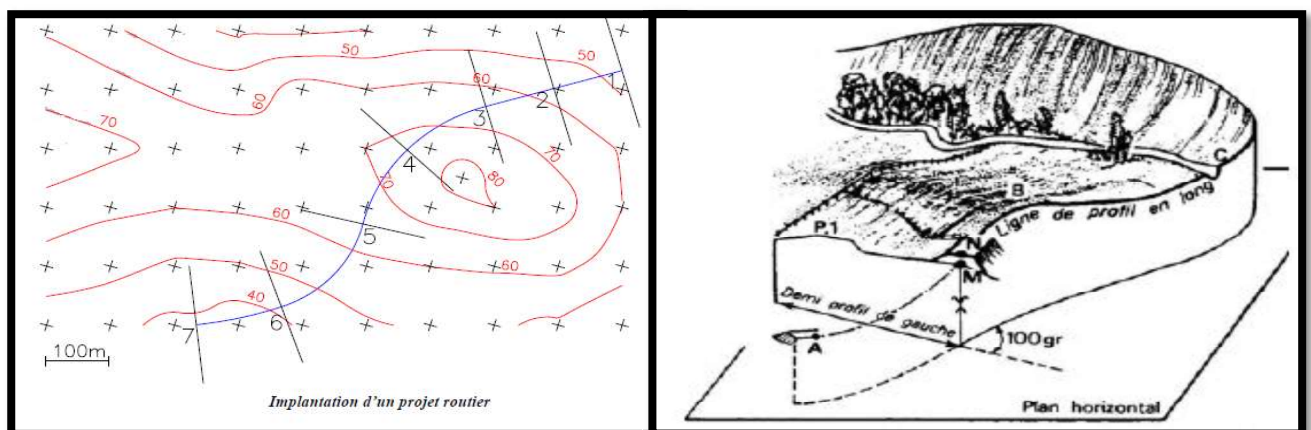
Le profil en long d'une route est la coupe longitudinale, par un plan vertical passant par l'axe de la route.

Il est constitué généralement d'une succession d'alignements droits raccordés par des courbes circulaires. Du fait que les rayons verticaux sont très grands, l'introduction de courbes de raccordement progressif n'est pas nécessaire.

Le pourcentage de déclivité dans les rampes et pente est choisi de manière à :

- Assurer une circulation sans gêne due au trafic de poids lourds en limitant les valeurs des rampes si possible aux valeurs des normes, ou en créant des voies supplémentaires pour les poids lourds.
- Assurer l'évacuation des eaux de la plateforme dans les sections longues en déblais ou dans les zones de devers nul par la création des pentes longitudinales.
- Le passage d'une déclivité à une déclivité suivante est adouci par l'aménagement de raccordement circulaire dont on distingue :
 - Rayon en angle saillant (ou convexe)
 - Rayon en angle rentrant (ou concave).

Pour le calcul des deux raccordements on tient compte du problème de visibilité pour le premier et le problème de confort pour le deuxième.



2. trace de la ligne rouge :

Le tracé de la ligne rouge qui constitue la ligne projet retenue n'est pas arbitraire mais il doit répondre à certaines conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux pluviales. Parmi ces conditions il y a lieu :

- D'adapter au terrain naturel pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être coûteux.
- De rechercher l'équilibre adéquat entre le volume de remblais et de déblais.
- De ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les règlements.
- D'éviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance.
- D'éviter d'introduire un point bas du profil en long dans une partie en déblais qui risque de créer celles qui sont liées aux difficultés de terrassement et à l'évacuation des eaux pluviales.

Le remède est soit de relever ce point au dessus du terrain naturel soit d'atténuer les déclivités arrivant de chaque côté de ce point bas.

- D'éviter les hauteurs excessives de remblais.
- Prévoir le raccordement avec les réseaux existants.
- Au changement de déclivité (butte ou creux) on raccordera les alignements droits par des courbes paraboliques.
- D'assurer une bonne coordination du tracé en plan et le profil en long.
- D'adapter d'une déclivité minimale de **0.5%** qui permet d'éviter la stagnation des eaux pluviales.

3. Définition de la déclivité :

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

3.1. Déclivité minimale :

Dans les zones ou le terrain est plat, la pente d'une route ne doit pas être au-dessous de **0.5%** et de préférence **1%** si possible afin d'assurer un écoulement aussi rapide des eaux de pluie le long de la chaussée.

3.2. Déclivité maximale :

Elle doit être inférieure à une valeur maximale associée au niveau de service

La déclivité maximale dépend de :

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

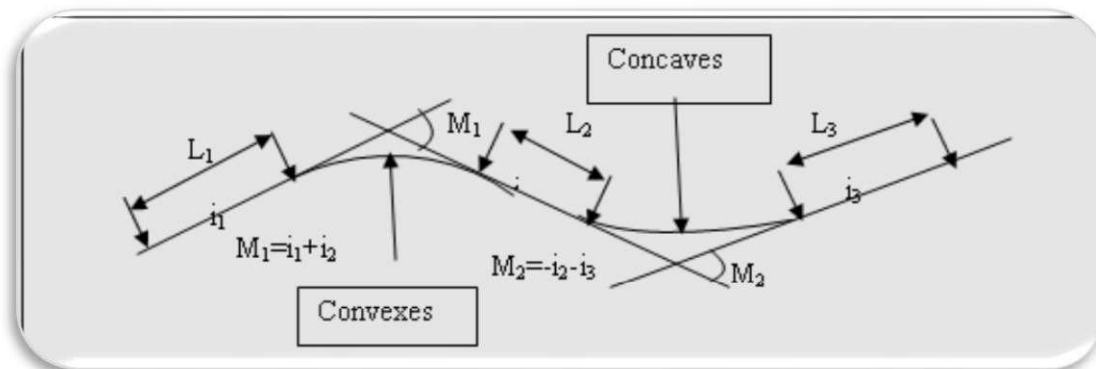
Pour notre cas la vitesse **VB=80 Km/h** donc la pente maximale **Imax =7%**.

4. Raccordement en profil en long :

Le changement des déclivités constitue des points particuliers au niveau du profil en long.

A cet effet, le passage d'une déclivité à une autre doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire où leur conception est subordonnée à la prise en considération de la visibilité et du confort.

On distingue donc deux types de raccordement :



4.1. Raccordement convexe (angle saillant) :

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angle saillant sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain. Les conceptions doivent satisfaire aux conditions suivantes :

4.1. A. Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à « $g/40$ (cat 1-2) et $g/30$ (cat 3-4-5) ».

Le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

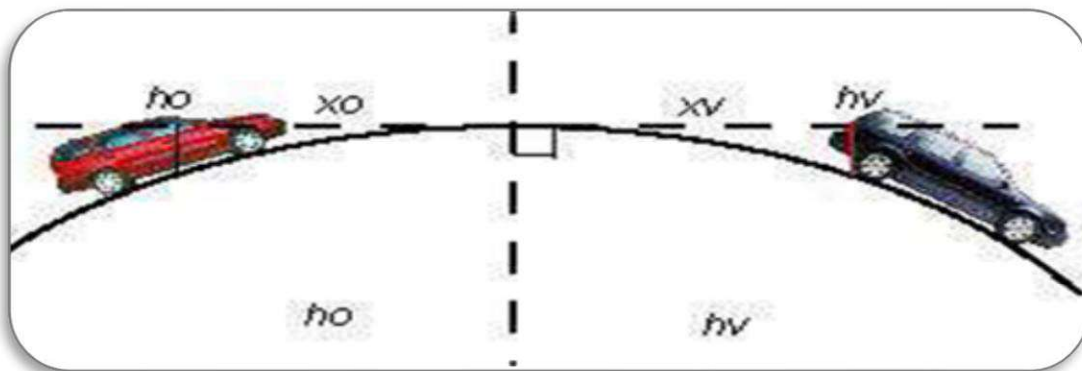
$$\text{D'où} \begin{cases} v^2 / R_v < g / 40 \text{ avec } g = 10 \text{ m/s}^2 \text{ et } v = V/3.6. \\ R_v \geq 0,30 V^2 \text{ (cat 1-2).} \\ R_v \geq 0,23 V^2 \text{ (cat 3-4-5).} \end{cases}$$

R_v : c'est le rayon vertical (m).

V : vitesse de référence (km/h).

4.1. B. Condition de visibilité :

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme condition suppléant à celle de condition confort.



Il faut que pour deux véhicules circulant 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 : **D₁** : distance d'arrêt (m),

h₀ : hauteur de l'œil (m),

h₁ : hauteur de l'obstacle (m),

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

Dans le cas d'une route unidirectionnelle « bretelles » :

h₀ = 1,1 m,

h₁ = 0,15 m

$$R_v = 0.24 D_1^2$$

4.2. Raccordements concaves (angle rentrant) :

Dans le cas de raccordement dans les points bas, la visibilité du jour n'est pas déterminante, plutôt c'est pendant la nuit qu'on doit s'assurer que les phares du véhicule devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle, la visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant la relation :

$$R_v' = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0,035 \times d_1)}$$

Les paramètres géométriques concernant le tracé de la ligne rouge sont donnés par le tableau suivant (**selon le B40**) :

Catégorie		C ₂
environnement		E ₂
Vitesses de base (Km/h)		80
Rayon en angle saillant R_v	Route unidirectionnelle : (2x2 voies)	2500
	R_{vM} (minimal absolu) en m	6000
	R_{vN} (minimal normal) en m	
Rayon en angle rentrant R_v	Route unidirectionnelle : (2x2 voies)	2400
	R_{vM} (minimal absolu) en m	2400
	R_{vN} (minimal normal) en m	
Déclivité max	7%	

5. Coordination du tracé en plan et du profil en long :

Pour qu'une route présente des caractéristiques satisfaisantes, il ne suffit pas que son tracé en plan et son profil en longs, considérés isolements, soient aux règles qui leur sont propres. Il faut aussi que le tracé en plan et le profil en long de la route aient l'objet d'une étude d'ensemble assurant leur coordination.

La coordination du tracé en plan et du profil en long a pour objectif principal d'assurer aux usagers une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité.

La route telle qu'elle apparaît en perspective de chaque point du parcours, doit permettre à l'utilisateur :

- De distinguer la chaussée et les obstacles éventuels à une distance assez grande pour lui permettre de manœuvrer ou de s'arrêter. Ce sont les conditions de visibilité.
 - De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, Échangeurs...etc.).
 - De prévoir de loin l'évolution du tracé, sans être abusé par des trompe-l'œil ou gêné par des brisures ou des discontinuités.
- Les règles qu'il faut suivre pour éviter les défauts résultants, d'une mauvaise

Pour éviter les défauts résultants d'une mauvaise coordination entre le tracé en plan et le profil en long, les règles suivantes sont à suivre :

- Si le profil en long est convexe, augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan.
- Avant un point haut, amorcer la courbe en plan.
- 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).

5.1. Avantages de la coordination du tracé en plan et du profil en long :

La coordination du dimensionnement des courbes en tracé en plan et en profil en long permettra d'harmoniser les ondulations du tracé, on évitera ainsi l'impression d'un tracé en plan inutilement sinueux ou l'inconvénient d'un tracé rectiligne en plan et sinueux en profil en long.

La coordination du tracé en plan et du profil en long peut aussi avoir pour objet l'amélioration de la stabilité des véhicules dans les cas des rayons de courbures de faibles valeurs en tracé en plan.

- Pour l'implantation des points singuliers on évitera les points hauts, les courbes de faible rayon en plan, les zones de discontinuité du tracé en perspective.
- Par exception aux règles précédentes, les rayons de courbure du tracé en plan inférieur à RHN doivent être associés soit à un point bas, soit à une section rectiligne ou quasi-rectiligne du profil en long et non à un point haut du profil en long.

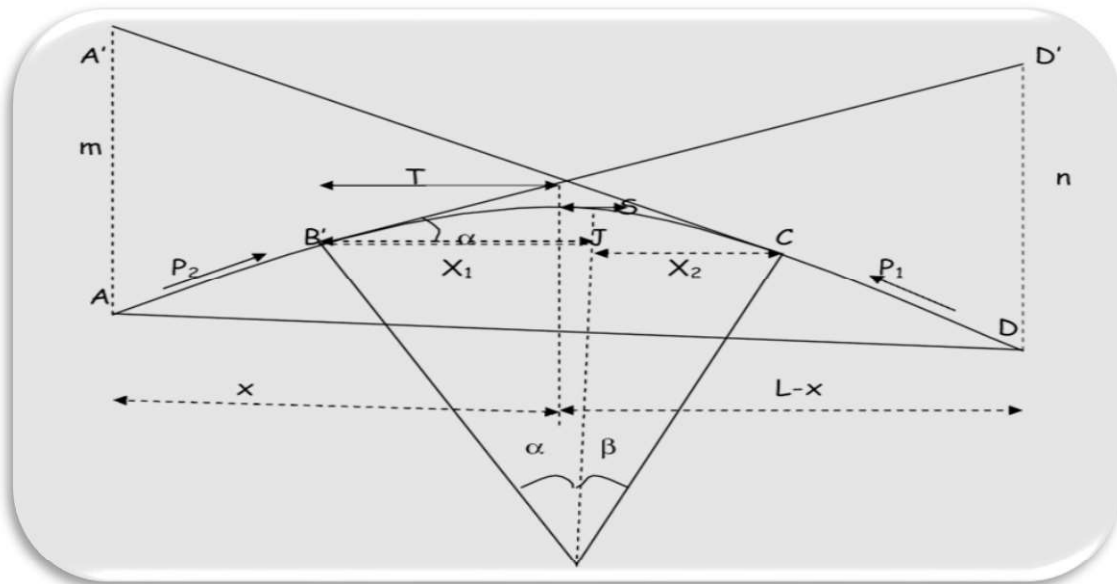
6. Détermination pratiques du profil en long :

Ce calcul consiste à déterminer toutes les coordonnées des points particuliers du raccordement, tout calcul des éléments du profil en long doit suivre les étapes suivantes :

- Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) les points A, D.
- Donnée La pente P_1 de la droite (AS)
- Donnée la pente P_2 de la droite (DS)
- Donnée le rayon R

Dans les études des projets, on assimile l'équation du cercle : $X^2 + Y^2 - 2 R Y = 0$.

A l'équation de la parabole $X^2 - 2 R Y = 0 \Rightarrow Y = \frac{x^2}{2R}$



6.1. Détermination de la position du point de rencontre (s) :

On a : $ZA = ZD' + L p_2$, $m = ZA' - ZA$

$ZD = ZA' + L p_1$, $n = ZD - ZD'$

Les deux triangles $A'SA$ et SDD' sont semblables donc :

$$m/n = x/(L-x) \Rightarrow x = m \cdot L / (n + m)$$

$$S \begin{cases} XS = X + XA \\ ZS = p_1 X + ZA \end{cases}$$

6.2. Calculs de la tangente

$$T = R \cdot (p_1 + p_2) / 2$$

On prend (+) lorsque les deux pentes sont de sens contraires, on prend (-) lorsque les deux pentes sont de même sens. La tangente **T** permet de positionner les pentes de tangentes **B**, **C**.

$$B \begin{cases} X_B = X_S - T \\ Z_B = Z_S - T \cdot p_1 \end{cases} \quad C \begin{cases} X_C = X_S + T \\ Z_C = Z_S + T \cdot p_2 \end{cases}$$

6.3. Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR=2T$$

Calcul de la flèche :

$$H=T^2/2R$$

Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant M sur la courbe :

$$M \begin{cases} B=T^2/2R \\ Z_M=Z_B+X P_1-T^2/2R \end{cases}$$

Calcul des cordonnées du sommet de la courbe (T)

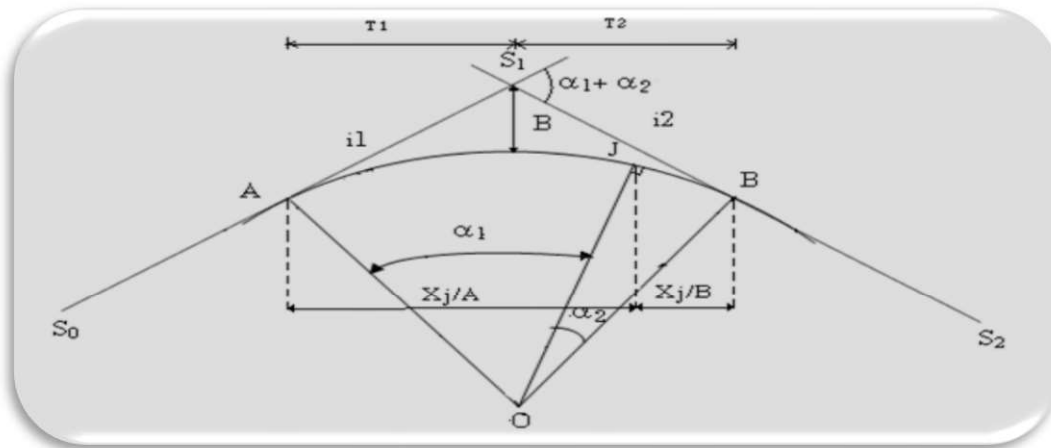
Le point J correspond au point le plus haut de la tangente horizontale.

$$\begin{array}{l} X_1=Rp \\ X_2=Rp_2 \end{array} \quad J \quad \begin{cases} X_J=X_B-R.P_1 \\ Z_J=Z_B+X_1.P_1-T_1^2/2R \end{cases}$$

Dans le cas des pentes de même sens le point **J** est en dehors de la ligne de projet et ne présente aucun intérêt. Par contre dans le cas des pentes de sens contraire, la connaissance du point (J) est intéressante en particulier pour l'assainissement en zone de déblai, Le partage des eaux de ruissellement se fait a partir du point **J**, c'est à dire les pentes des fossés descendants dans les sens J(A) et J(D).

Application au projet

7. Raccordement (convexe)



S	X (m)	z (m)	R (m)
S0	0	421.383	2500
S1	100	422.704	
S2	160	423.498	

7.1. Calcul des pentes :

$$\begin{cases} i_1 = (z_1 - z_0) / (x_1 - x_0) * 100 = \mathbf{1.32\%} \\ i_2 = (z_2 - z_1) / (x_2 - x_1) * 100 = \mathbf{1.98\%} \end{cases}$$

7.2. Calcul de t

$$T_1 = T_2 = R * (|i_1 - i_2|) / 2 = \mathbf{82.5 \text{ m}}$$

La longueur de la courbe est : $2 \times T = \mathbf{165 \text{ m}}$

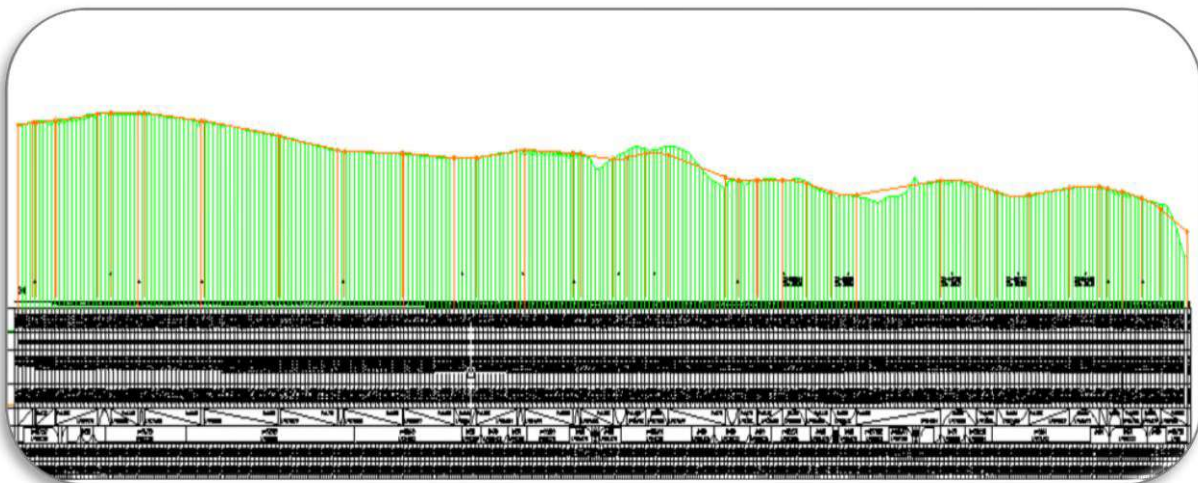
7.3. Calcul de la bissectrice

$$B = T^2 / 2R = \mathbf{1.36 \text{ m}}$$

7.4. Calcul des points Tangents :

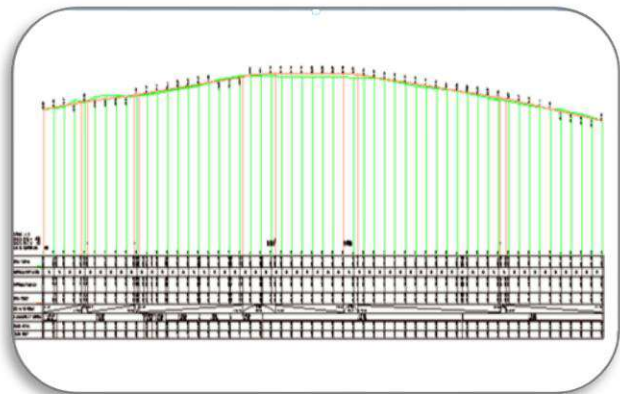
A	{	$X_A = X_{s1} - T = 17.5\text{m}$ $Z_A = Z_{s1} - (i_1 * T) = 421.61\text{m}$		{	$X_j/A = Rxi1 = 33\text{m}$ $X_j/A = Rxi1 = 33\text{m}$
B	{	$X_B = X_{s1} + T = 182.5\text{m}$ $Z_B = Z_{s1} + (i_2 * T) = 424.337\text{m}$		{	$X_j = X_A + X_j/A = 50.5\text{m}$ $Z_j = Z_A + (X_j/A * i_1) - ((X_j/A)^2 / 2R) = 421.828\text{m}$

Allure du profile en longue

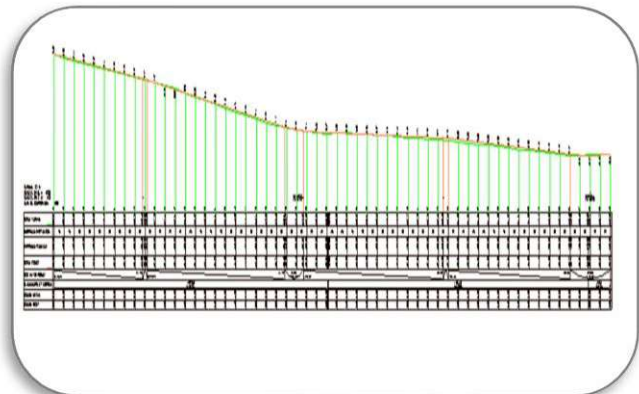


- Au niveau du dédoublement le terrain est peut vallonné
- Dans la partie évitement on a rencontré des montés et des descentes de différentes altitudes et aussi des oueds de différent écoulement.

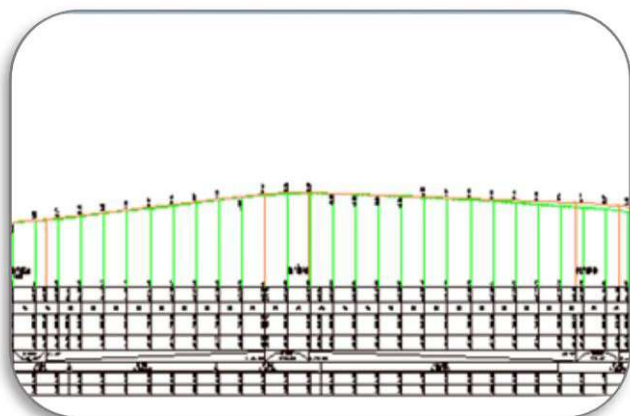
- DU PK0 au PK1+80 on a épousé la forme du terrain naturelle avec des petites corrections des rayons pour les mettre dans les règles du B40 avec une VB 80km /h, Ce qui nous a permit de gardé l'ancienne route avec des corrections des dévers.



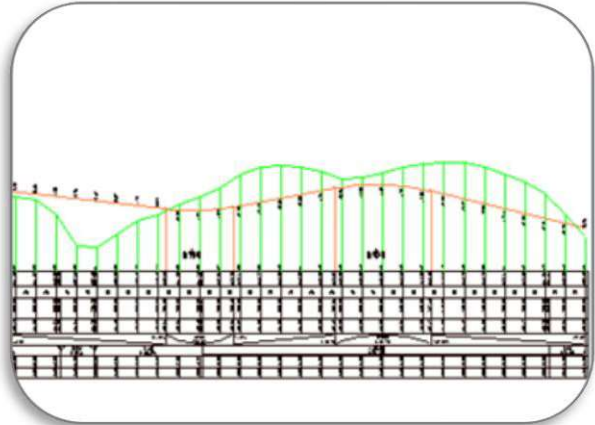
- Du pk1 +80 au PK2+180 Terrain peut vallonner ; les altitudes varient entre 420 et 410.



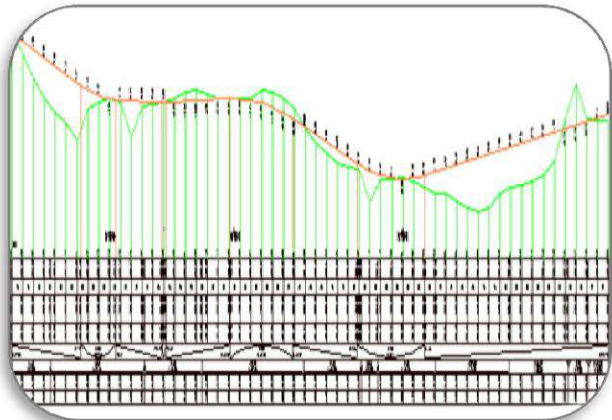
- Du pk2+180 au pk3+280 Terrain plat ; sans contraintes ce qui nous a facilité l'accès à l'évitement.



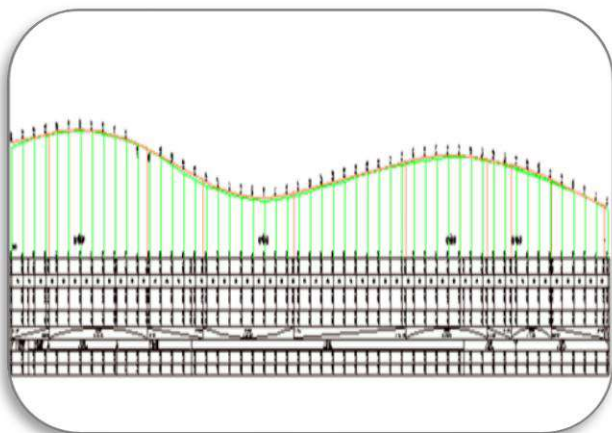
- Du PK2+720 AU PK3+280, la ligne rouge passe en léger remblai et déblai vue les contraintes rencontrées par le contournement du village.



- Par la suite le terrain est vallonné, le profil en long se développe en remblai avec une succession de courbes convexes et concave qui répond aux normes de B40 jusqu'au PK4+380.



- A la sortie de l'évitement, On rejoint la deuxième partie du dédoublement. Le profil en long suit l'allure du terrain naturel jusqu'au PK5+634.



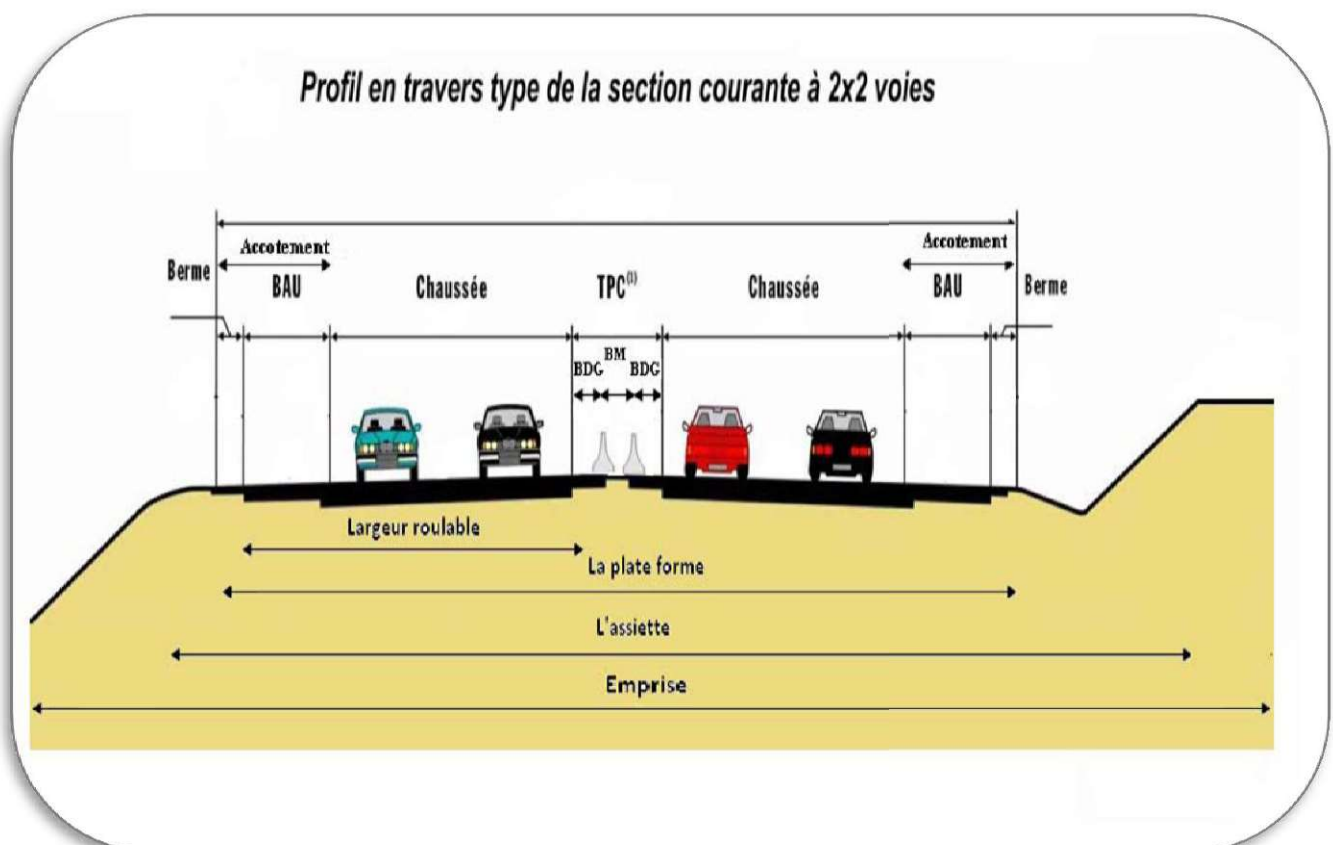
Chapitre VI

Profil en travers

1. Définition :

Le profil en travers d'une chaussée est la coupe perpendiculaire à l'axe de la chaussée par un plan vertical, la largeur de cette chaussée est en fonction de l'importance et de l'hétérogénéité du tracé à écouler, elle comprend aussi plusieurs voies, dont le choix est déterminé.

2. les éléments constitutifs du profil en travers :



a. .Emprise : C'est la surface de terrain appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances, elle coïncide généralement avec le domaine public.

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

C. Plate forme : C'est la chaussée, elle comprend la ou les chaussées, les accotements et éventuellement le terre-plein central.

d. Chaussée : Au sens géométrique du terme c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules. Elle doit être revêtue ou non revêtue ou en béton et elle peut être bidirectionnel ou unidirectionnel.

e. Accotement : Ce sont les zones latérales de la plate forme que borde extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasé ou sur élevés.

f. Fossé : Ouvrage hydraulique destinés à recevoir les eaux de ruissellement recueillies de la route et des talus (éventuellement les eaux du talus).

g. Bande dérasée : Bande contiguë à la chaussée, stabilisée, revêtue ou non, dégagée de tout obstacle ; elle comporte le marquage en rive

h. B.D.G : Bande dérasée à gauche d'une chaussée unidirectionnelle.

i. Berme : Partie latérale non roulable de l'accotement, bordant une B.A.U ou une bande_dérasée, et généralement engazonnée.

j. B.A.U : Partie de l'accotement, contiguë à la chaussée, dégagée de tout obstacle et revêtue, aménagée pour permettre l'arrêt d'urgence des véhicules hors de la chaussée, elle inclut la sur largeur structurelle de la chaussée.

k. Sur largeur S : Sur largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

l. b. g : bande de guidage.

3. Le profil en travers des ouvrages d'art :

Profil en travers sous l'ouvrage d'art :

La route qui passe sous l'ouvrage d'art a des bandes d'arrêts en section courante, elles sont en générale maintenues sous l'ouvrage sans réduction de largeur.

Profil en travers sur l'ouvrage d'art :

La route doit comporter un dispositif de sécurité (glissière de sécurité) dès que la hauteur du remblai dépasse les 4 mètre

4. Classification du profil en travers :

Ils existent deux types de profil :

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

4. a .profil en travers type :

Il contient toutes les dimensions et tout détail constructif largeur des voies, chaussées, et autre bandes, pente des surfaces et talus, dimension des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux, détails, etc.

4. b. Profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à des distances régulières (10, 15, 25 m).

5. Pentes transversales :

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

5.1. En alignement et en courbe non déversée :

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

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

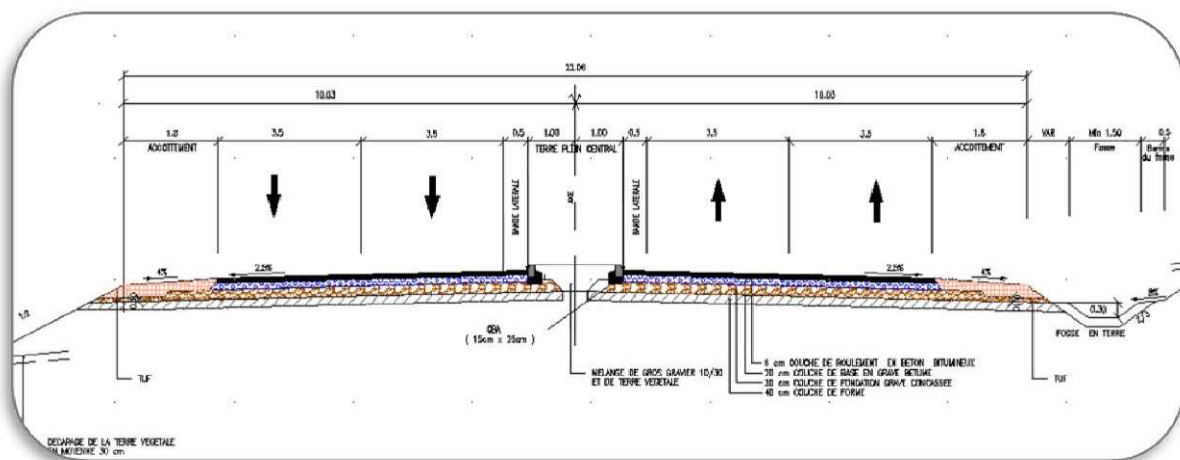
Les pentes des B.D.G et du versant en toit d'un T.P.C revêtu sont identiques à celle de la chaussée adjacente.

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

Application au projet

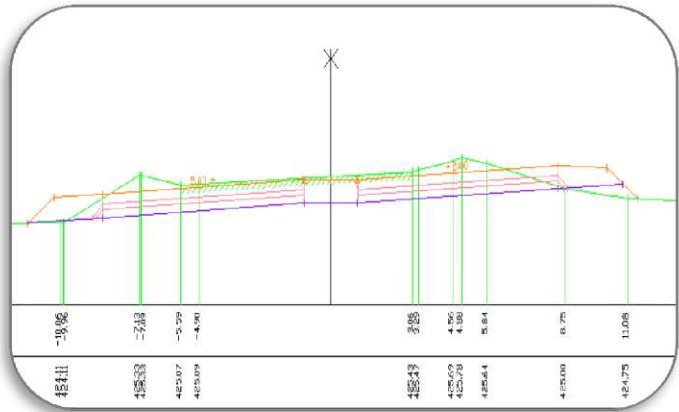
5. Le profil en travers type du projet :

Description	Largeur (m)	nombre	largeur totale (m)
• Voie de circulation 2x2	3.5	4	14
• Terre-plein central (T.P.C)	2.0	1	2.0
• Accotement	1.8	2	3.6
• Bande l'latérale	0.5	2	1
totale			
20.60			
dévers en section droite			
- Chaussée	2,5 % vers l'extérieur.		
- Accotement	8% vers l'extérieur.		
dévers en courbe			
- Chaussée	7 % (maximum).		
- Accotement	identique à celle de la chaussée.		

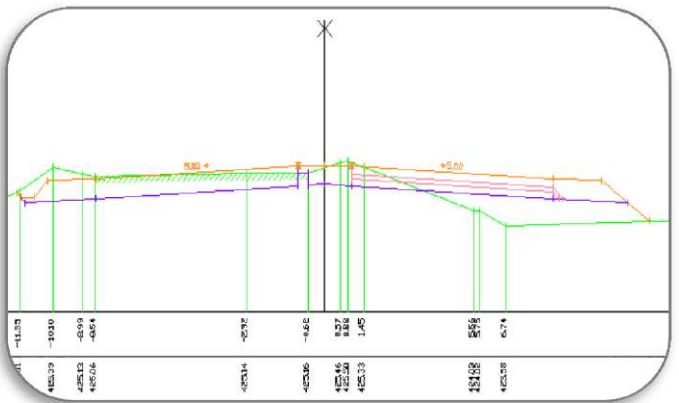


La forme des quelque profils en travers courants du projet.

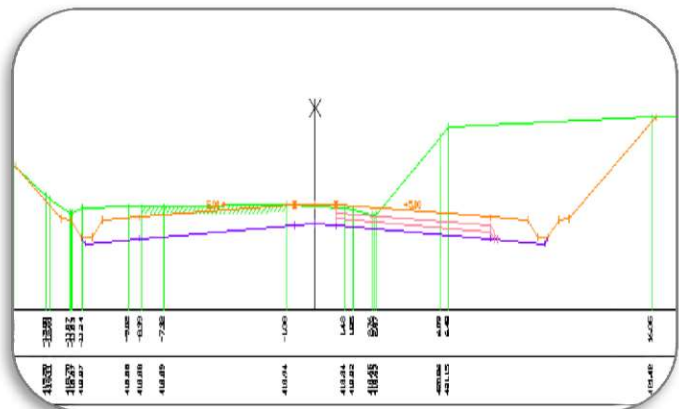
- Profil en travers courant ayant un dévers uni Dans les deux sens.



- Profil en travers en toit avec un remblai, dans un seul sens dans le but de garder l'ancienne route
En rajoutant une couche de 8cm de béton bitumineux pour corriger les dévers.



- Profil en travers en déblais.



Chapitre VII

cubature

1. Généralités

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

Pour les voies de circulations ceci est très visibles 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 se trouve entre le tracé du projet et celui du naturel.

Ce calcul s'appelle ((les cubatures des terrassements))

2. Définition

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 :

- Profils en long
- Profils en travers

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

Les cubatures sont Les calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet. Les cubatures sont fastidieuses, mais

Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifie le calcul.

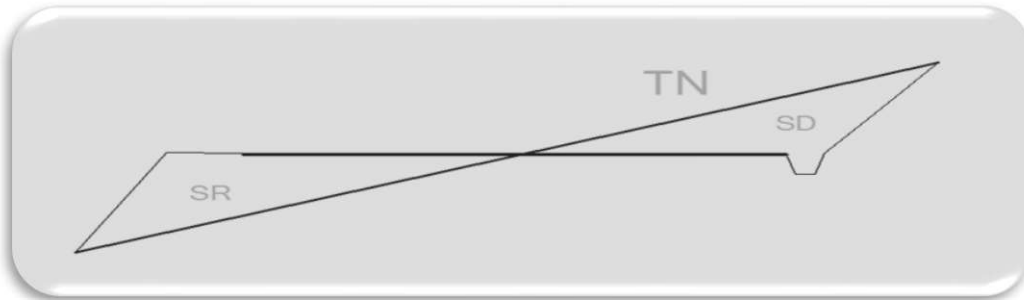
Le travail consiste a calculé les surfaces SD et SR pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.

On utilise **la méthode SARRAUS**, c'est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs

TN : Terrain Naturelle.

SD : Surface Déblai.

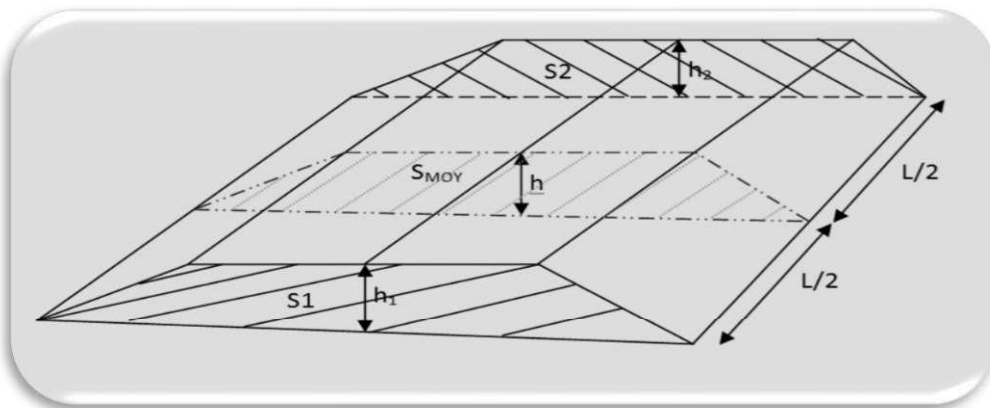
SR : Surface Remblai

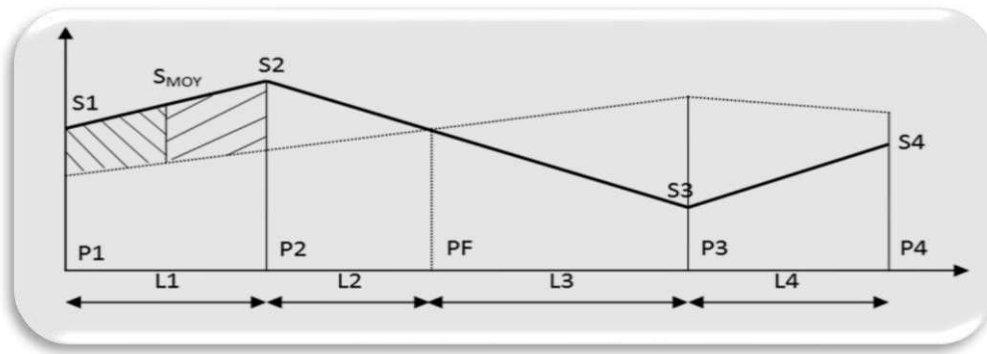


3.1. Formule de Mr SARRAUS

Cette méthode « formule des trois niveaux » consiste à calculer le volume déblai ou remblai des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

$$V = \frac{L}{6} (S_1 + S_2 + 4 \times S_{MOY})$$





- **PF:** profil fictive, surface nulle.
- **Si:** surface de profil en travers Pi.
- **Li :** distance entre ces deux profils.
- **S_{MOY} :** surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li).

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions S_{MOY} et $(S_1+S_2)/2$

Ceci Donne:

$$V_i = \frac{L_i}{2} \times (S_i + S_{i+1})$$

Donc les volumes seront :

Entre P1 et P2 : $V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2)$

Entre P2 et PF : $V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0)$

Entre PF et P3 : $V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3)$

Entre P3 et P4 : $V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4)$

En additionnant membres à membre ces expressions on a le volume total des terrassements :

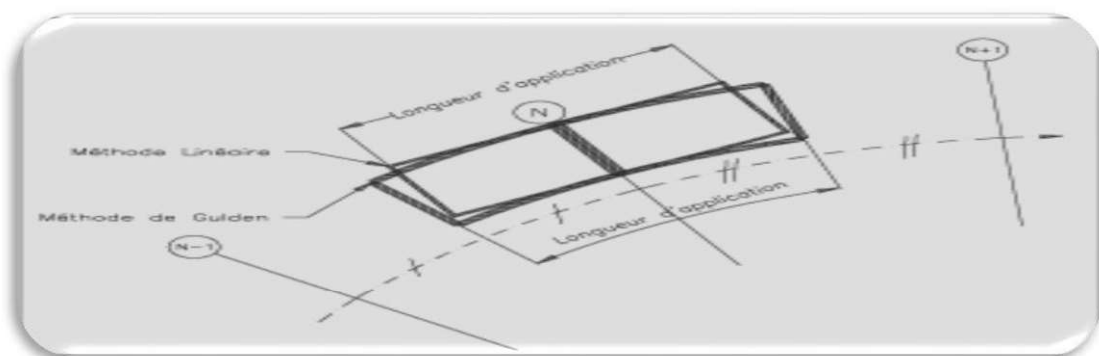
$$V = \frac{L_1}{2} S_1 + \frac{L_1+L_2}{2} S_2 + \frac{L_2+L_3}{2} \times 0 + \frac{L_3+L_4}{2} S_3 + \frac{L_4}{2} S_4$$

3.2. Méthode linéaire

C'est la méthode classique. Les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces. Cette méthode ne prend pas en compte la courbure du projet donc les résultats sont identiques quel que soit le tracé en plan

3.3. Méthode de GULDEN

Dans cette méthode, les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chacune des valeurs à l'axe est calculée. Pour obtenir les volumes et les surfaces, ces valeurs sont multipliées par le déplacement du barycentre en fonction de la courbure au droit du profil concerné. Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée.



4. Conclusion

Pour notre calcul automatique des cubatures par le logiciel **Piste 5.05** nous avons utilisé la méthode de **GULDEN** et les résultats obtenus sont en annexe mais ici (ci – dessous) nous donnons les résultats final du volume de remblais et déblais.

Le volume de déblais : **VD =158 274 m3**

Le volume de remblais: **VR = 52 371 m3**

Chapitre VIII

Dimensionnement du corps de chaussée

1. Introduction

On entend par dimensionnement des chaussées l'épaisseur à donner à un corps chaussée, Elle doit être suffisante pour qu'elle ait une durée convenable, et non Surabondante pour éviter les dépenses superflues.

Pour cela la qualité de la construction des chaussées, passe d'abord par une Bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser, lui permettant de résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges D'exploitation.

La chaussée doit permettre la circulation des véhicules dans les conditions de confort et de sécurité voulue. Si le corps de chaussée se repose sur un sous-sol présentant une portance insuffisante. On est donc amène à apporter sur le sol naturel une épaisseur quelque fois importante de matériaux choisis dont la qualité va croître au fur et a mesure qu'on se rapproche de la surface de la chaussée car les matériaux seront soumis à pression fort au fur et a mesure qu'il se rapproche de la surface de roulement.

Le calcul et la justification des épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée retenue, sont fixes en fonction des paramètres fondamentaux qui sont :

- L'environnement de la route.
- Le trafic.
- La nature du sol support.
- Les matériaux choisis.
- La durée de vie de la chaussée

2. La chaussée

2. a. Définition

Au sens géométrique : c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.

Au sens structurel : c'est l'ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges.

2. b Les différents types de chaussée

Il existe trois types de chaussée:

Chaussée souple.

Chaussée semi - rigide.

Chaussée rigide.

B1-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 établissent des liaisons souples entre les grains de matériaux pierreux.

La chaussée souple se compose généralement de trois couches différentes :

Couche de surface: La couche de surface est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqué par la circulation. Elle est en générale composée d'une couche de ***roulement*** et d'une couche de ***liaison***.

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

L'épaisseur de la couche de base est entre 10 et 25 cm,

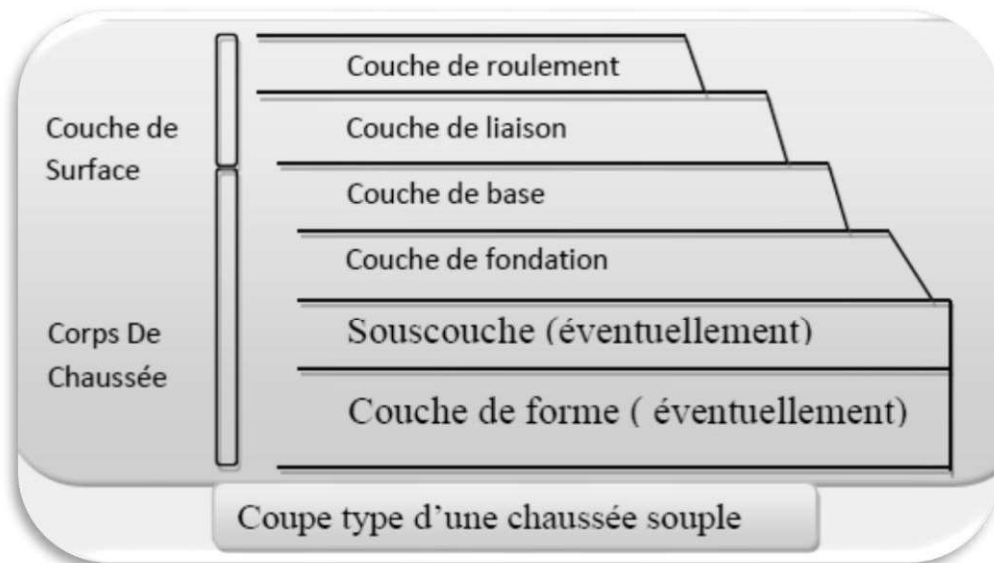
Couche de fondation : Assurer un bon uni et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

Couche de forme: Elle est prévue pour reprendre à certains objectifs en fonction de nature de sol support.

- Sur un sol rocheux : joue le rôle de nivellement afin d'aplanir la surface
- Sur un sol peu portant (argileux à teneur en eau élevée) : Elle assure une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

Actuellement, on tient compte d'améliorer de la portance du sol support à long terme, par la couche de forme.

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



B.2-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 stabilisé mécaniquement, une grave traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques. Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie.

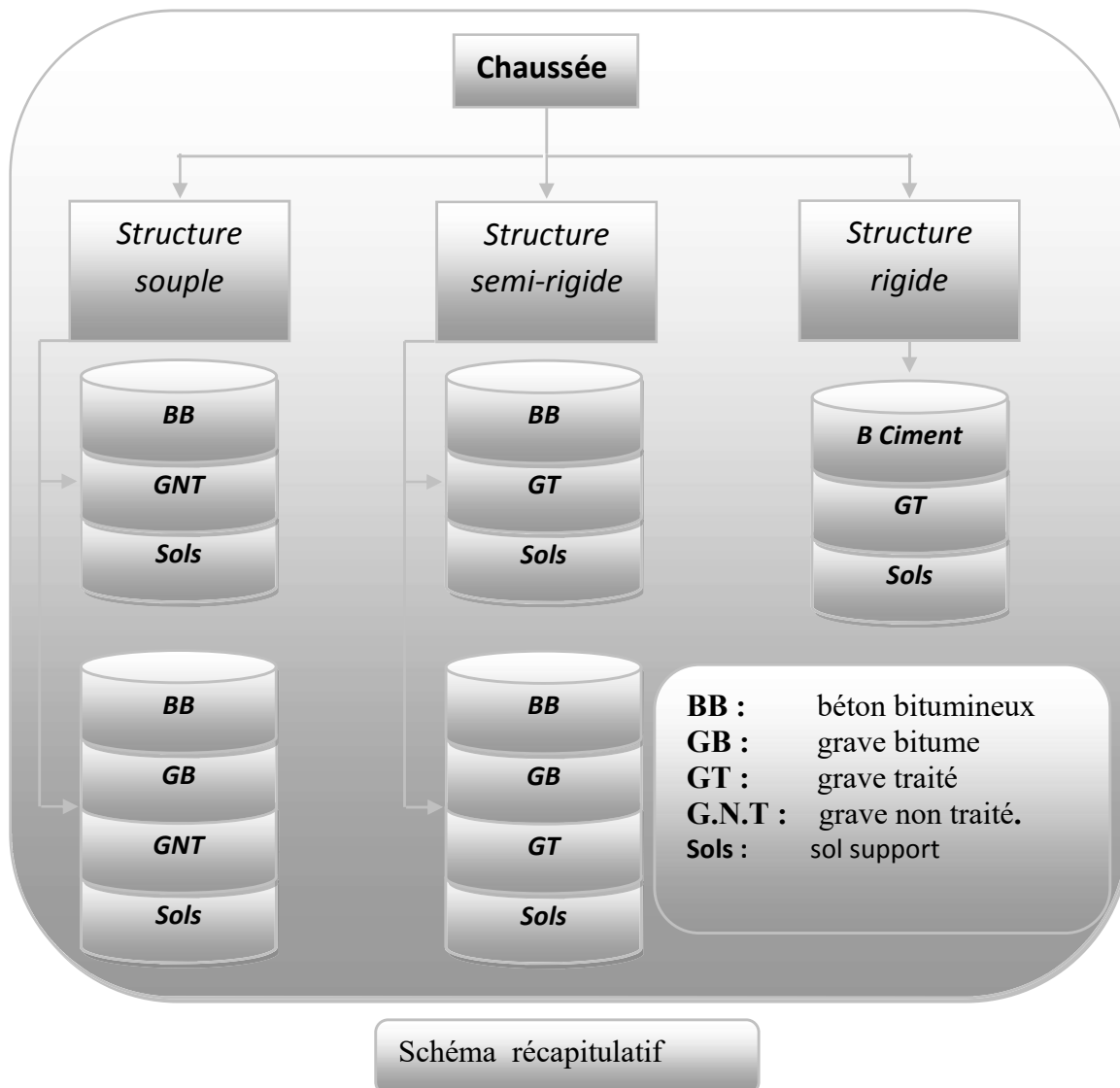
3-Chaussée semi –rigide:

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.



3. Les principales méthodes de dimensionnement

On distingue deux familles des méthodes :

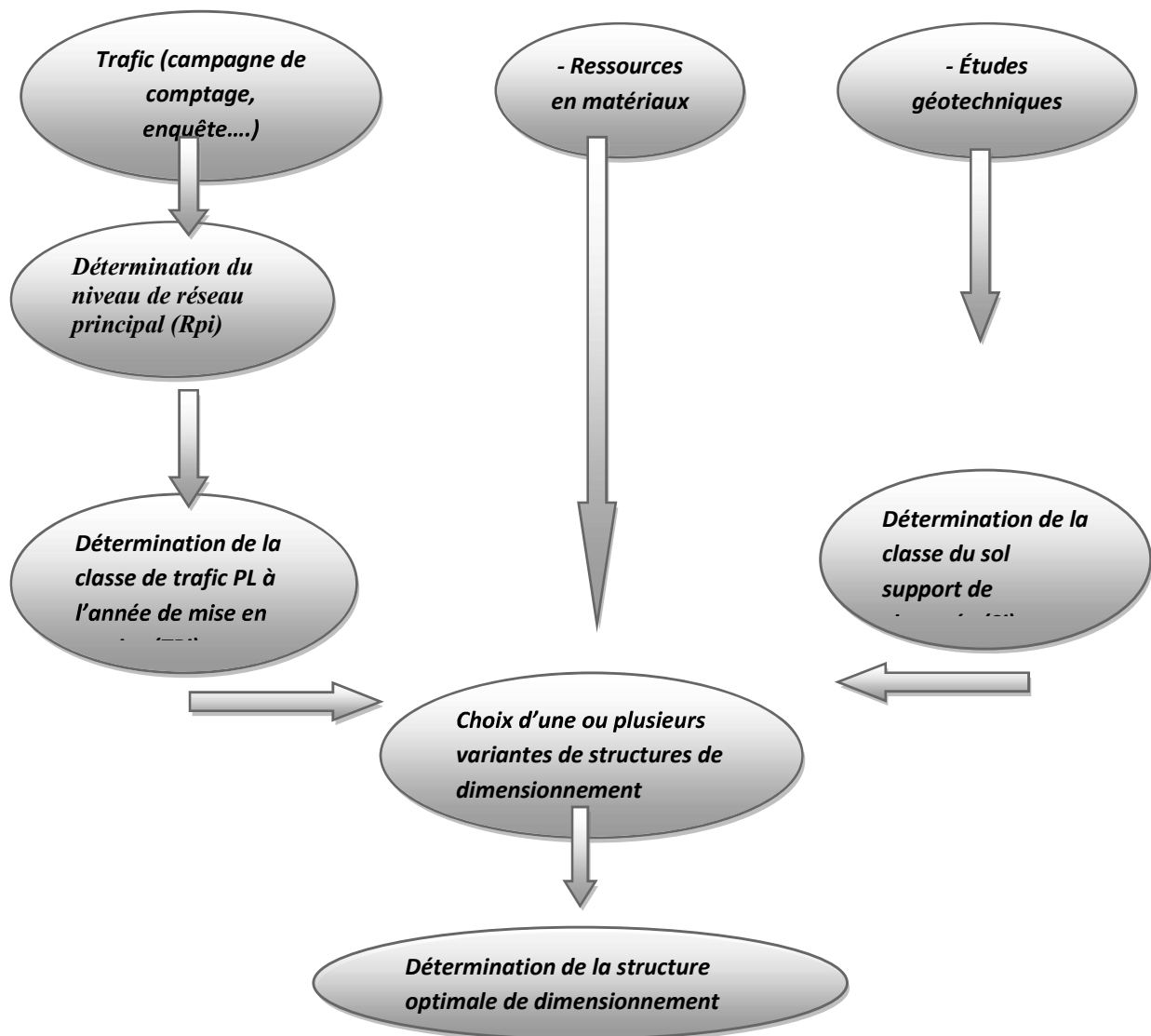
- les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées.
- Les méthodes dites « rationnelles » basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

4. 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.

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

- Approche théorique.
- Approche empirique.



Application au projet**5.1. Données de l'étude**

- Année de comptage : 2011
- TJMA2011=10099 v/j
- Mise en service : 2014
- Durée de vie : 20 ans
- Taux d'accroissement : $\tau = 3 \%$
- Pourcentage de poids lourds : $Z = 18 \%$

5.2 Détermination du type de réseau

D'après le catalogue on a la classification des réseaux principaux suivante :

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

Donc, il est classé en : **réseau principal de niveau 1 (RP1).**

5.3 Détermination de la classe de trafic tpli :

Les classes de trafic (TPLi) adoptées dans les fiches structures de dimensionnement sont données pour chaque niveau de réseau principal (RP1etRP2), en nombre de PL par jour et par sens à l'année de mise en service.

$$TJMA_{2014} = v/j \quad Pli = \frac{11035,45 \cdot 0,9 \cdot 0,18}{2} = 893.87 \text{ pl/j/sens}$$

PI = 893.87 pl/j/sens

5.4. Classe tpli pour rp1 :

150 TPL₃ 300 TPL₄ 600 **TPL₅** 1500 TPL₆ 3000 TPL₇ 6000

PL/jour/sens

Pour un PL de **893.87 pl/j/sens**, la classe de trafic est **TPL₅**.

5.5 Calcul du trafic cumule équivalent (tcei) :

$$TCE_i = \frac{[TPL_i \times 365((1+i)^n - 1)]}{i} * A$$

A: coefficient d'agressivité des PL par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes.
La valeur de A est donnée par le tableau suivant :

Niveau de réseau principal (RPi)	Type de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussée à matériaux traités au bitume GB/GB, GB/GNT, GB/TUF, GB/SG	0.6
	Chaussée à matériaux traités aux liants hydrauliques BCg/GC GL/GL	1
RP2	Chaussée à matériaux non traités GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG,	0.6
	matériaux traité au bitume SB/SG	0.4
RP1 et RP2	Sol support	0.6

Valeurs du coefficient d'agressivité des poids lourd.

On a donc $A = 0.6$.

A.N: $TCEi = [893.87 \times 365 ((1+0.03)^{20} - 1)] * 0.6 / 0.03$

$TCEi = 5.26 \times 10^6$

5.6 Détermination de la durée de vie de la chaussée :

La durée de vie est fonction de la stratégie d'investissement retenue par le maître de l'ouvrage. Pour le cas mon projet qui est classé en **RP1** avec une structure en matériaux traités au bitume (disponible localement), la durée de vie prévue pour le dimensionnement de la chaussée est de **20 ans**, en se référant au catalogue de dimensionnement **CTTP** tiré du tableau 4 en page 13 du fascicule N°02 présenté ci-après.

Niveau de réseau principal (R _{Pi})	Type de matériaux et structures	Température
RP1	Chaussée à matériaux traités au bitume GB/GB, GB/GNT, GB/TUF, GB/SG	20
	Chaussée à matériaux traités aux liants hydrauliques BCg/GC GL/GL	20
RP2	Chaussée à matériaux non traités GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG,	25
	matériaux traité au bitume SB/SG	15
RP1 et RP2	Sol support	15

Durée de vie des chaussées.

5.7 Détermination du risque de calcul :

Un risque de calcul $r \%$ sur une période x années pris pour le dimensionnement de la chaussée, est la probabilité pour qu'apparaissent au cours de ces x années des dégradations structurelles qui impliqueraient des travaux de renforcement de la chaussée.

Les risques de calcul adoptés pour le dimensionnement des structures du réseau principale 1 (**RP1**) sont donnés dans le tableau suivant :

	Classe de trafic (TPLi) (PL/j/sens)	TPL 3	TPL 4	TPL 5	TPL 6	TPL7
Risque (%)	GB/GB GB/GNT	20	15	10	5	5
	GL/GL	15	10	5	2	2
	BC _g /GC	12	10	5	2	2

Risque de calcul adopté pour RP1.

Mon projet s'inscrit en réseau **RP1** avec un **TPL4** et avec une structure en matériaux bitumineux ce qui me donne un pourcentage de risque de **15 %**.

r =10%

5. 8 Données climatique :

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	climat	région
I	>600	Très humide	Nord
II	350-600	Humide	Nord, Hauts plateaux
III	100-350	Semi-aride	Hauts plateaux
IV	<100	aride	Sud

zone climatique de pluviométrie.

Puisque mon projet se situe à MEGHNIA, on est donc dans une zone climatique **II**

5.9 Définition de la température équivalente :

Le calcul de dimensionnement est fait pour une température constante dite **température équivalente (θ_{eq})**. Celle-ci est telle que la somme des dommages subis par la chaussée pendant une année, pour une distribution de température donnée, soit égale au dommage que subirait la chaussée soumise au même trafic mais pour une température constante θ_{eq} .

Les valeurs de températures adoptées pour le dimensionnement des structures sont données dans le tableau ci-dessous :

Température équivalente (θ_{eq}).	Zone climatique		
	I et II	III	IV
	20	25	30

Choix des températures équivalentes.

Zone climatique I, température équivalente (θ_{eq})= 20 °c

5.10. Détermination de la portance de sol-support de chausse

Réseau principal niveau 1 RP1

ICBR = 5 %

A. Portance du sol terrasse :

$E=5 \times \text{ICBR} = 5 \times 5 = 25 \text{ MPa.}$

Portance (S_i)	CBR
S4	<5
S3	5-10
S2	10-25
S1	25-40
S0	>40

Classe de portance de sol-supports

On remarque bien que le sol support présente une faible portance (classe S3 en RP1), ce qui rend le recours à une couche de forme nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussée dans des conditions acceptable.

B. Sur classement du sol support :

D'après le tableau ci-dessous, on est dans l'obligation de prévoir une couche de **40 cm** pour faire passer la portance du sol de la classe S3 à la classe S2, pour cela j'ai opté pour une couche de **40 cm** en **Tuf** qui sera réalisé en 02 couches de **20 cm**.

Classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériau de couche de forme	Epaisseur de couche de forme	Classe de portance visée (Sj)
< S4	Matériaux non traités	50cm(en 2 couches)	S3
S4	Matériaux non traités	35cm	S3
S4	Matériaux non traités	60cm(en 2 couches)	S2
S3	Matériaux non traités	40cm (en 2 couches)	S2
S3	Matériaux non traités	70cm (en 2 couches)	S1

Classement avec couche de forme en matériau non traité

(*) Matériaux non traités : Grave non traité(G.N.T) matériaux locaux (T.V.O, tufs, etc....)

On aura donc pour la nouvelle classe de sol-support (**S2**) un indice CBR compris entre **10 % > ICBR < 25 %**

On prend alors

ICBR=12

On recommence les calculs avec le nouveau indice CBR de **ICBR =12 %**

Module de Young : **E = 5× ICBR**

A.N : Esol support = 5x12 = 60 MPa

Esol support= 60MPa

5.11. Liste des structures permise :

D'après toutes ces données, on est en présence des caractéristiques suivante :

Réseau principal de niveau 1 (**RP1**).

Classe de trafic **TPL4**

sol-support de classe **S2**

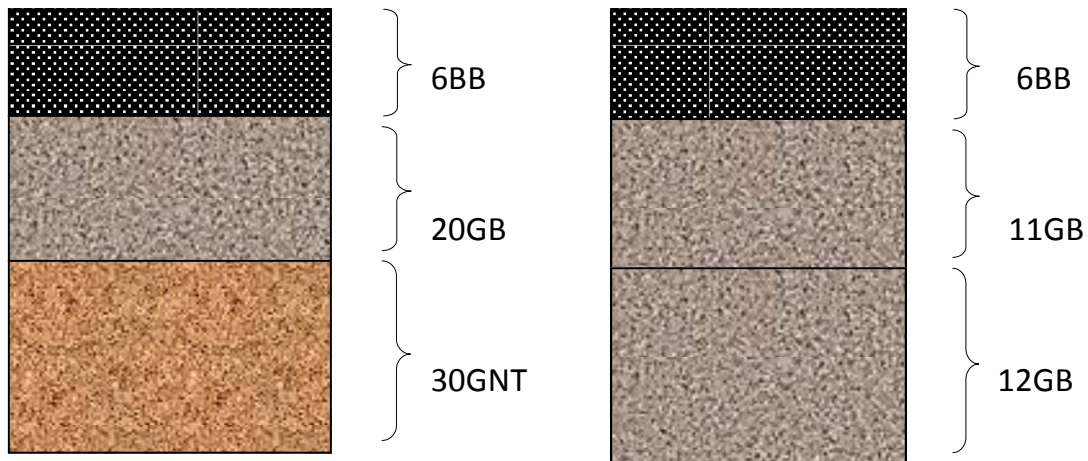
Zone climatique **II**

Par conséquent d'après les fiches structures du réseau niveau 1 (**RP1**) on obtient les structures suivantes :

6 BB + 20 GB +30 GNT

ou

6 BB + 11GB + 12 GB



5.12. Calcul des déformations admissibles sur le sol support ($\epsilon_{z,ad}$):

La déformation verticale ϵ_z calculée par le modèle **Alizé III**, devra être limitée a une valeur admissible $\epsilon_{z,ad}$ qui est donnée par une relation empirique déduite a partir d'une Étude statique de comportement des chaussées algériennes. Cette formule est la suivante :

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

$$\epsilon_{z,ad} = 22 \cdot 10^{-3} \times (5.3 \times 10^6)^{-0.235} = 578 \cdot 10^{-6}$$

Pour chaque valeur de (TPLi), il correspond à une valeur de $\epsilon_{z,ad}$.

La vérification ϵ_z $\epsilon_{z,ad}$ sera surtout à faire dans le cas des chaussées à matériaux non traité, car c'est le critère prépondérant dans le calcul de dimensionnement.

Dans le cas des chaussées traitées au bitume hydraulique, la pression sur sol support sera tellement faible que le critère ϵ_z $\epsilon_{z,ad}$ sera pratiquement toujours vérifié.

5.13. Calcul des déformations admissibles à la base des couches bitumineuses

($\epsilon_{t,ad}$): est donné par la relation suivante:

$$\xi_{t,adm} = \epsilon_6(10^\circ \text{ C}, 25\text{ Hz}) \cdot k_{ne} \cdot k_{\theta} \cdot k_r \cdot k_c$$

Où : $\epsilon_6(10^\circ \text{ C}, 25 \text{ Hz})$: déformation limite au bout de 106 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25 Hz (essai de fatigue).

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

k_θ : facteur lié à la température.

k_r: facteur lié au risque et aux dispersions.

k_c : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec comportement observé sur chaussées.

- $K_{ne} = \left(\frac{TCE_i}{10^6} \right)^{-b} = \left(\frac{5,27 \times 10^6}{10^6} \right)^{0,146} = 1.27$
- $K_{\theta} = \left(\frac{E(10^\circ \text{ C}, 10\text{ Hz})}{E(\theta_{eq}, 10\text{ Hz})} \right)^{0.5} = \left(\frac{12500}{7000} \right)^{0.5} = 1.33$
- $K_r = 10^{-tb\delta} = 10^{-0.146 \cdot 1.28 \cdot 0.61} = 1.3$
avec $r = 10\%$, d'où $t = -1.282$ $K_r = 10^{-1.282 \times 0.146 \times 0.61} = 0.76$,
- $K_c = 1.3$

$$\delta = \sqrt{\left(SN^2 + \left(\frac{c}{b} \times Sh\right)^2\right)} = \sqrt{\left(0.45^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} \times 3\right)^2\right)} = \mathbf{0.61}$$

SN : dispersion sur la loi de fatigue. Notre cas GB SN =0.45 (*fascicule 2 page 18*)

Sh: dispersion sur les épaisseurs (en cm).Notre cas GB Sh =3cm (*fascicule2page18*)

c : coefficient égal à 0.02

t : fractale de la loi normale, qui est fonction du risque adopté (r%). A partir du catalogue $t = f(r=10) = -1.282$; (*fascicule 2 page 20*)

$$\varepsilon_{t.ad} = 100.10^{-6} \times 1.29 \times 1.33 \times 0.76 \times 1.3 = \mathbf{169.51.10^{-6}}$$

Résultat d alize III pour la méthode de catalogue

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

variante 1 : Durée=00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdéf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdéf)	SigmaZ (MPa)
0,060	4000,0	0,350	0,000	74,7	0,562	-25,3	0,659
	collé		0,060	35,8	0,396	44,0	0,585
0,150	7000,0	0,350	0,060	35,8	0,679	5,0	0,585
	collé		0,210	-120,4	-1,134	113,4	0,063
0,250	250,0	0,350	0,210	-120,4	-0,008	265,0	0,063
	collé		0,460	-142,2	-0,039	204,6	0,025
0,400	100,0	0,250	0,460	-142,2	-0,010	297,0	0,025
	collé		0,860	-153,5	-0,017	174,7	0,009
infini	25,0	0,350	0,860	-153,5	-0,001	385,4	0,009

Grandeurs affichées

☒ tableau 1 ☐ tableau 2

☐ tableau 3 ☐ tableau 4

☐ tableau 5 ☐ tableau 6

☐ tableau 7 ☐ tableau 8

Déflexion = 80,1 mm/100

entre-jumelage

Rdc = 591,8 m

Imprimer Enregistrer

Voir Chargt. Fermer

Dans notre cas les déformations admissibles, sont largement supérieures à celles calculées par Alize III, donc la structure proposée est retenue.

Conclusion

L'application de cette méthode nous donne les résultats suivants :

Catalogue des structures

6BB + 20GB + 30GNT

Choix de corps de chaussée :

J'ai choisi pour mon projet la méthode de catalogue pour les raisons suivantes :

- Basé sur des normes algériennes.
- calculer sous l'effet de la fatigue et la déformation.
- vérifier par le logiciel Alize III.

Renforcement de la chaussée existante :

La chaussée existante se trouve dans un bon état elle est prête à supporter le trafic actuel et futur ; donc elle n'a pas besoin d'une couche de renforcement. Mais nous avons opté à ajouter une couche de 8cm de BB pour la correction de dévers.

Chapitre IX

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 déferant). 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. Démarche générale de conception

Une démarche cohérente de conception comporte les étapes suivantes :

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.

a. 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.

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).

Le choix d'un type de carrefour à l'intérieur de la gamme des aménagements envisageables.

- La conception géométrique

Proprement dite ; cette phase peut être subdivisée en trois points :

La D extermination 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 :

- 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- Données à prendre en considération

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 :

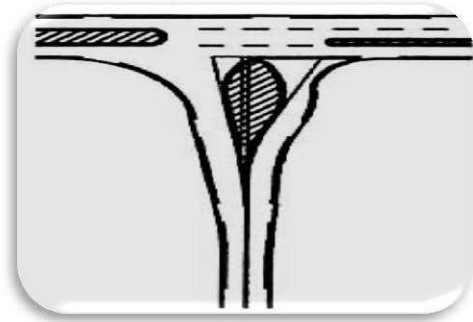
- **la situation du carrefour** : sur les routes concernées, la situation de ces routes dans le réseau auquel elles appartiennent, la nature et le statut de ces routes, le parti d'aménagement et le statut prévu à terme.
- **les caractéristiques du site** : la topographie, le tracé des routes concernées, l'environnement (bâti, végétation, cultures, etc.), les masques éventuels à prendre en compte pour la visibilité, etc.
- **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.
- **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 :

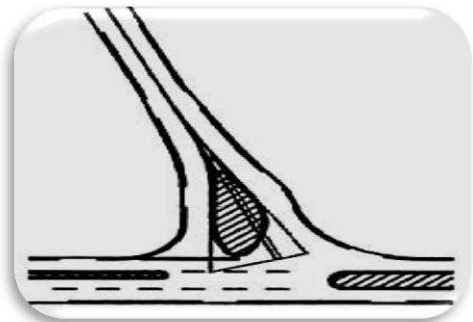
5-1 Carrefour à trois branches (en T)

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



5-2 Carrefour à trois branches (en Y)

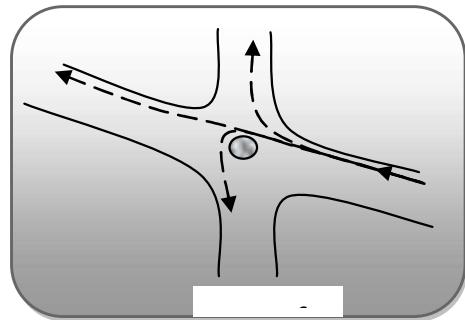
C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches, comportant une branche Secondaire uniquement et dont l'incidence avec l'axe principal est oblique (s'éloignant de la normal de plus de 20°).



5-3 Carrefour type giratoire ou carrefour giratoire

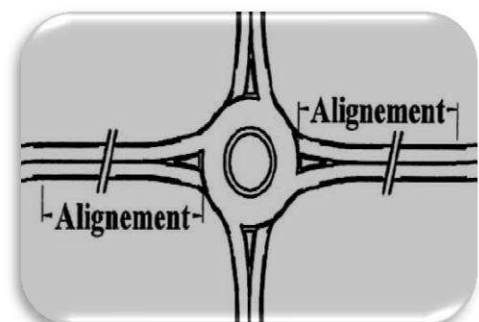
C'est un carrefour plan comportant un îlot central (normalement circulaire) matériellement infranchissable, ceinturé par une chaussée mise à sens unique par la droite, sur laquelle débouchent différentes routes et annoncé par une signalisation spécifique.

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



5.4. Carrefour à quatre branches (en croix)

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



6. Caractéristiques géométriques 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.

6.1.2. 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 topo-graphiques.

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.

Ilots 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 : 1m.
- Rayon en tête de l'îlot séparateur : 0.5 m à 1m.
- Longueur de l'îlot : 15m à 30 m.

Ilot 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

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

Pour les routes de 2x2 voies 8 m (entrée), 9 m (sortie).

6.6. Voies de décélération

Type parallèle :

Les voies de décélération de type parallèle sont utilisées principalement pour les tournes- à- gauche de sortie.

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

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).

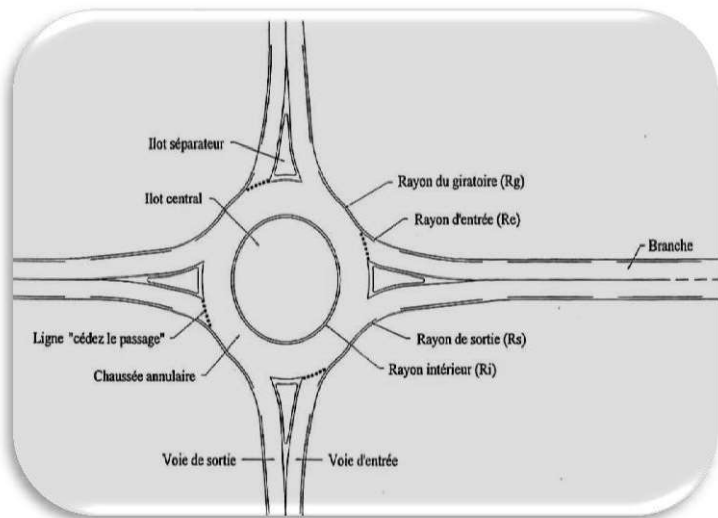
6.7. Voie d'insertion

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 à la 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 où la longueur du sifflet se réduit à 1,5m.

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 deux 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

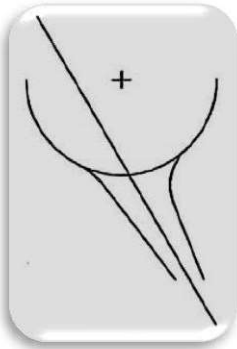
Les conducteurs qui abordent un carrefour giratoire doivent apercevoir les véhicules prioritaires suffisamment tôt pour leur céder le passage et éventuellement s'arrêter. Un grand triangle de visibilité n'est toutefois pas nécessaire, la vision complète sur le quart gauche de l'anneau à 15 m (environ)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

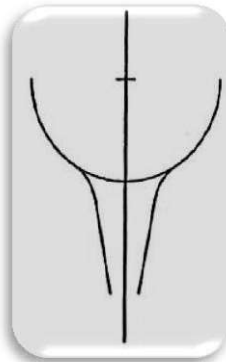
c. disposition des branches

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.

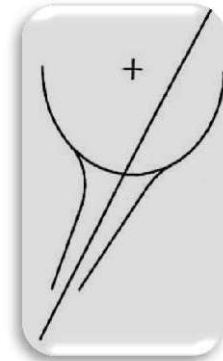
Secondaires passent par le centre de l'îlot, on peut admettre une légère excentration à gauche. Mais, il faut toujours éviter que la direction de la voie secondaire induise une entrée trop tangentielle.



A éviter



toujours souhaitable

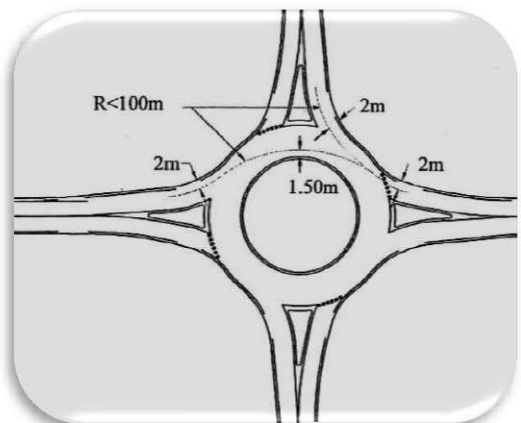


à exclure

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.



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 séparée par un marquage qui en assurerait l'affectation, mais comme une voie unique suffisamment large pour permettre la giration aisée des véhicules poids lourds, entre autres.

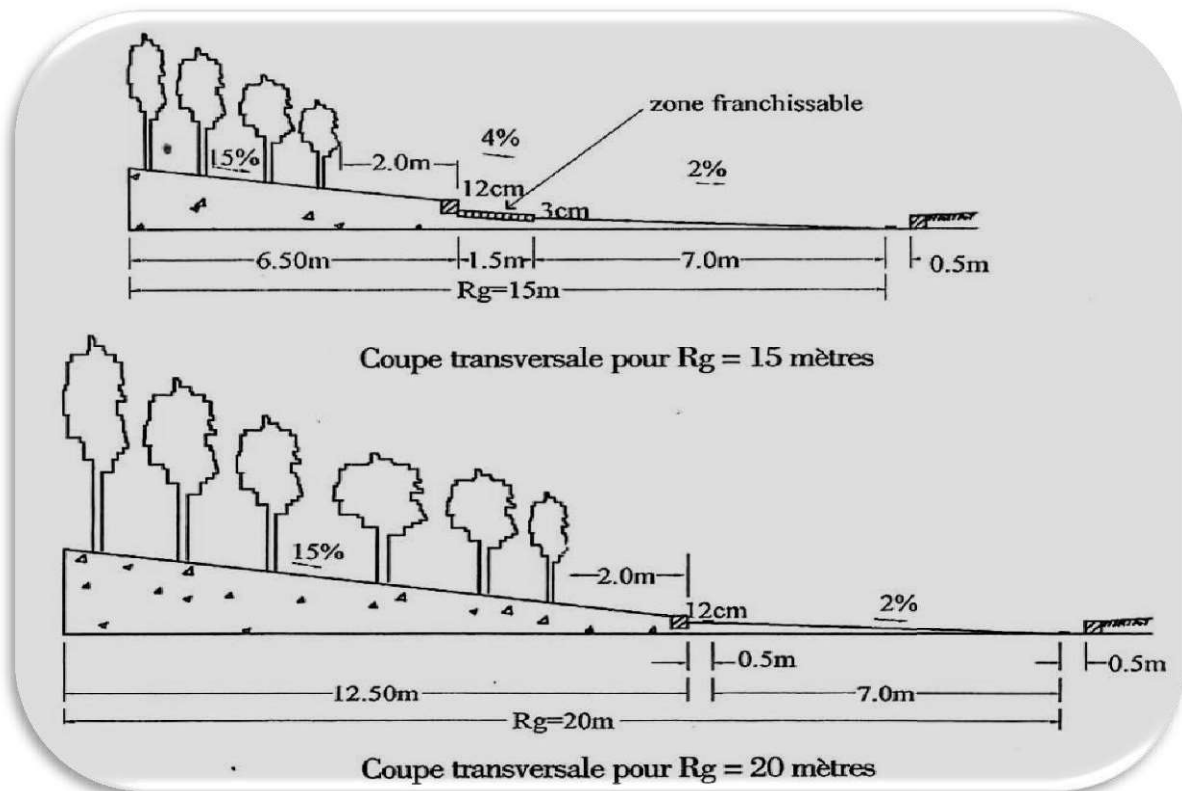
La chaussée annulaire est donc simplement délimitée à l'intérieure par une ligne continue (sauf au droit des voies d'entrée et de sortie). En revanche le marquage axial est inutile et déconseillé pour les largeurs d'anneau inférieures à neuf mètres.

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 raisons 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.

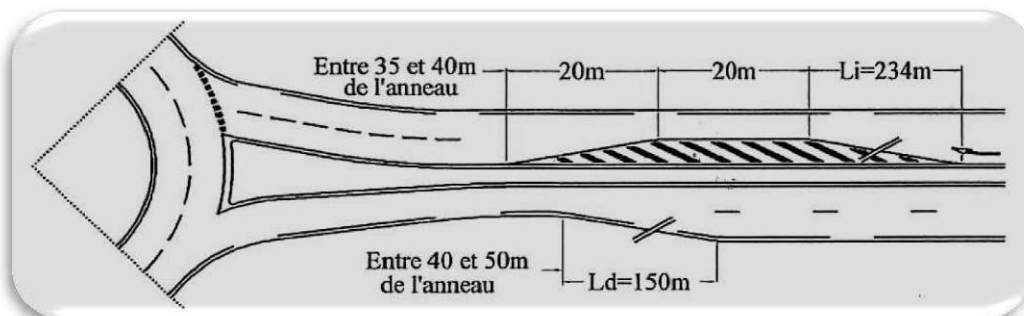


I. Entrées

Les entrées sont normalement à une seule voie, sauf lorsque la capacité calculée pour la mise en 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: $le = 4\text{m}$ entre marquages (minimum 2,2 mètres pour les entrées très secondaires)
- Pour les entrées à deux voies : $le = 7\text{m}$ 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.

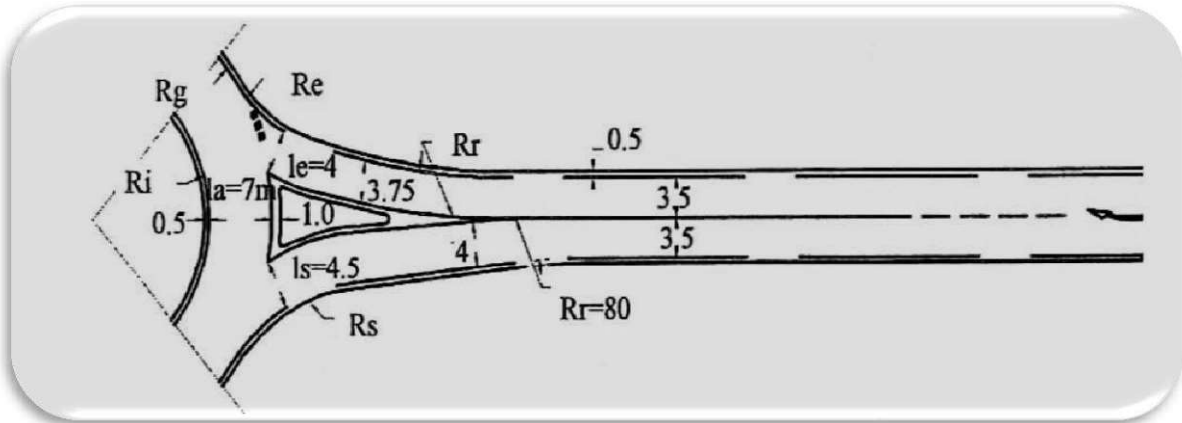


J. Les sorties

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

- Le trafic sortant (Q_J) est supérieur à 1 200 uvp/h
 - Le trafic sortant (Q_J) est supérieur à 900 uvp/h, et à 3 fois le trafic tournant (Q_t)
- 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 sept mètres.

Le rayon de sorties (R_s) doit être supérieur au rayon intérieur du giratoire (R_i), avec un minimum de 15 m de 30m. Des situations particulières peuvent justifier un dépassement de ces limites.

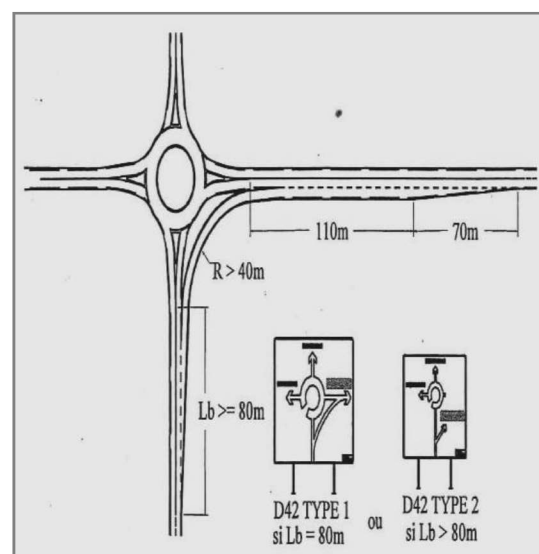


Le tableau ci-dessous récapitule les différents paramètres de constructions données aux paragraphes précédents, avec les valeurs moyennes pour 3 rayons de giratoire (R_g) «standards»

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

7.3. Signalisation spécifique

La pré signalisation correspondant à cette situation peut être réalisée par les panneaux D42b adaptés : type 1 ou 2 schématisés ci-dessus, 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.



7-4 .Application au projet

Pour notre cas on adopte pour l'itinéraire trois carrefours giratoire, qui sont aménagés comme suit:

Le premier carrefour

Il est situé au PK0 +00 avec 5 branches et un rayon de giratoire 35m.

On a été obligé de garder même caractéristiques du giratoire existant.

La conception du nouveau giratoire a été conçue de façon à pouvoir supporter le dédoublement.

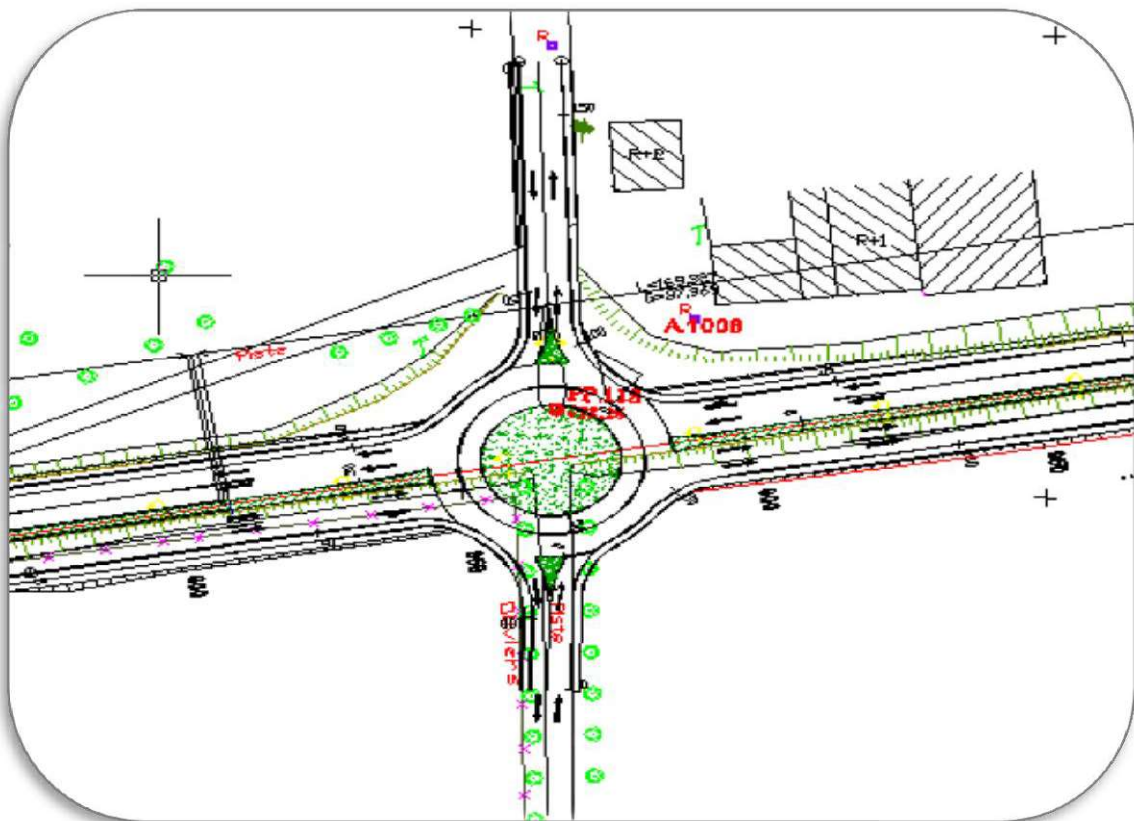


Le deuxième carrefour:

Il est situé au niveau du PK0 +866

C'est un carrefour en T qui sera aménagé en carrefour giratoire de 4 branches avec un rayon du giratoire 20 m

Car la configuration actuelle ne répond pas aux normes de sécurité pour un dédoublement futur.

**Paramètre fondamentaux :**

Le rayon de giratoire $R_g = 20\text{ m}$

Le rayon de l'entrée $R_e = 15\text{ m}$

Chaussée annulaire $L_a = 8\text{ m}$

Le rayon de sortie $R_s = 20\text{ m}$

Route principale :

Voie d'entrée $L_e = 5\text{ m}$

Voie de sortie $L_s = 7\text{ m}$

Route secondaire :

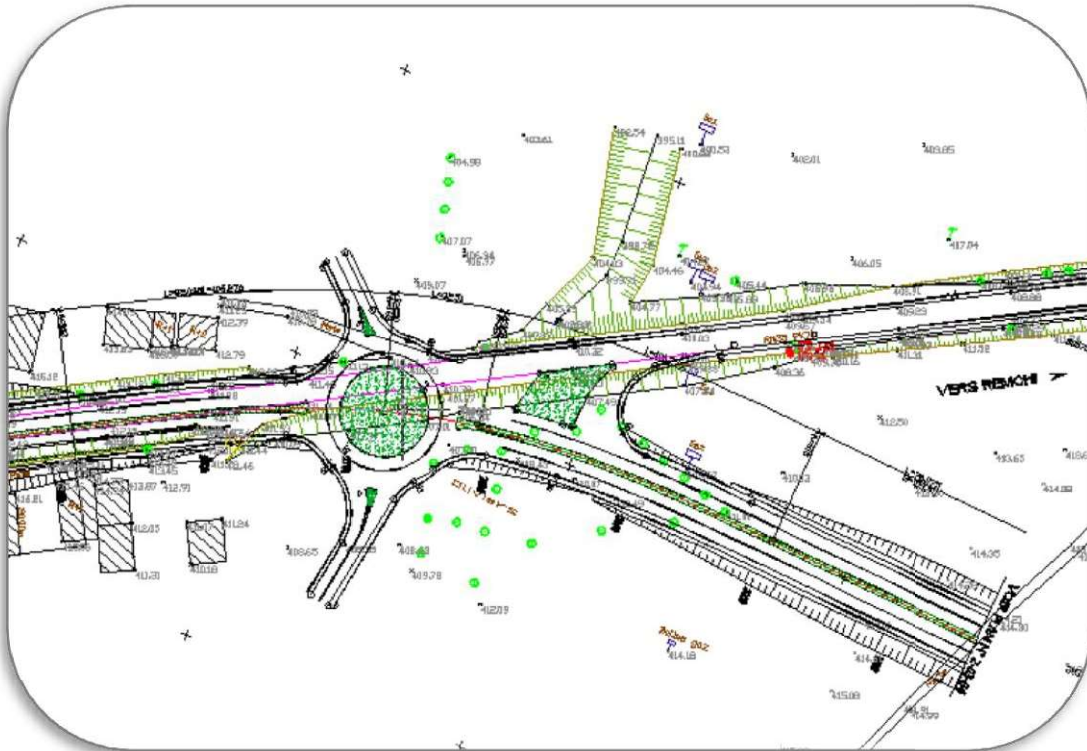
Voie d'entrée $L_e = 4\text{ m}$

Voie de sortie $L_s = 5\text{ m}$

Le troisième carrefour:

Il se situ au niveau du PK2+764 constitué de 5 branches avec un rayon du giratoire de 25 m.

On aménage le carrefour en giratoire a cause des multiples branche raccordé à l'anneau centrale qui a prit un point géométrique stratégique permettant de relier l'ancienne route qui mène au village avec le dédoublement. Pour cela on a choisie un aménagement qui correspond aux normes B40.



Paramètre fondamentaux :

Le rayon de giratoire $R_g = 25\text{ m}$
 Le rayon de l'entrée $R_e = 15\text{ m}$
 Chaussée annulaire $L_a = 8\text{ m}$
 Le rayon de sortie $R_s = 20\text{ m}$

Route principale :

Voie d'entrée $L_e = 5 \text{ m}$
Voie de sortie $L_s = 7 \text{ m}$

Route secondaire :

Voie d'entrée $L_e = 4 \text{ m}$
Voie de sortie $L_s = 5 \text{ m}$

Chapitre X

Assainissement

1. Préambule

Il n'est sans doute pas superflu de rappeler que l'eau est l'ennemi numéro un (01) de la route. Ainsi le drainage doit être assuré au maximum.

Le volet assainissement ne doit pas être négligé lors d'une étude d'un projet routier, son dimensionnement doit être fait correctement et dans les normes.

2. Introduction :

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

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

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

C'est pourquoi l'étude hydraulique, nécessite une parfaite connaissance des données climatique et pluviales pour la détermination des débits de crues différentes.

L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et réaliser pour récolter et évacuer rapidement toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines, c'est à dire :

1- l'assèchement de la surface de circulation par des pentes transversale et longitudinale, par des fossés, caniveaux, curettes, rigoles, gondoies, etc....

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

3- les canalisations : ensemble des ouvrages destinés à l'écoulement des eaux superficielles (conduites, chambre, cheminées, sacs, ...)

3. Dispositions constructives :

Les types de dégradations provoquées par les eaux sont engendrés comme suit :

Pour les chaussées:

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

Pour les talus :

- Glissement.
- Érosion.
- Affouillements du pied de talus.

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

4. Objectif de l'assainissement

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

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

5. Types de canalisations :

L'évacuation des eaux hors ouvrage s'effectue par le biais de dispositifs adéquats appelés «canalisations », son réseau est partagé en deux catégories :

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

5. A Drainage des eaux souterraines

5. A.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. L'infiltration de ces eaux dans la plate forme baisse considérablement sa portance.

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.

5. B .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.
-

6. Définitions des termes hydraulique :

Collecteur principal (canalisation) :

Conduite principale récoltant les eaux d'autres conduites, dites collecteurs secondaires, recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

Chambre de visite (cheminée) :

Ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle et le nettoyage. Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent.

Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 80 à 100m.

Sacs :

Ouvrage placé sur les canalisations pour permettre l'introduction des eaux superficielles. Les sacs sont fréquemment équipés d'un dépotoir, destiné à retenir des déchets solides qui peuvent être entraînés, par les eaux superficielles.

Fossés de crêtes :

C'est un outil construit à fin de prévenir l'érosion du terrain ou cours des pluies.

Décente d'eau :

Elle draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes.

Les regards :

Ils sont constitués d'un puits vertical, muni d'un tampon en fonte ou en béton armé, dont le rôle est d'assurer pour le réseau des fonctions de raccordement des conduites, de ventilation et d'entretien entre autres et aussi à résister aux charges roulantes et aux poussées des terres.

6. A. Bassins versants :

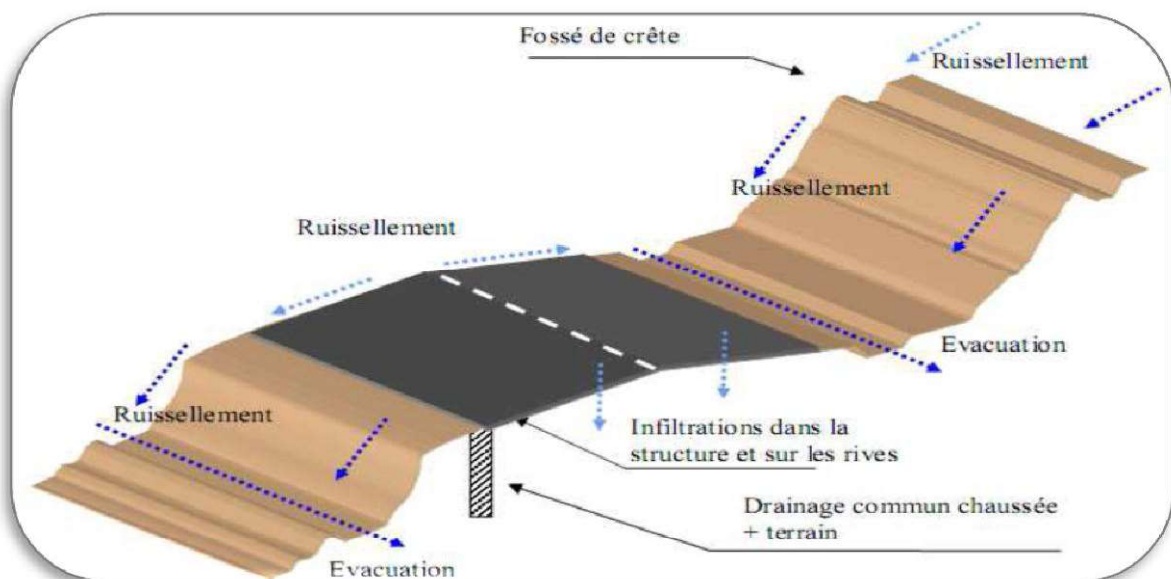
C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de rencontre des versants vers le haut, ou la surface totale de la zone susceptible d'alimenter en eau pluviale, d'une façon naturelle, une canalisation en un point considéré.



6.B Surface des bassins versants (A) :

Les bassins des différents écoulements présentent des surfaces peu importantes.
Les principales caractéristiques des bassins peuvent être déterminées :

- Les surfaces **A** sont mesurées en **Km²**.
- Les longueurs de talweg principal **L** sont mesurées en **Km**
- La pente **P** est calculée en faisant le rapport de la dénivelée du talweg par sa longueur **L**.



7. Dimensionnement de réseau d'assainissement a projeté :

Pour évaluer l'ordre de grandeur du débit maximum des eaux de ruissellement susceptibles d'être recueillies par les fossés ou par un exutoire, on peut employer la méthode appelée La méthode Rationnelle dont nous rappelons très sommairement le principe :

$$Q_a = Q_s$$

- **Q_a** : débit d'apport en provenance du bassin versant (m³/s).
- **Q_s** : débit d'écoulement au point de saturation (m³/s).

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

- **K** : coefficient de concentration, $K = 1/360$.
- **C** : coefficient de ruissellement.
- **I** : l'intensité de l'averse exprimée (mm/h).
- **A** : superficie(Aire) du bassin versant (HA).

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

a. Détermination de l'intensité :

Pour déterminer l'intensité on utilise la courbe « Intensité-Durée-fréquence ».qui donne l'intensité en fonction de la période de retour et la durée (temps de concentration).

La période de retour :

- 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 dimensionnés pour une période de retour 100 ans.

Le tems de concentration :

La période (t) de l'averse qui produit le débit maximum Q étant prise égale au temps de concentration, Dépendant des caractéristiques du bassin drainé ; Le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, PASSINI, GIANDOTHI, comme suit :

- Lorsque $A < 5 \text{ km}^2$:

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

- Lorsque $5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$:

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

- Lorsque $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$

$$t_c = \frac{4 \sqrt{A} + 1.5 L}{0.8 \sqrt{H}}$$

T_c : Temps de concentration (heure).

L : Longueur de bassin versant (km).

A : Superficie du bassin versant (km²).

P : Pente moyenne du bassin versant (m.p.m).

b. Coefficient de ruissellement :

Le Coefficient de ruissellement, est le rapport de volume d'eau qui ruisselle sur le volume d'eau tombe sur cette surface. Sa valeur est obtenue en tenant compte des deux paramètres suivants :

- La couverture végétale.
- La forme, la pente et la nature de terrain (qualité du sol).

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.80 à 0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 à 0.40	0.40
Talus	0.10 à 0.30	0.30
Terrain naturel	0.05 à 0.3	0.3

Valeur de coefficient de ruissellement (C).

C. Calcul de débit de saturation :

Le débit de saturation de l'ouvrage d'assainissement est calculé par le biais de la formule de **MANNING STRICKLER** sur un écoulement en régime uniforme.

$$Q_s = K_{st} \cdot S \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

K_{st} : Coefficient de Manning Strickler qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage.

- Paroi en terre : $K_{st} = 30$.
- Paroi en béton : $K_{st} = 60$.
- I : Pente de pose de l'ouvrage (m.p.m).
- S : Section mouillée (m^2).
- R_h : Rayon hydraulique moyen (m) avec :

$$R_h = \frac{\text{section mouillée}}{\text{périmètre mouillé}}$$

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

8. Application au projet :

a) Dimensionnement des fossés :

La section transversale des fossés peut avoir de diverses formes, les plus utilisées en Algérie sont de forme trapézoïdale et triangulaire.

Surface D'apport	Surface Km ²	Coefficient de Ruissellement 'c'	tc	Intensité de l'averse mm/h	Débit (m3/s) Qai	Débit total Qa
Chaussée	0.012	0.9	0.46	48	0.14	0.292
Accotement	0.003	0.4	0.12	58	0.019	
Talus	0.066	0.2	2.19	40	0.133	

La surface mouillée :

$$S = 1.25 \times H$$

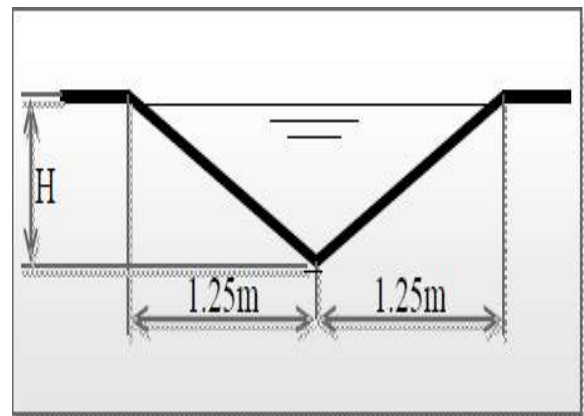
Le périmètre mouillé :

$$P = 2 (H + 5^2/4)^{1/2}$$

Le rayon hydraulique : $RH = \frac{5H}{2\sqrt{(16+25)}}$

$$Q = K \cdot J^{1/2} \cdot S \cdot RH^{2/3}$$

$$H = \frac{2}{5} \left(\frac{2Q_a}{K_{st} \cdot J^{1/2}} \right)^{3/5} (16H^2 + 25)^{1/5}$$



D'après un calcul itératif on trouve $H=0.3$ m et $B=2.5$ m, qui nous donne un débit de saturation $Q_s=0.39$

a) Dimensionnement des dalots :

Après la sortie sur site on a remarqué que le débit des écoulements été peu important, cependant on a réalisé seulement des dalots, à fin d'assurer un drainage judicieux sur tout le long de l'itinéraire.

Les dalots sont constitués par deux murettes verticales au pied droit sur lesquelles repose une dalle. Les pieds droits sont posés sur une fondation ou radier.

La section transversale des dalots peut avoir de diverses formes, les plus utilisées en Algérie sont de forme circulaire et rectangulaire.

Le dimensionnement des dalots est en fonction du débit maximum des eaux de ruissellement captées. Pendant le temps de concentration (T_c).

Désignation	PK	S du BV km ²	L du BV m	Z max (m)	Z min (m)	Pente (%)	tc heure	I mm/ h	Qa (m ³ /s)
Ecoulement E1	Pk1+ 625	9.48	58958. 99	496	412	0.14	1.59	39	51.39
Ecoulement E2	PK2+ 220	2.64	2708.2 8	421	375	1.7	1.58	30	11.00
Ecoulement E3	PK3+ 400	3.8646 02	4884.8 105	437	353	1.72	0.6	50.6	27.14
Ecoulement E4	PK3+ 500	1.7553 48	1622.8 86	432	362	4.313	0.81	47.3 4	11.51 0
Ecoulement E5	Pk3+ 950	0.6220 336880	1383.1 766	445	357	6.36	0.39	50	4.30
Ecoulement E6	PK3+ 740	0.1081 8922	449.1	391	345	10.24	0.13	57.8 8	0.88

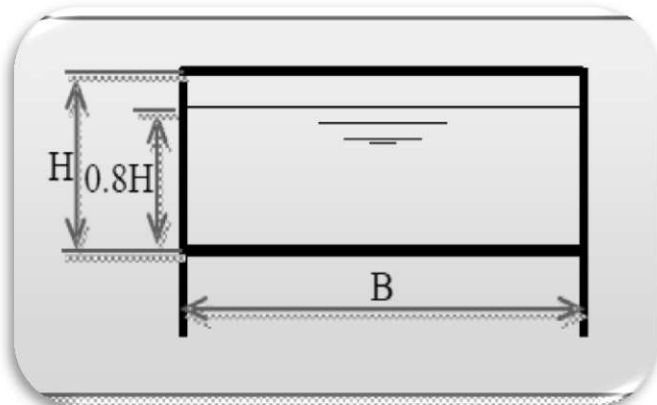
v Recherche les dimensions des dalots :

La surface mouillée :

$$S = 0.8H \times B$$

Le périmètre mouillé :

$$P = 1.6H + B$$



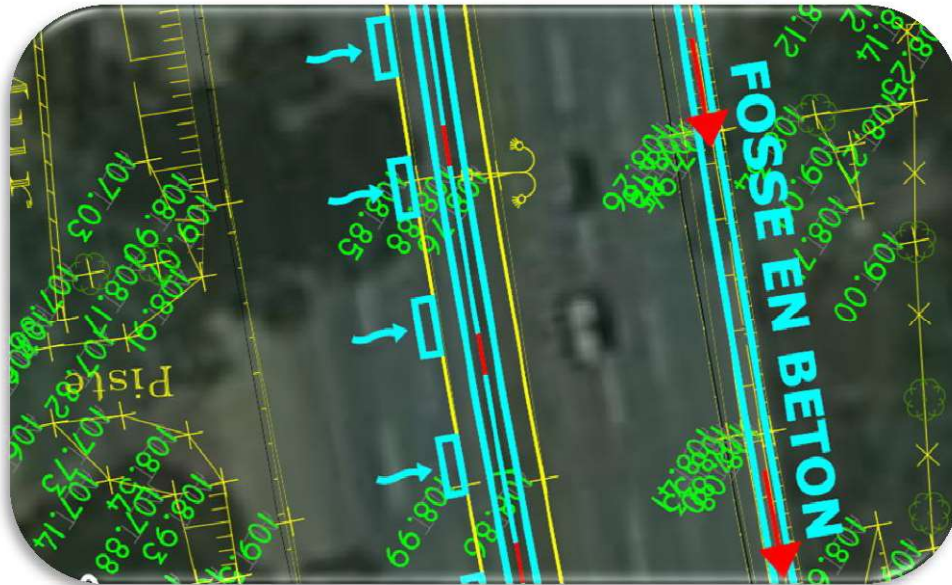
$$Q_a = Q_s = k_s t J^{0.5} S R H^{0.66}$$

D'après un calcul itératif on trouve les résultats qui sont dans le tableau récapitulatif

7. Tableau récapitulatif des dalots :

Désignation	PK	Qs (m3/s)	Qa (m3/s)	type	Dimensions
Ecoulement E1	PK1+625	52.13	51.39	ouvrage	12x5
Ecoulement E2	PK2+220	16.37	11.00	Dalot	2x2
Ecoulement E3	PK3+400	29.40	27.14	Dalot	2.5x2.5
Ecoulement E4	PK3+500	16.37	11.51	Dalot	2x2
Ecoulement E5	PK3+950	4.93	4.3	Buse	1.2
Ecoulement E6	PK3+740	2.43	0.88	Buse	1

Pour l'écoulement E1 qui franchit l'ouvrage existant au pk1+625, on garde le même dimensionnement avec élargissement pour atteindre la largeur de la chaussée à dédoublé.



Remarque Dans le virage ou la chaussée est obligé de prendre un dévers unique l'évacuation des eaux se fait par des ouvertures rectangulaire dans le terre plein central chaque 20m. Avec un faussé trapézoïdale au milieu du terre plein central.

Chapitre XI

Signalisation et éclairage

1. Signalisation

1.1 Introduction :

Le développement de la circulation à grande vitesse impose à l'ingénieur routier de réaliser une bonne signalisation, qui doit provoquer chez l'automobiliste des réflexes instantanés.

Cette signalisation doit être homogène, rapidement visible et compréhensible, suffisante et non surabondante.

1. A. Critères à respecter pour la signalisation :

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

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

1.2. Types de signalisation :

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale
- Signalisation horizontale

1.2. A. Signalisation verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, ces derniers sont des objets qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme.

Signalisation avancée :

Le signal A24 est placé à une distance de 150m de l'intersection.

Le signal B3 accompagné dans tous les cas d'un panneau additionnel (modèle G5) est implanté sur la route prioritaire.

Signalisation de position :

Le signal de type B2 « arrêt obligatoire » est placé sur la route ou les usagers doivent marquer l'arrêt.

Signalisation de direction :

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

1.2. B. Signalisation horizontale :

Elle concerne uniquement les marques sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation, avertir ou guider les usagers. Toutes ces marques sont de couleur blanche. La signalisation horizontale se divise en trois types :

B.a. Marquage longitudinales :**Lignes continues :**

Elles ont un caractère impératif (non franchissables sauf du côté où elles sont doublées par une ligne discontinue). Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit.

Lignes discontinues :

Ce sont des lignes utilisées pour le marquage, elle se différencie par leur module, c'est-à-dire le rapport de la longueur des traits à celle de leurs intervalles. On distingue :

- Les lignes axiales ou lignes de délimitation de voies pour lesquelles la longueur des traits est égale au tiers de leurs intervalles.
- Les lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération, de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leurs intervalles.
- Les lignes d'avertissement de lignes continues, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement triple de celle de leurs intervalles.

Les modulations des lignes discontinues sont récapitulées dans le tableau suivant :

Type de modulation	Longueur du trait (en mètres)	Intervalle entre deux traits successifs (mètres)	Rapport plein vide
T1	3.00	10.00	Environ 1/3
T'1	1.50	5.00	
T2	3.00	3.50	Environ 1
T'2	0.50	0.50	
T3	3.00	1.33	² Environ 3
T'3	20.00	6.00	

Tableau de Modulation de la ligne continue

B.b. Marquage transversales :

Ligne STOP :

C'est une ligne continue qui oblige les usagers de marquer un arrêt.

1.2.3. Autres signalisation :

A. Les flèches de rabattement :

Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent.

B. Les flèches de sélection :

Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'il doit suivre la direction indiquée.

C. Largeur des lignes :

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route :

U = 7.5cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.

U = 6 cm sur les routes et voies urbaines

U = 5 cm sur les autres routes.

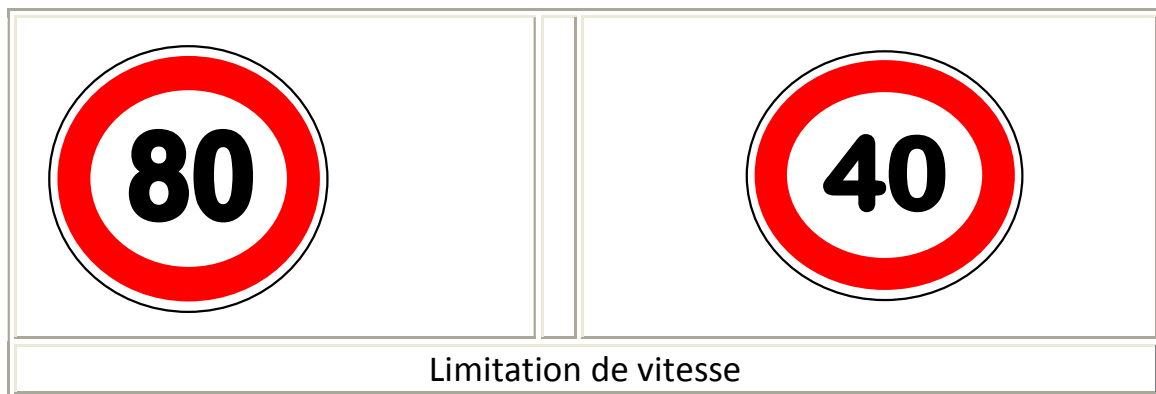
Application au projet

Dans le cadre de notre étude, tout en respectant les critères énoncés précédemment ainsi que la réglementation Signalisation et marquages routière Algérienne.

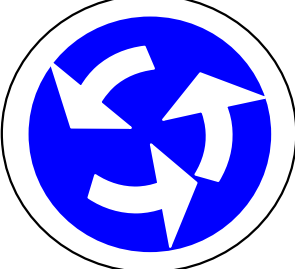
Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :

2.1 Signalisation verticale

Les signaux routiers qui sont utilisé pour le tracé sont

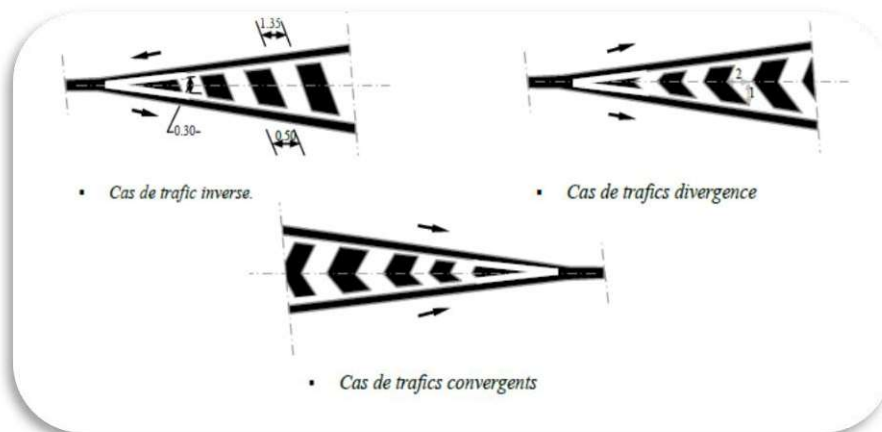
Limitation de vitesse

2.2. Les signaux utilisés dans les carrefours

		
B1 Sens interdit à tout véhicule	B21-1 Obligation de tourner à droite avant le panneau.	AB3a Cédez le passage à l'intersection. Signal de position
		
AB25 Carrefour à sens giratoire	Giratoire	

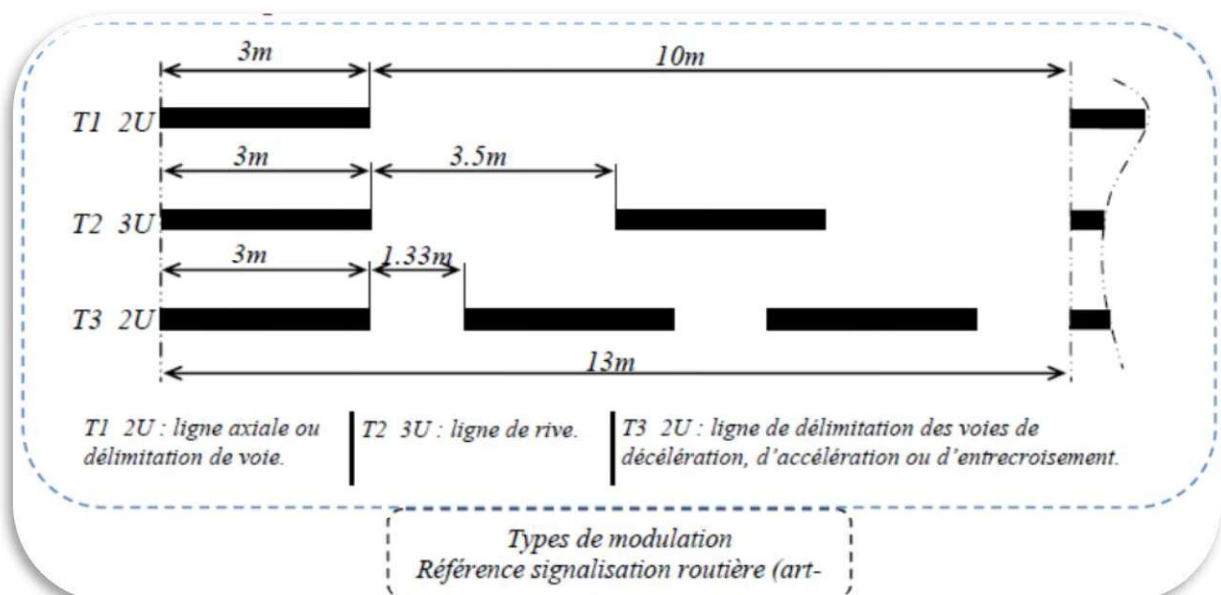


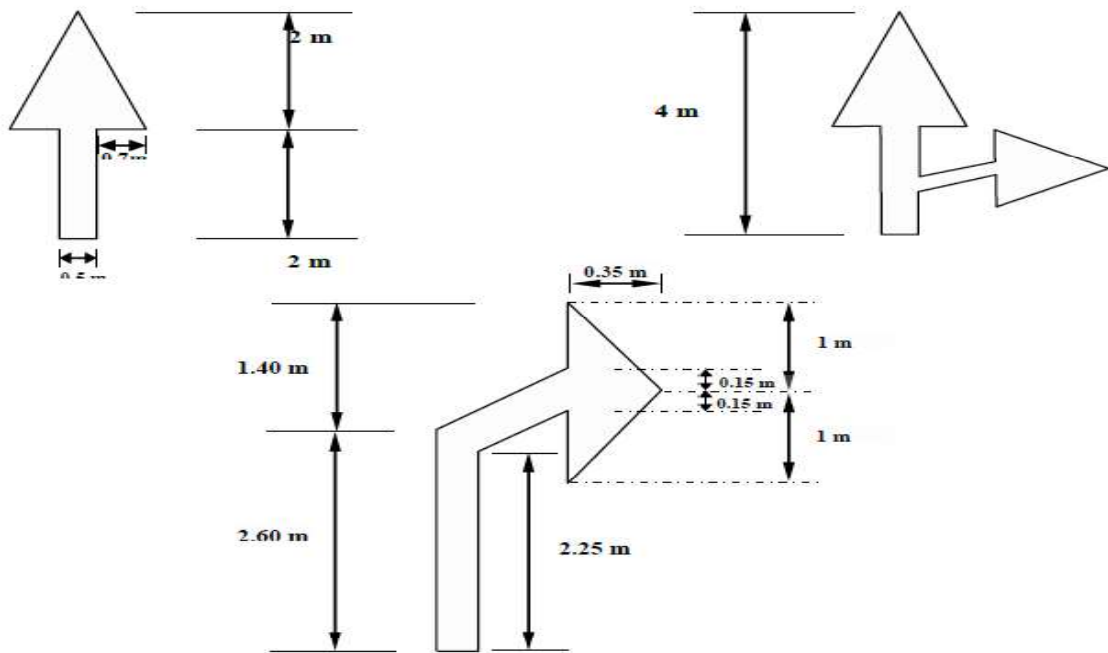
Traçage des ilots



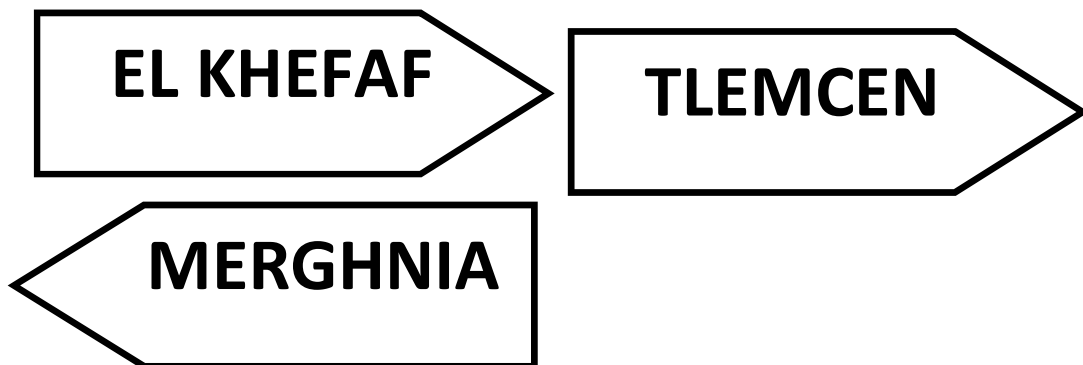
2.3. Signalisation horizontale

Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un $U = 7.5$ cm. et les lignes de délimitation Les signaux routiers qui sont utilisé pour le carrefour sont :



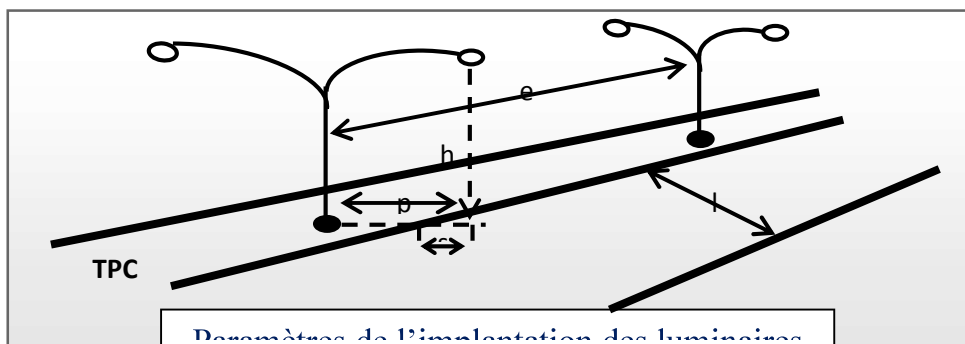


4. Les plaques utilisées.



5. Eclairage de la voie (le long de pénétrante) :

Pour l'éclairage de la voie des lampadaires sont implantées dans le terre plein Central avec deux foyers portée par le même support éclairant chacun une demi-Chaussée espacés de 20 m.



Chapitre XII

Environnement

1. Introduction :

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

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

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

2. Objectif de l'étude d'impact sur l'environnement :

L'étude d'impact sur l'environnement est un instrument privilégié dans la planification du développement et de l'utilisation des ressources et du territoire, elle vise :

- La prise en compte des préoccupations environnementales dans toutes les phases de la réalisation d'un projet (phase de réalisation de l'infrastructure, phase d'exploitation de l'infrastructure) ;
- Elle aide l'initiateur à concevoir un projet plus soucieux du milieu récepteur tout en étant acceptable au plan technique et économique ;
- Elle prend en compte l'ensemble des composantes des milieux naturel, humain et physique, susceptibles d'être affectés par le projet ;
- Elle permet d'analyser et d'interpréter les relations et les interactions entre les facteurs qui exercent une influence sur les écosystèmes, les ressources, et la qualité de vie des riverains et des collectivités.

3. Aspect de l'environnement à préservé lors de la conception d'une Infrastructure

La construction d'une route intervient directement dans la perturbation de l'eau, l'aire, la faune, la flore et l'altération des nuisances dus au bruit.

Les impacts peuvent concerner :

A. Les ressources en eau :

Les routes peuvent contribuer à la modification des écoulements et à la qualité des eaux de surface et souterraines, entraînant parfois un risque accru d'inondation, d'érosion, de dépôts, ou une modification brutale de la dynamique de la nappe phréatique.

Pour prévenir la pollution accidentelle ou chronique des eaux superficielles et souterraines la conception de bassins antipollution ou de merlons anti déversement est un moyen assez efficace de réduire ou de supprimer ce type de nuisances. Aussi le drainage des routes doit être conçu de façon à retenir l'eau dans des micros – bassins pour quelle soit utilisable par l'homme et la nature ou pour affaiblir les inondations et évacuer les eaux stagnantes.

Pollution de l'aire :

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 moyens de transport
- Rechercher les effets réels sur le climat de la pollution atmosphérique.
- Utiliser d'autres sources d'énergie
- Contrôler les véhicules et leurs vitesses.
- Encourager des plantations dans les villes sujettes aux pollutions de l'air.

C. Niveau de bruit (niveau sonore) :

Les impacts :

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

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

Les remèdes :

- Eviter les zones de grandes densités d'habitation en agissant en amont sur la configuration du tracé.
- Mettre des protections entre cette source de bruit et les récepteurs.
- Agir sur les façades des bâtiments concernés.

- La protection entre la source et le récepteur consiste à interposer un obstacle entre les voies de circulation et les habitations situées à proximité.
- Dans le cas d'immeubles de grande hauteur, ces dispositifs sont incapables de protéger les étages supérieurs.

D. La destruction :

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

E. La faune et la flore :

Le choix du tracé doit tenir compte des problèmes liés à l'environnement biologique. Des précautions peuvent être prises à un stade précoce de la planification du projet pour protéger le milieu naturel et faciliter le déplacement de la faune par l'implantation de passages pour faunes ou encore la conception de franchissements revêtus ou non. Ces passages doivent être conçus de façon que leur entretien soit le plus simple possible et que leur gestion soit à la fois naturelle et écologique.

F. La sécurité :

Pour assurer la sécurité des piétons on doit :

- Implanter des passerelles au niveau des centres qui génèrent les populations de la ville.
- Implanter des trottoirs. Pour assurer la sécurité des automobilistes on doit:
- Réduire la vitesse au niveau des intersections et les zones urbains.
- Faire Des panneaux de signalisation.

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE EN (DA)	MONTANT
1) Acquisition de terrain	M²	/	1000	/
		TOTAL 1:		/
2) Installation de chantier et repliement	F		3% du total (3+4+5)	9958634.982
		TOTAL 2:		9958634.982
3) Dégagement de l'emprise				
arrachement des arbres, abatages d'arbres toutes tailles,	M²	13719	250	4 923 750
		TOTAL 3:		4 923 750
4) Terrassement				
Décapage de la terre végétale épaisseurs de 20 à 30cm	M²	78434.5	50	3 921 725
Déblai en terrain meuble mis en remblai	M³	52371	450	23 566 950
Déblai excédentaire en terrain meuble mise en dépôt	M³	104904	300	31 471 200
Remblais d'emprunt	M³	/	600	0.00
		TOTAL 4:		58 959 875
5) Chaussée				
Mise en place d'une couche de forme	M³	27 840.44	1000	27 840 440
Matériaux d'accotement en tuf	M³	13 158.72	1000	13 158 720
couche de fondation en grave concassé	M³	19 281.18	2800	53 987 304
Couche de base en grave bitume	T	13 080.98	7100	92 874 958
Couche d'imprégnation en émulsion 700 à 800 g/m2	T	45.868	7800	357770.4
Couche de roulement en béton bitumineux	T	13 265.67	6000	79 594 020

Couche d'accrochage dosée 200 à 300g/m2	T	43.39	5800	251 662
		TOTAL 5:		268064874.4
6) Ouvrages d'art	M²	123.6	400000	49440000
		TOTAL 6:		49440000
7) Ouvrages d'art courant et assainissement	F		10% total (3+4+5)	33195449.94
		TOTAL 7:		33195449.94
8) Impact sur l'environnement	F	/	1% du total (3+4+5)	3319544.994
		TOTAL 8:		3319544.994
9) Signalisation	F		5% du total (3+4+5)	16597724.97
		TOTAL 9:		16597724.97
10) Glissières de sécurité	ML	2×13500	2000	
		TOTAL 10:		
11) Contrôle (bureau d'étude et laboratoire)	F		2% total (3+4+5)	6639083.988
		TOTAL 11:		6639083.988
		TOTAL:		451098338.3
		TVA 17%		76686819.51
		TOTAL EN DINARS TTC		527785158

CONCLUSION

Ce projet de fin d'étude, objet de ce mémoire, a été choisi de façon à saisir l'opportunité que nous offre ce vaste chantier du réseau routier algérien pour enrichir, améliorer, appliquer et actualiser les connaissances acquises durant notre cursus universitaire.

Il nous a permis aussi d'apporter une modeste contribution au projet autoroutier algérien.