

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION :	1
<u>CHAPITRE 1 : Présentation de projet</u>	
1. PRÉSENTATION DE PROJET :	3
2. OBJECTIF :	4
3. JUSTIFICATION DE LA RN 101 :	4
<u>CHAPITRE 2 : Etude de trafic</u>	
1. INTRODUCTION :	6
2. L'ANALYSE DES TRAFICS EXISTANTS :	6
2.1 La mesure des trafics :	6
2.2 Les comptages :	6
2.3 Les comptages manuels :	6
2.4 Les comptages automatiques :	7
2.5 Les enquêtes origine destination :	7
3. DIFFERENTS TYPES DE TRAFICS :	8
3.1 Trafic normal :	8
3.2 Trafic dévie :	8
3.3 Trafic induit :	9
3.4 Trafic total :	9
4. CALCUL DE LA CAPACITÉ :	9
4.1 Définition de la capacité :	9
4.2 La procédure de détermination de nombre de voies :	9
5. DÉTERMINATION DU NOMBRE DES VOIES :	12
6. APPLICATION AU PROJET :	13
6.1 Les données du trafic :	13
6.2 Calcul de TMJA à l'horizon :	13
6.3 Calcul de trafic effectif :	13
6.4 Débit de pointe horaire normal :	14
6.5 Débit horaire admissible :	15
6.6 Détermination du nombre des voies :	15

6.7 Calcul de l'année de saturation de 2×2 voies :	15
--	----

CHAPITRE 3 : Géométrie de la route

1. INTRODUCTION :	18
2. TRACÉ EN PLAN :	18
2.1 Définition :	18
2.2 Règles à respecter dans le tracé en plan	18
2.3 Les éléments de tracé en plan.....	18
2.4 Courbe de raccordement (CR) :	22
2.5 Combinaison des éléments du tracé en plan :	25
3. PROFIL EN LONG :	27
3.1 Définition :	27
3.2 Trace de la ligne rouge :	27
3.3 Les éléments constituant la ligne rouge :	28
3.4 Raccordement du profil en long :	28
3.5 Calcul de profil en long :	31
4. PROFIL EN TRAVERS :	35
4.1 Définition :	35
4.2 Types de profil en travers :	35
4.3 Application au projet :	36

CHAPITRE 4 : Cubature

1. TERASSEMENT :	40
2. CUBATURES :	40
3. METHODE DE CALCUL DES CUBATURES :	40
3.1 Formule de Mr SARRAUS :	41
3.2 La méthode de GULDEN :	43
3.3 La méthode linéaire :	43
4. RESULTATS DE NOTRE PROJET :	43

CHAPITRE 5 : Etude géotechnique

1. INTRODUCTION :	45
2. OBJECTIFS :	45
3. LES MOYENES DE LA RECONNAISSANCE :	45
3.1 L'étude des archives et documents existants :	45
3.2 Les visites sur site et les essais « in-situ » :	46
3.3 Les différents essais en laboratoire :	47

CHAPITRE 6 : Dimensionnement de corps de chaussé

1. INTRODUCTION :	56
2. LA CHAUSSÉE :	56
3.1 Définition :	56
3. LES STRUCTURES DE CHAUSSEES :	56
4. DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEES :	57
4.1 Les chaussées souples :	57
4.2 Les chaussées semi-rigides :	59
5. FACTEURS POUR LES ETUDES DE DIMENSIONNEMENT :	59
5.1 Trafic :	59
5.2 Le climat et l'environnement :	61
6. LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT :	61
6.1 Méthode C.B.R «California -Bearing - Ratio» :	61
6.2 Méthode du catalogue des structures «SETRA» :	63
6.3 Méthode A.A.S.H.O «American Association of State Highway Officials»:	64
6.4 La Méthode L.C.P.C «Laboratoire Central des Ponts et Chaussées» :	65
6.5 Méthode du catalogue des chaussées neuves « CTPP » :	65
7. APPLICATION AU PROJET :	68
7.1 Méthode « CBR » :	68
7.2 Méthode de catalogue des structures «SETRA» :	69
7.3 Méthode du catalogue des chaussées neuves « CTPP » :	70
8. CONCLUSION :	71

CHAPITRE 7 : Etude de carrefour

1. INTRODUCTION :	73
2. TYPE DES CARREFOURS :	73
2.1 Carrefour en T :	73
2.2 Carrefour en Y ou type (Y) :	73
2.3 Carrefour en croix :	73
2.4 Carrefour type giratoire ou carrefour giratoire :	73
3. LES AVANTAGES ET LES INCONVENIENTS DU CARREFOUR GIRATOIRE :	74
3.1 Les avantages :	74
3.2 Les inconvénients :	74
4. DONNEES APPRENDRE POUR L'AMENAGEMENT D'UN CARREFOUR :	75
5. PRINCIPES GENERAUX D'AMENAGEMENT D'UN CARREFOUR :	75
5.1 La visibilité :	75
5.2 Triangle de visibilité :	76
6. LES ILOTS :	76
6.1 Ilot séparateur :	76
6.2 Ilot directionnel :	76
6.3 Les couloirs d'entrée et de sortie :	76
7. SIGNALISATION DU CARREFOUR :	77
8. APPLICATION AU PROJET :	77
8.1 Triangle de visibilité :	79

CHAPITRE 8 : Assainissement

1. INTRODUCTION :	81
2. OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT :	81
3. TYPES DES DÉGRADATIONS :	81
4. TYPES DES CANALISATIONS :	82
5. DIMENSIONNEMENT DE RESEAU D'ASSAINISSEMENT :	82
5.1 Choix des ouvrages d'assainissement :	82
5.2 Le débit d'apport :	83
5.3 Pluie journalière maximal annuelle P_j :	85
5.4 Le débit de saturation :	85
6. DIMENSIONNEMENT DES BUSES :	86
7. DIMENSIONNEMENT DES FOSSES :	87

7.1 Calcul de la surface mouillée :.....	88
7.2 Calcul du périmètre mouillé :	88
7.3 Calcul le rayon hydraulique :.....	88
8. APPLICATION AU PROJET :	89
8.1 Calcul hydraulique :.....	89
8.2 Dimensionnement des buses :.....	90
8.3 Dimensionnement des fossés :.....	93
9. CONCLUSION :	93

CHAPITRE 9 : Signalisation

1. INTRODUCTION :.....	95
2. L’OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE :	95
3. PRINCIPES FONDAMENTAUX POUR UNE SIGNALISATION EFFICACE	95
4. CATEGORIES DE SIGNALISATION :	95
5. TYPES DE SIGNALISATION :.....	96
5.1 Signalisation Verticale :.....	96
5.2 Signalisation Horizontale :.....	97
6. APPLICATION AU PROJET :.....	100
7. ECLAIRAGE	102
7.1 Introduction :.....	102
7.2 Catégories d’éclairage :	102
7.3 Paramètres de l’implantation des luminaires :.....	103
7.4 Application au projet :	103

CHAPITRE 10 : L’impact sur l’environnement

1. INTRODUCTION :	105
2. OBJECTIF D’UNE ETUDE D’IMPACT SUR L’ENVIRONNEMENT	105
3. CADRE JURIDIQUE :	106
4. DÉFINITIONS :	106
4.1 Environnement :	106
4.2 Impact sur l’environnement:	106
4.3 Étude d’impact sur l’environnement :.....	106
5. IMPACT DE TRANSPORT ROUTIER SUR L’ENVIRONNEMENT :.....	106
5.1 Climatologie:.....	107
5.3 Pédologie :.....	107

5.4 Hydraulique :.....	107
5.5 Hydrogéologie :.....	107
5.6 Flore :	107
5.7 Faune :	107
5.8 Nuisances phoniques	107
6. METHODOLOGIE DU CHOIX DE TYPE DES PLANTES :	108
7. CONCLUSION :	108
 CONCLUSION GENERALE :	 110
BIBLIOGRAPHIE :	112

Liste des tableaux

Tableau 2.1 : Coefficient d'équivalence p.....	10
Tableau 2.2 : Type d'environnement.	10
Tableau 2.3 : coefficient lié à l'environnement	11
Tableau 2.4 : coefficient de réduction de capacité	12
Tableau 2.5 : valeur de la capacité théorique.	12
Tableau 2.6 : Récapitulatif des résultats du calcul.	16
Tableau 3.1 : Rayons du tracé en plan.	22
Tableau 3.2 : valeurs de la déclivité maximale.....	28
Tableau 3.3 : Rayons verticaux pour un angle saillant.	30
Tableau 3.4 : Rayons verticaux pour un angle rentrant.	31
Tableau 5.1 : Récapitulatif des résultats des sondages.	47
Tableau 5.2 : Récapitulatif des résultats des Différents Essais.....	54
Tableau 6.1 : Classification des trafics en France.....	60
Tableau 6.2 : Classe de trafic en fonction CAM de poids lourd.....	60
Tableau 6.3 : Portance de sol en fonction de l'indice de CBR.	61
Tableau 6.4 : Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau.	62
Tableau 6.5 : La classe du trafic poids lourd.	63
Tableau 6.6 : Classement de sole en fonction de l'indice de CBR.	64
Tableau 6.7 : Tableau exprimé les classe de sol en fonction de la déflexion.	67
Tableau 6.8 : Epaisseur de couche de fondation en fonction de la portance du sol.....	67
Tableau 6.9 : Les zones climatiques de l'Algérie.	68
Tableau 6.10 : Récapitulatif des résultats.	69
Tableau 8.1: Coefficient de ruissellement « C ».	83
Tableau 8.2 : Variable de Gauss.	85
Tableau 8.3 : Coefficient de rugosité.....	86
Tableau 8.4 : Intensité-Durée-Fréquence.....	87
Tableau 8.5 Récapitulatif des résultats.	92
Tableau 9.1 : modulation des lignes discontinues.	98
Tableau 9.2 : différents type des panneaux.....	101

SUMMARY

Our project of end of study returns in the field of the infrastructures of transport, and in particular the roads. This project presents a detailed study of a widening of trunk road RN101 (AIN TEMOUCHENT –SIDI BEL ABBES) on a section of 10Km.

This study is composed of three parts:

- ❖ the first part: Presentation of the project and study of traffic.
- ❖ the second part: Geometry of the road (Alignment; Profile longitudinally; Profile transversely).
- ❖ the last part: Study of crossroads and environmental impact.

Key words:

Unfolding, road, geometry, traffic, crossroads.

RESUME

Notre projet de fin d'étude rentre dans le domaine des infrastructures de transport, et en particulier les routes. Ce projet présente une étude détaillée d'un élargissement de la route nationale RN101 (AIN TEMOUCHENT –SIDI BEL ABBES) sur un tronçon de 10Km.

Cette étude se compose de trois parties :

- ❖ La première partie : Présentation du projet et étude de trafic.
- ❖ La deuxième partie : Géométrie de la route (Tracé en plan ; Profil en long ; Profil en travers).
- ❖ La dernière partie : Etude de carrefours et L'impact sur l'environnement.

Mots clés :

Dédoublément, route, géométrie, trafic, carrefours.

الملخص

تندرج هذه الدراسة في اطار البنى التحتية للنقل و بالخصوص مجال الطرقات تحت عنوان ازدواجية الطريق الوطني رقم:101 الرابط بين عين تيموشنت و سيدي بلعباس على مسافة 10 كلم .

هذه المذكرة احتوت دراسة مفصلة لتوسعة الطريق الوطني رقم:101، تضمنت ثلاثة مراحل:

المرحلة الاولى : وصف عام للمشروع بالإضافة الى حساب حجم المرور عبر الطريق .

المرحلة الثانية: تتضمن التصميم الهندسي للطريق المتمثل في مختلف المخططات (المخطط العلوي، المخطط الطولي، المخططات العرضية).

المرحلة الاخيرة : قمنا بدراسة الاثار المترتبة عن هذا المشروع على المحيط .

الكلمات المفتاحية:

الازدواجية، المخطط العلوي، حجم المرور، الميل، السرعة القاعدية، مفترق الطرق.

INTRODUCTION GENERALE

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

En outre la route joue un rôle moteur dans l'aménagement du territoire, elle favorise l'implantation d'activités économiques et industrielles et réduit les coûts de transport et donc de production.

C'est dans ce cadre qu'entre notre projet de fin d'études qui s'intitule :

« Étude d'un tronçon de dédoublement de la m101 (AIN TEMOUCHENT - SIDI BEL ABBES) sur 10km avec aménagement de carrefours».

Le travail que nous présentons est structuré comme suite :

Chapitre 1 : Présentation du projet afin de définir l'état du projet.

Chapitre 2 : Etude du trafic pour analyser et calculer le trafic existant.

Chapitre 3 : Géométrie de la route qui contienne (Tracé en plan ; Profil en long ; Profil en travers) on applique les normes technique d'aménagement des routes B40.

Chapitre 4 : Etude géotechnique.

Chapitre 5 : Dimensionnement de corps de chaussée.

Chapitre 6 : Etude de carrefour.

Chapitre 7 : Signalisation.

Chapitre 8 : Assainissement.

Chapitre 9 : L'impact sur l'environnement.

Enfin ; on termine ce travail par une conclusion générale.

1. PRESENTATION DE PROJET :

Le projet réel concerne le dédoublement de la RN101, son origine est la wilaya de SIDI BEL ABBES (PK 0+000) et se termine à la limite de la wilaya de AIN TEMOUCHENT (PK 28+000).

Le tronçon étudié a comme origine le carrefour giratoire, qui est le point d'intersection entre SIDI BEL ABBES et le village de SIDI MOHAMED TALABE. Ce tronçon a une longueur de 10 Km vers AIN TEMOUCHENT.

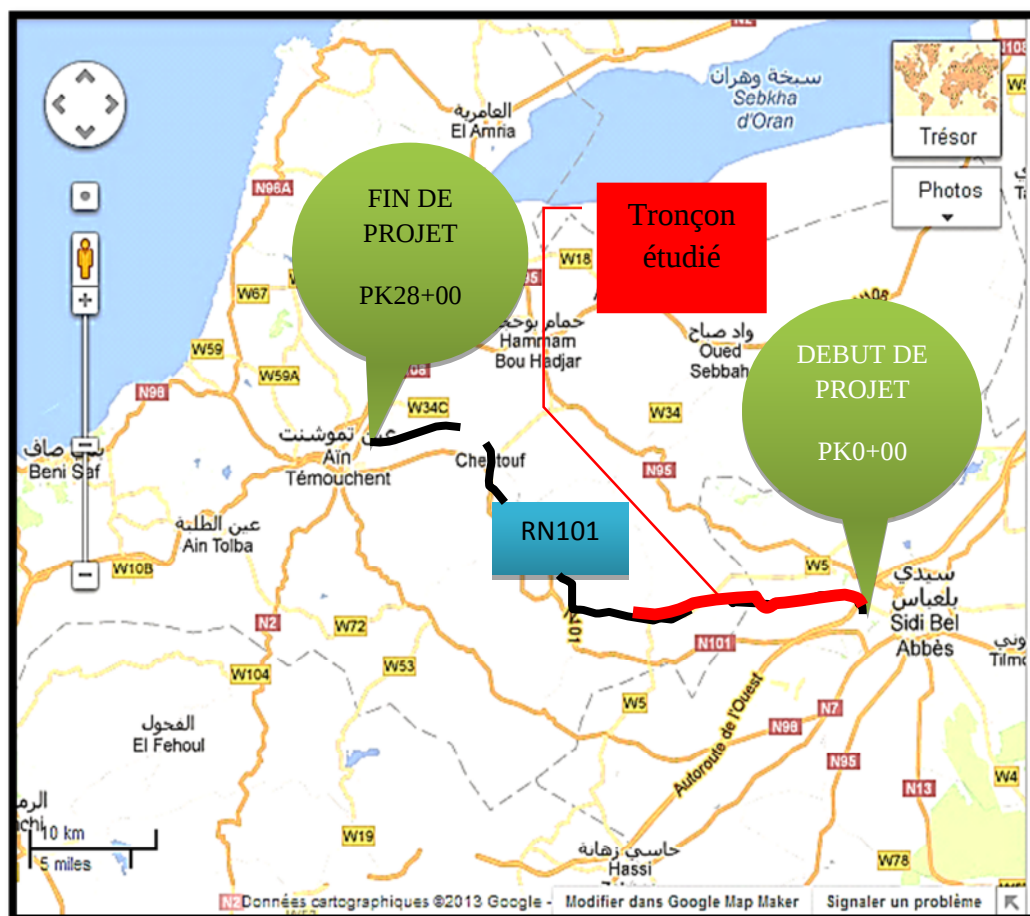


Figure 1.1 : SITUATION DE LA RN 101 [1].

2. OBJECTIF :

Notre objectif principal consiste à augmenter le niveau de service de la route existante par dédoublement (2x2voies) avec un séparateur (TPC). Pour :

- ❖ Assurer une bonne fluidité de la circulation générale.
- ❖ A réduire le nombre d'accidents.
- ❖ L'augmentation de la capacité de la route.

Sachant que le profil en travers de la route existante se présente comme suit :

- ❖ Une chaussée bidirectionnelle de largeur de 7,5 m.
- ❖ Une largeur de 2 m d'accotement.

3. JUSTIFICATION DE LA RN 101 :

La route nationale 101 joue un rôle très important pour le réseau routier national car elle constitue une liaison entre AIN TEMOUCHENT et SIDI BEL ABBES, c'est une route passant par le littoral TIMOCHENTOIS ; donc elle touchera une zone à forte circulation durant la saison estivale, de plus « le nombre des usagers de la route durant cette période est supérieur à la normale, en raison du fait que SIDI BEL BBES constitue une wilaya carrefour dans la région ouest ».

1. INTRODUCTION :

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

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

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

2. L'ANALYSE DES TRAFICS EXISTANTS :

Tout projet d'étude d'infrastructure routière doit impérativement contenir une évaluation et une analyse précise de trafic supporté, car le dimensionnement de la chaussée et 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 de l'horizon. L'étude de trafic présente 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. [2]

2.1 La mesure des trafics :

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires :

- ❖ Les comptages : sont permettent de quantifier le trafic.
- ❖ Les enquêtes : sont permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs. [2]

2.2 Les comptages :

C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, on distingue deux types de comptage : [2]

- ❖ Les comptages manuels.
- ❖ Les comptages automatiques.

2.3 Les comptages manuels :

Ils sont réalisés par les enquêteurs 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.M.J.A.**). [2]

2.4 Les comptages automatiques :

Ils sont effectués à l'aide d'appareil enregistreur comportant une détection pneumatique réalisée par un tube en caoutchouc tendu en travers de la chaussée. On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires : [3]

2.4.1 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.

2.4.2 Le comptage temporaire :

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.

2.4.3 L'inconvénient de cette méthode :

Est que tous les matériels de comptage actuellement utilisés ne détectent pas la différence entre les véhicules légers et les poids lourds.

2.5 Les enquêtes origine destination :

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

Cette méthode permet en particulier de recenser les flux de trafic inter zonaux, en définissant leur origine et destination.

Il existe plusieurs types d'enquêtes : [3]

2.5.1 Les enquêtes papillons ou distributions de cartes :

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 et sont différents à chaque entrée, un autre agent identifie l'origine des véhicules en repérant les papillons ou en récupérant les cartes.

- ❖ **Les avantages de la méthode :** sont la rapidité de l'exploitation et la possibilité de pouvoir se faire de jour comme de nuit.

- ❖ **Les inconvénients de la méthode :** c'est que l'enquête ne permet pas de connaître l'origine et la destination exacte des véhicules, mais seulement les points d'entrées et de sortie du secteur étudié.

2.5.2 Relevé des plaques minéralogiques :

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

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

2.5.3 Interview des conducteurs :

Cette méthode est lourde et coûteuse 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 telles que le type de véhicule.

2.5.4 Les enquêteur à domicile - enquête ménage :

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

3. DIFFERENTS TYPES DE TRAFICS :

3.1 Trafic normal :

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte du nouveau projet. [5]

3.2 Trafic dévie :

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. En d'autre terme la déviation de trafic n'est qu'un transfert entre les différentes routes qui atteignent le même point. [5]

3.3 Trafic induit :

C'est le trafic qui résulte de : [5]

- ❖ 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 une facilité apportée par le nouvel aménagement routier

3.4 Trafic total :

C'est le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévie. [5]

4. CALCUL DE LA CAPACITÉ :

4.1 Définition de la capacité :

La capacité est le nombre des véhicule qui peuvent raisonnablement passer sur une direction de la route « ou deux directions » durant une période bien déterminée. La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire, elle dépend : [6]

- ❖ Les conditions de trafic.
- ❖ Les conditions météorologiques.
- ❖ Des caractéristiques géométriques de la route (nombre et largeur des voies).
- ❖ Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs).

4.2 La procédure de détermination de nombre de voies :

Le choix du nombre de voie résulte de la comparaison entre l'offre et le demande, c'est-à-dire le débit admissible et le trafic prévisible à l'année d'horizon. Pour cela il est donc nécessaire d'évaluer le débit horaire à l'heure de pointe pour la vingtième année d'exploitation. [6]

4.2.1 Calcul de TMJA à l'horizon :

La formule qui donne le trafic moyen journalier annuel à l'année horizon est : [6]

$$TMJA_h = TMJA_0 (1 + \tau)^n$$

Avec :

$TMJA_h$: le trafic à l'année horizon.

$TMJA_0$: le trafic à l'année de référence.

n : nombre d'année.

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

4.2.2 Calcul de trafic effectif :

C'est le trafic traduit en **unité de véhicules particulier (UVP)**, en fonction de type de route et de l'environnement.

Pour cela on utilise des coefficients à d'équivalence pour convertir les PL en (UVP). Le trafic effectif est donné par la relation suivante : [6]

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

Avec :

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

z : pourcentage de poids lourd.

p : coefficient d'équivalence pour le poids lourds.

Tableau 2.1 : Coefficient d'équivalence p. [6]

Environnement Routes	E1	E2	E3
2 voies	3	6	12
3 voies	2.5	5	10
4 voies et plus	2	4	8

Tableau 2.2 : Type d'environnement. [6]

Sinuosité Relief	Faible	Moyenne	Forte
Plat	E1	E2	
Vallonné	E2	E2	E3
Montagneux		E3	E3

Notre projet est de l'environnement E1 puis qu'on a une sinuosité faible et un relief plat.

❖ Catégorie de la route

Les routes algériennes sont classées en cinq catégories fonctionnelles correspondant aux finalités économiques et administratives des itinéraires considérés ; cependant la route de notre projet appartient à la catégorie C1

4.2.3 Débit de pointe horaire normal :

Le débit de pointe horaire normal est une traction de trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule : [6]

$$Q = \left(\frac{1}{n} \right) T_{\text{eff}}$$

Avec :

Q : débite de pointe horaire (UVP).

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

T_{eff} : trafic effectif.

4.2.4 Débit horaire admissible :

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule : [6]

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

Avec :

K₁ : coefficient lié à l'environnement.

K₂ : coefficient de réduction de capacité.

C_{th} : capacité théorique par voie qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

❖ Valeur de K₁ :

Tableau 2.3 : coefficient lié à l'environnement. [6]

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

❖ Valeur de K_2 :

Tableau 2.4 : coefficient de réduction de capacité. [6]

Environnement	1	2	3	4
E1	<u>1.00</u>	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96

❖ Valeur de C_{th} :

Tableau 2.5 : valeur de la capacité théorique. [6]

Nombre des voies de la route	Capacité théorique (UVP/h)
Route à 2 voies de 3.5m	<u>1500 à 2000</u>
Route à 3 voies de 3.5m	2400 à 3200
Route à chaussée séparée	1500 à 1800

5. DÉTERMINATION DU NOMBRE DES VOIES :

❖ Cas d'une Chaussée Bidirectionnelle : On compare Q à Q_{adm} et on prend le profil permettant d'avoir : [6]

$$Q_{adm} \geq Q$$

❖ Cas d'une Chaussée Unidirectionnelle : Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport : [6]

$$n = S \times Q/Q_{adm}$$

Avec :

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

Q_{adm} : débit admissible par voie.

6. APPLICATION AU PROJET :

6.1 Les données du trafic :

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

DTP : direction des travaux publics

❖ TMJA 2007 = 8500v/j	
❖ Le taux d'accroissement annuel du trafic noté	$\tau = 4\%$
❖ La vitesse de base sur le tracé	$V_B = 80 \text{ Km/h}$
❖ Le pourcentage de poids lourds	$Z = 30\%$
❖ L'année de mise en service	2014
❖ La durée de vie estimée de	20 ans
❖ Catégorie	C1
❖ L'environnement	E1

6.2 Calcul de TMJA à l'horizon :

$$TMJA_h = TMJA_0 (1 + \tau)^n$$

Avec :

$TMJA_h$: le trafic à l'année horizon l'année de mise en service (2014).

$TMJA_0$: le trafic à l'année de référence(2007).

$$TMJA_{2014} = 8500(1 + 0.04)^7 = 11185 \text{ v/j}$$

$$\text{Donc : } TMJA_{2014} = 11185 \text{ v/j}$$

Trafic à l'année (2034) pour une durée de vie de 20 ans

$$TMJA_{2034} = 11185 \times (1 + 0.04)^{20} = 24508 \text{ v/j}$$

$$\text{Donc : } TMJA_{2034} = 24508 \text{ v/j}$$

6.3 Calcul de trafic effectif :

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

Avec:

z : pourcentage de poids lourd on a $z = 30 \%$.

p : coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds pour une route à deux voies et un environnement E1 on a $P = 3$.

$$T_{\text{eff}} = 24508 \times [(1 - 0.30) + 3 \times 0.30] = 39213 \text{ UVP/j}$$

Donc : $T_{\text{eff}} = 39213 \text{ UVP/j}$

6.4 Débit de pointe horaire normal :

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) T_{\text{eff}}$$

Avec :

$1/n$: coefficient de pointe horaire pris est égale à 0.12 ($n = 8 \text{ heure}$).

❖ Année de mise en service

$$Q = 0.12 \times T_{\text{eff}2014}$$

$$Q = 0.12 \times 8500 = 1020 \text{ UVP/h}$$

Donc : $Q = 876 \text{ UVP/h}$

❖ Année horizon

$$Q = 0.12 \times T_{\text{eff}2034}$$

$$Q = 0.12 \times 39213 = 4706 \text{ UVP/h}$$

Donc : $Q = 4706 \text{ UVP/h}$

Calculons tout d'abord la capacité admissible.

$$\left. \begin{array}{l} Q_{\text{adm}} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{\text{th}} \\ Q_{\text{adm}} \geq Q \\ K_1 = 0.75 \\ K_2 = 1 \end{array} \right\} C_{\text{th}} = Q / (K_1 \cdot K_2 \cdot C_{\text{th}})$$

Avec :

Q : de l'année de mise en service

$$C_{\text{th}} \geq 1020 / (0.75 \times 1)$$

Donc : $C_{\text{th}} \geq 1360 \text{ UVP/h}$

Pour notre cas on obtenue la capacité théorique : $1500 < C_{\text{th}} = 1360 \text{ UVP/h} < 2000$

6.5 Débit horaire admissible :

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

Avec :

$$\left. \begin{array}{l} \text{Catégorie C1} \\ \text{Environnement E1} \end{array} \right\} \begin{array}{l} K_1 = 0.75 \\ K_2 = 1 \end{array}$$

$$C_{th} = 2000$$

$$\Rightarrow Q_{adm} = 0.75 \times 1 \times 2000$$

$$\text{Donc : } Q_{adm} = 1500 \text{ UVP/h}$$

6.6 Détermination du nombre des voies :

$$n = S \times Q / Q_{adm}$$

Avec:

$$S = 2/3$$

$$n = (2/3) \times (4706/1500) = 2,09 \approx 2$$

$$\text{Donc : } n = 2 \text{ voies/sens}$$

6.7 Calcul de l'année de saturation de 2×2 voies :

$$T_{eff2014} = [(1-0.30) + 3.0.30] \times 11185 = 17896 \text{ UVP/j}$$

$$\text{Donc : } T_{eff2014} = 17896 \text{ UVP/j}$$

$$Q = 0.12 \times 17896 = 2148 \text{ UVP/h}$$

$$\text{Donc : } Q = 2148 \text{ UVP/h}$$

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

$$Q_{saturation} = 4 \times 1500 = 6000 \text{ UVP/h}$$

$$\text{Donc : } Q_{saturation} = 6000 \text{ UVP/h}$$

$$Q_{saturation} = (1 + \tau)^n \times Q_{2011} \Rightarrow n = \frac{\ln(\frac{Q_{sat}}{Q})}{\ln(1+\tau)}$$

$$n = \frac{\ln\left(\frac{6000}{2148}\right)}{\ln(1+0.04)} = 26.2 \text{ ans}$$

Donc : $n = 26$ ans

D'où notre route sera saturée 26 ans après la mise en service donc l'année de saturation est Année : 2040.

Tableau 2.6 : Récapitulatif des résultats du calcul

Les calculs sont représentés dans le tableau suivant :

TMJA ₂₀₁₄ (v/j)	TMJA ₂₀₃₄ (v/j)	T _{eff2034} (UVP/j)	Q ₂₀₃₄ (UVP/h)	N
11185	24508	39213	4706	2

1. INTRODUCTION :

La surface de roulement d'une route est une conception de l'espace, définie géométriquement par trois groupes d'éléments qui sont :

- ✱ Tracé de son axe en situation ou en plan.
- ✱ Profil en long.
- ✱ Profil en travers.

2. TRACÉ EN PLAN :

2.1. Définition :

Le tracé en plan est une représentation sur un plan horizontal de l'axe de la route, il est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes ; il est caractérisé par la vitesse de référence et la vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier. [6]

2.2. Règles à respecter dans le tracé en plan (cas général) :

Pour obtenir un bon tracé dans les normes on essaie : [6]

- ✱ Appliquer les normes de B40 si possible.
- ✱ Éviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour de raison économiques.
- ✱ Éviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- ✱ 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 de l'alignement droit si c'est possible.
- ✱ Se raccorder sur les réseaux existants.

2.3. les éléments de tracé en plan :

Un tracé en plan est constitué de trois éléments (comme il est schématisé ci-dessous) :[6]

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

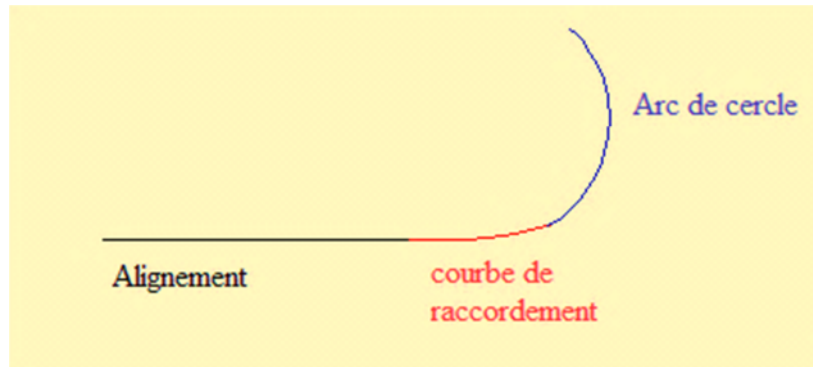


Figure 3.1 : les éléments de tracé en plan

2.3.1. Les alignements :

Une longueur minimale d'alignement $L_{\min}$ devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le Plus grand rayon des deux arcs de cercles.

Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes sont raccordées par une courbe une C ou Ove. [6]

a. Longueur minimale :

Celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps T d'adaptation. [6]

$$L_{\min} = T \times V_B$$

Avec V_B : vitesse de base en (m/s) et $T = 5$ s

$$\Rightarrow L_{\min} = 5 \times V_B$$

b. Longueur maximale :

Pour réduire les effets de la monotonie et d'éblouissement, la longueur maximale $L_{\max}$ d'un alignement est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes à la vitesse V (m/s). [6]

D'après B40 on a : $L_{\max} = T \times V_B$

$$L_{\max} = T \times V_B$$

Avec V_B vitesse de base en (m/s) et $T = 60$ s

$$\Rightarrow L_{\max} = 60 \times V_B$$

La longueur des alignements dépend de :

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

2.3.2. Arcs de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures : [6]

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

✱ Stabilité en courbe :

Le véhicule subit en courbe une instabilité à l'effet de la force centrifuge, afin de réduire cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur, pour éviter le glissement des véhicules, en fait de fortes inclinaisons et augmenter le rayon.

Dans la nécessité de fixer les valeurs de l'inclinaison (dévers) ce qui implique un rayon minimal.

Les rayons en plans dépendant des facteurs suivant : [4]

- ❖ Force centrifuge F_c .
- ❖ Poids de véhicule P .
- ❖ Accélération de la pesanteur G .
- ❖ Devers d .

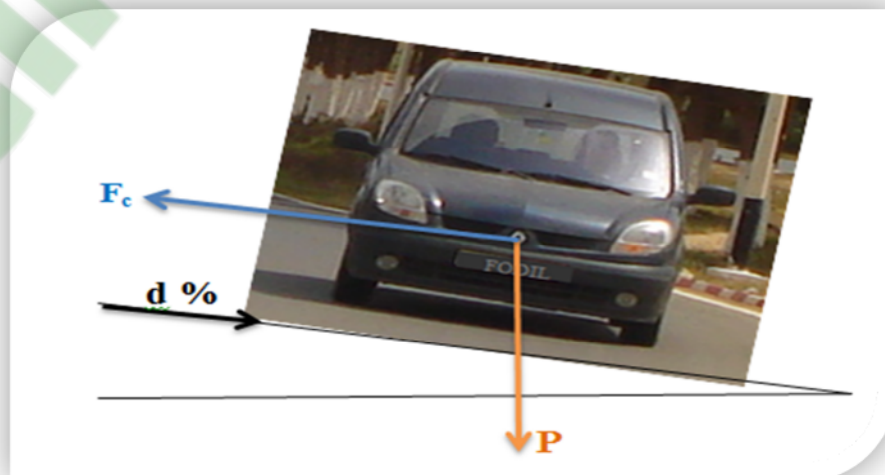


Figure 3.2 : Force centrifuge

❖ **Rayon horizontal minimal absolu (R_{Hmin}) :**

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal : [6]

$$R_{Hmin} = \frac{V_r^2}{127 (f_t + d_{max})}$$

Avec :

f_t : coefficient de frottement transversal.

❖ **Rayon minimal normal (R_{Hn}) :**

Le rayon minimal normal (R_{Hn}) doit permettre à des véhicules dépassant V_B de 20Km/h de rouler en sécurité. [6]

$$R_{Hn} = \frac{(V_r + 20)^2}{127 (f_t + d_{max})}$$

❖ **Rayon au dévers minimal (R_{Hd}) :**

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 subie par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

Dévers associé $d_{min} = 2.5\%$ en catégorie 1-2. [6]

$$R_{Hd} = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{min}}$$

❖ **Rayon minimal non déversé (R_{Hnd}) :**

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toi 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 (R_{Hnd}). [6]

$$R_{Hnd} = \frac{V_r^2}{127 \times 0.0035}$$

Pour notre projet qui est situé dans un environnement (E1), classé en catégorie (C1) avec une vitesse de référence 80 km/h et à partir du règlement Algérien B40 on peut déterminer le tableau suivant :

Tableau 3.1 : Rayons du tracé en plan. [6]

paramètre	symboles	valeurs
Vitesse de référence (Km/h)	V_r	80
Dévers maximal (%)	D_{max}	7
Rayon horizontal minimal (m)	RH_m (7%)	250
Rayon horizontal normal (m)	RH_n (5%)	450
Rayon horizontal déversé (m)	RH_d (2.5%)	1000
Rayon horizontal non déversé (m)	RH_{nd} (- 2.5%)	1400

2.4.Courbe de raccordement (CR) :

Une trace rationnelle de route moderne comportera des alignements, des arcs de cercle ; et entre eux des tronçons de raccordement de courbure progressive, passant de la courbure ($R = \infty$) à l'extrémité de l'alignement à la courbure $1/R$ au début du cercle du virage. [7]

2.4.1. Rôle et nécessité des courbes de raccordement :

L'emploi du CR se justifie par les quatre conditions suivantes : [7]

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

2.4.2. Type de courbe de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirée d'une variation continue de la courbure, on a retenu les trois courbes suivantes : [7]

Clicours.COM

a. Parabole cubique :

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

b. Lemniscate :

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

c. Clothoïde :

La clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue des l'origine ou il est infini jusqu'au point asymptotique ou il est nul.

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

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

❖ Expression mathématique de la clothoïde :

Courbure K linéairement proportionnelle à la longueur curviligne L. [8]

$$K = C \times L$$

On pose: $1/C = A^2 \Rightarrow L \times R = A^2$

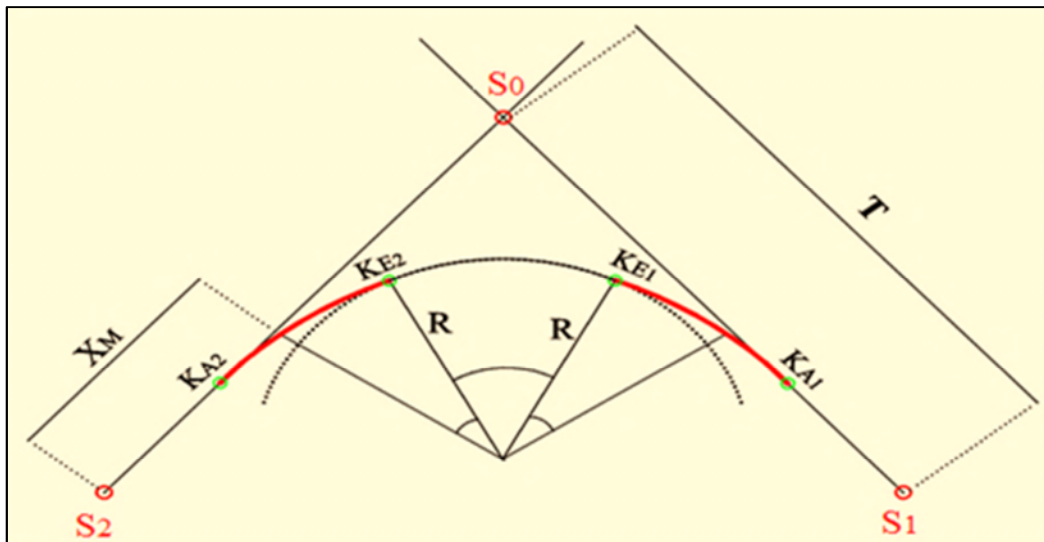
❖ Éléments de la clothoïde :

Figure 3.3 : Les éléments de clothoïde

❖ A : Paramètre de la clothoïde

- ❖ **M** : Centre de cercle d'abscisse **X_m**.
- ❖ **R** : Rayon de cercle
- ❖ **K_A** : Origine de la clothoïde
- ❖ **K_E** : Extrémité de la clothoïde
- ❖ **L** : longueur de la branche de la clothoïde
- ❖ **ΔR** : Mesure de décalage entre l'élément droit de l'arc du cercle (le ripage)
- ❖ **X_m** : Abscisse du centre du cercle **M** à partir de **K_A**.
- ❖ **τ** : Angle des tangentes
- ❖ **X** : Abscisse de **K_E**
- ❖ **Y** : Origine de **K_E**
- ❖ **T_K** : tangente courte
- ❖ **T_L** : tangente longue
- ❖ **S_L** : Corde (**K_A – K_E**)
- ❖ **σ** : Angle polaire (angle de corde avec la tangente)

✱ **Condition optique :**

La clothoïde doit aider à la lisibilité de la route on amorçons le virage, la rotation de la tangente doit être $\geq 3^\circ$ pour être perceptible à l'œil. [6]

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

D'après les règles générales de (B40):

$$R \leq 1500\text{m} \quad \Delta R = 1\text{m} \quad (\text{éventuellement } 0.5\text{m}) \quad L = \sqrt{24R\Delta R}$$

$$1500 < R \leq 5000\text{m} \quad L \geq R/9$$

$$R > 5000\text{m} \quad \Delta R = 2.5\text{m} \quad L = 7.75 \sqrt{R}$$

✱ **Condition de confort dynamique :**

Cette condition Consiste à limite pendant le temps de parcourt Δt du raccordement, la variation, par unité de temps, de l'accélération transversale. [6]

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

Avec :

V_r : vitesse de référence en (Km /h).

R : rayon en (m).

Δd : variation de dévers.

✱ Condition de gauchissement :

Cette condition a pour objet d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation des dévers. Elle s'explique dans le rapport à son axe. [6]

Avec :

$$L \geq l \times \Delta d \times V_r$$

L : longueur de raccordement.

l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.

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

2.5. Combinaison des éléments du tracé en plan :

La combinaison des éléments du tracé en plan donne plusieurs types de courbes, on cite. [6]

2.5.1. 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. [6]

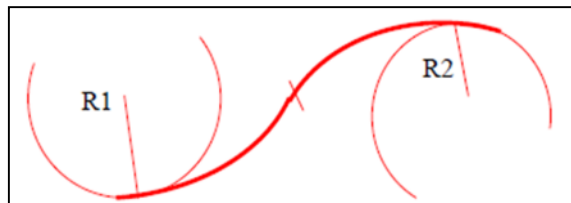


Figure 3.4 : Courbe en S

2.5.2. 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. [6]

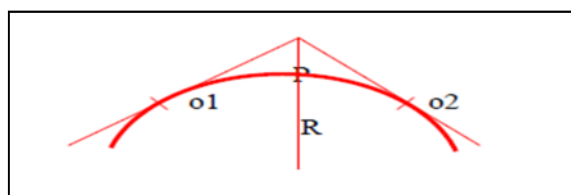


Figure 3.5 : Courbe à sommet

2.5.3. Courbe en C :

Une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux arcs de cercles sécants ou extérieurs l'un à l'autre. [6]

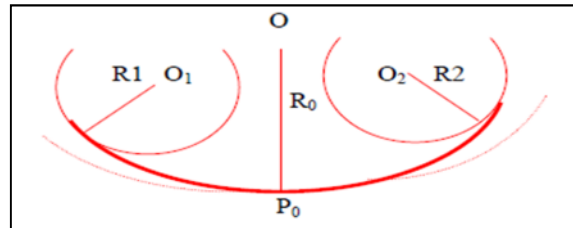


Figure 3.6 : Courbe en C

2.5.4. Courbe en Ove :

Un arc de clothoïde raccordant deux arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique. [6]

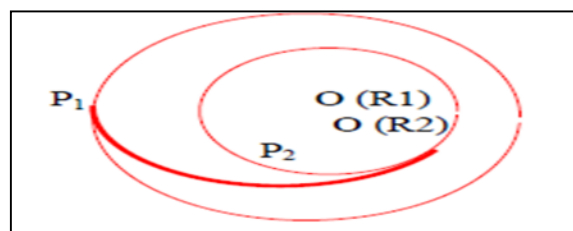


Figure 3.7 : Courbe en ove

3. PROFIL EN LONG :

3.1. Définition :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développée et représentée sur un plan à une échelle (n'est pas une projection horizontal).

Il est toujours composé des éléments de lignes droites inclinées (rampes et pentes) et arcs de cercle tangents aux droites, constituant les raccordements verticaux (convexes et concaves).

Le pourcentage de déclivité dans les rampes et pente est choisi de manière à : [6]

- ❖ 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.

3.2. Trace de la ligne rouge :

Le tracé de la ligne rouge qui représente la surface de roulement du nouvel aménagement retenue n'est pas arbitraire mais il doit répondre plus particulièrement aux exigences suivantes : [6]

- ❖ Minimiser les terrassements, en cherchant l'équilibre adéquat entre le volume de remblais et de déblais.
- ❖ Ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les normes.
- ❖ Eviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance.
- ❖ Eviter d'introduire un point bas du profil en long dans une partie en déblais.
- ❖ Au changement de déclivité (butte ou creux) on raccordera les alignements droits par des courbes paraboliques.
- ❖ Assurer une bonne coordination du tracé en plan et le profil en long.
- ❖ Opter pour une déclivité minimale de 0.5 % de préférence qui permettra d'éviter la stagnation des eaux pluviales.

3.3. Les éléments constituant la ligne rouge :

3.3.1. Les alignements :

Sont des segments droits caractérisés par leurs déclivités. [6]

3.3.2. La Déclivité :

On appelle déclivité d'une route, la tangente des segments de profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées. [6]

a. Déclivité minimale :

Dans les tronçons de route absolument horizontaux ou le palier, pour la raison d'écoulement des eaux pluviales car la pente transversale seule ne suffit pas, donc les eaux vont s'évacuer longitudinalement à l'aide des canalisations ayant des déclivités suffisantes leur minimum vaut 0.5% et de préférence 1%. [6]

b. Déclivité maximale :

Elle dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée qui concerne tous les véhicules, et aussi de la réduction de la vitesse qu'il provoque qui concerne le poids lourd doit. et selon (B40) elle doit être inférieure à une valeur maximale associée à la vitesse de base.

Tableau : 3.2 valeurs de la déclivité maximale : [6]

V_r (Km/h)	80
I_{max} (%)	6

3.4. Raccordement du profil en long :

Le changement de déclivité constituent des points particulier dans le profil en, ce changement est assuré par l'introduction de raccordement circulaire qui doit satisfaire aux conditions de confort et de visibilité.

Il y a deux types de raccords : [6]

3.4.1. Raccordement convexe (saillants) :

Les rayons minimums admissibles des raccords 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 : [6]

- ❖ de confort.
- ❖ de visibilité.

a. Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte convexité, le véhicule subit une accélération verticale importante qui modifie sa stabilité et gêne les usagers.

La condition de confort consiste à limiter l'accélération verticale est représentée par la formule suivante :

$$(V_r^2/R_V) \leq (g/40) \implies R_V \geq (40/g) \times V_r^2 \quad \text{pour (cat. 1-2).}$$

$$(V_r^2/R_V) \leq (g/30) \implies R_V \geq (30/g) \times V_r^2 \quad \text{pour (cat. 3-4-5).}$$

Avec : $v = V/3.6$ et $g = 10 \text{ m/s}^2$ (accélération de la pesanteur).

R_V : Étant le rayon de raccordement.

Donc :

$$R_{V\min} \geq 0.3 \times V_B^2 \quad (\text{cat 1-2}).$$

Pour notre cas le rayon vertical minimal correspondant à une vitesse de base

($V_B = 80 \text{ km/h}$) est de :

$$R_{V\min} \geq 0.3 \times V_B^2$$

$$R_{V\min} \geq 0.3 \times (80)^2 \iff R_{V\min} \geq 1920 \text{ m.}$$

b. Condition de visibilité :

La visibilité est assurée lorsque l'œil d'un conducteur aperçoit la partie supérieure de la voiture qui vient à sa rencontre ou s'arrêter. Le rayon devrait assurer la visibilité d'un obstacle éventuel à une distance de manœuvre de dépassement d_1 déterminée par la relation :

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

Avec :

d : distance d'arrêt (m).

h_0 : hauteur de l'œil (m).

h_1 : hauteur de l'obstacle (m).

Les rayons assurant ces deux conditions sont données pour les normes en fonction de la vitesse de base, la catégorie de la route et l'environnement, pour choix bidirectionnelle et pour une vitesse de base $V_r = 80 \text{ Km/h}$, la catégorie **C1** et pour l'environnement **E1** on a :

Tableau 3.3: Rayons verticaux pour un angle saillant. [6]

Catégorie		C1
Environnement		E1
Vitesses de base (Km/h)		80
Déclivité maximale $I_{\max}$ (%)		6%
Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R_{vm}	4500
Min- normal	R_{vn}	10000
Dépassement	R_{vd}	11000

3.4.2. Raccordement concave (rentrant) :

La visibilité du jour dans le cas de raccordement dans les points bas n'est pas déterminante c'est pendant la nuit qu'il faut s'assurer que les phares du véhicules devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle, la visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant la relation : [6]

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

Pour une vitesse $V_B = 80 \text{ km/h}$ et catégorie **C1** et l'environnement **E1** on a le tableau suivant :

Tableau 3.4: Rayons verticaux pour un angle rentrant. [6]

Catégorie		C1
Environnement		E1
Vitesses de base (Km/h)		80
Déclivité maximale $I_{\max}$ (%)		6%
Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R_{vm}	2200
Min- normal	R_{vn}	3000
Dépassement	R_{vd}	11000

3.5. Calcul de profil en long :

3.5.1. Cas d'un rayon concave

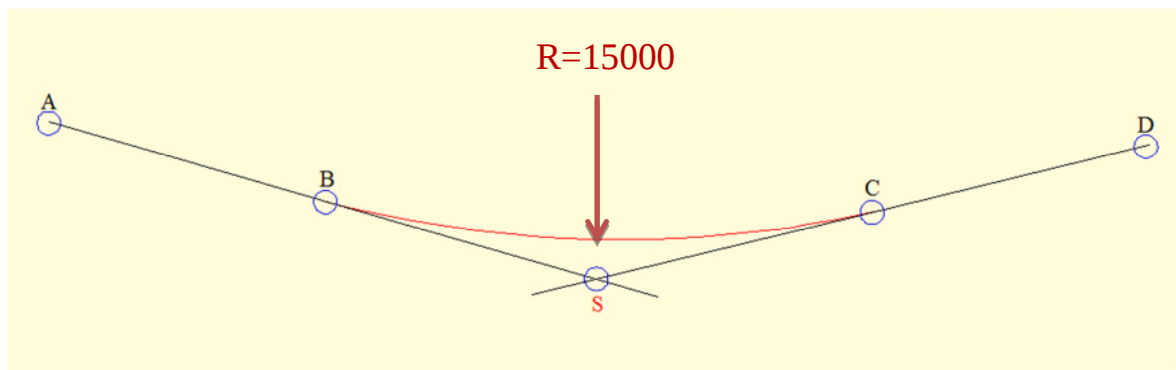


Figure : 3.8 Courbe concave.

$$A \begin{cases} AK_0 = 1746.748 \text{ m} \\ Z_A = 562.395 \text{ m} \end{cases}$$

$$S \begin{cases} AK_0 = 1964.6612 \text{ m} \\ Z_S = 561.3056 \text{ m} \end{cases}$$

$$D \begin{cases} AK_0 = 2599.21 \text{ m} \\ Z_D = 570.57 \text{ m} \end{cases}$$

a. Calcul des pentes :

$$P_1 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta AK_1} \times 100$$

$$P_1 = \frac{561.3056 - 562.395}{1964.6612 - 1746.748} \times 100$$

$$P_1 = -0.5 \%$$

$$P_2 = \frac{\Delta Z_2}{\Delta PK_2} \times 100$$

$$P_2 = \frac{570.57 - 561.3056}{2599.21 - 1964.6612} \times 100$$

$$P_2 = 1.46 \%$$

b. Calcul des tangentes :

$$T = \frac{R}{2} |P_2 - P_1|$$

$$T = \frac{15000}{2} \times |0.0146 + 0.005|$$

$$T = 147 \text{ m}$$

c. Calcul des flèches :

$$H = \frac{T^2}{2R}$$

$$H = \frac{147^2}{2 \times 15000}$$

$$H = 0.7203$$

d. Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$B \begin{cases} AK_B = AK_S - T = 1817.70 \text{ m} \\ Z_B = Z_S - T \times P_1 = 562.04 \text{ m} \end{cases}$$

$$C \begin{cases} AK_C = AK_S + T = 2111.50 \text{ m} \\ Z_C = Z_S + T \times P_2 = 563.45 \text{ m} \end{cases}$$

Clicours.COM

3.5.2. Cas d'un rayon convexe :

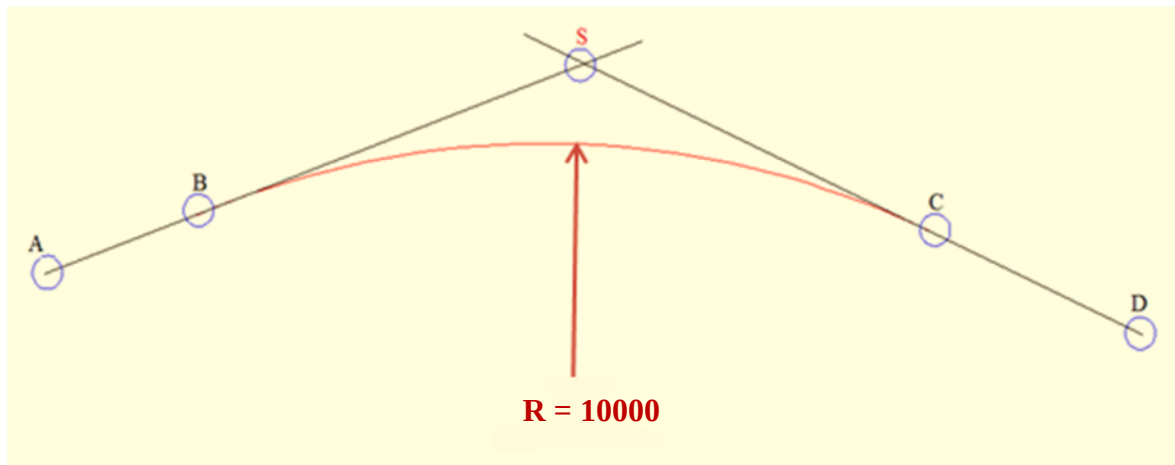


Figure : 3.9 Courbe convexe.

$$A \begin{cases} AK_1 = 825 \text{ m} \\ Z_A = 541.48 \text{ m} \end{cases}$$

$$S \begin{cases} AK_1 = 1577.111 \text{ m} \\ Z_S = 563.22 \text{ m} \end{cases}$$

$$D \begin{cases} AK_1 = 1775 \text{ m} \\ Z_D = 562.25 \text{ m} \end{cases}$$

a. Calcul des pentes :

$$P_1 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta AK_1} \times 100$$

$$P_1 = \frac{563.22 - 541.48}{1577.11 - 825} \times 100$$

$$P_1 = 2.89 \%$$

$$P_2 = \frac{\Delta Z_2}{\Delta PK_2} \times 100$$

$$P_2 = \frac{562.25 - 563.22}{1775 - 1577.111} \times 100$$

$$P_2 = -0.5 \%$$

b. Calcul des tangentes :

$$T = \frac{R}{2} |P_2 - P_1|$$

$$T = \frac{10000}{2} \times |-0.005 - 0.0289|$$

$$T = 169.5 \text{ m}$$

c. Calcul des flèches :

$$H = \frac{T^2}{2R}$$

$$H = \frac{169.5^2}{2 \times 10000}$$

$$H = 1.4365$$

d. Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$B \begin{cases} AK_B = AK_S - T = 1407.6 \text{ m} \\ Z_B = Z_S - T \times |P_1| = 558.32 \text{ m} \end{cases}$$

$$C \begin{cases} AK_C = AK_S + T = 1746.7 \text{ m} \\ Z_C = Z_S + T \times |P_2| = 562.37 \text{ m} \end{cases}$$

4. PROFIL EN TRAVERS :

4.1. Définition :

Profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée.

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « profil en travers » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc....). [4]

4.2. Types de profil en travers :

4.2.1. Le profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes.

L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la cote du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements. [4]

4.2.2. Le profil en travers courant :

Ce sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel (accidenté ou plat). [4]

a. Les éléments constitutifs du profil en travers

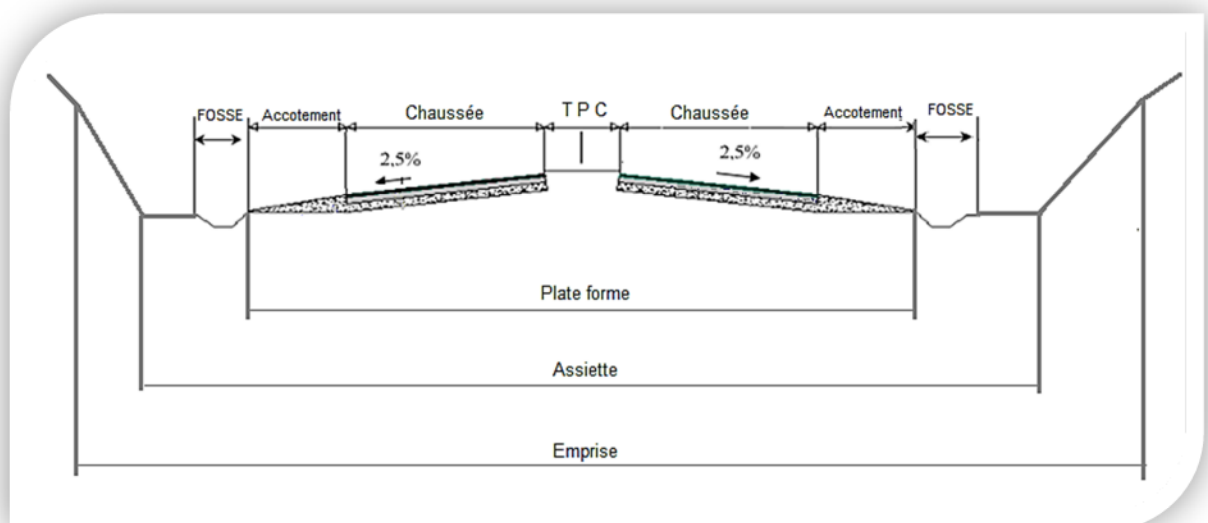


Figure 3.10: Les éléments du profil en travers.

Le profil en travers doit être constitué par les éléments suivants: [5], [6]

- ✱ **La chaussée** : Surface de la route aménagée pour la circulation des véhicules. Au sens structural c'est l'ensemble des couches de matériaux qui supportent le passage des véhicules.- Elle comprend les surlargeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt.
- ✱ **La plate-forme** : C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des talus de remblais, comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts.
- ✱ **L'assiette** : Champ du terrain occupée par la chaussée, elle comprend les accotements ; les fossés et l'encombrement total des ouvrages.
- ✱ **L'emprise** : C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc....) limitée par le domaine public.
- ✱ **Les accotements** : Zones latérales qui bordent extérieurement la chaussée. Les accotements sont « dérasés » s'ils sont au même niveau que la chaussée. Ils sont « surélevés » dans le cas contraire.
- ✱ **Le fossé** : C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et talus et les eaux de pluie.
- ✱ **B.D.G** : Bande dérasée à gauche d'une chaussée unidirectionnelle.
- ✱ **Berme** : Partie latérale non rouable de l'accotement, bordant une B.A.U ou une bande dérasée, et généralement engazonnée.
- ✱ **B.A.U** : Partie de l'accotement, contigu 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.
- ✱ **Banquette** : Parapet de terre établi le long d'une route.
- ✱ **Caniveau** : Bordure extérieure de la chaussée aménagée pour l'écoulement de l'eau.

4.3. Application au projet :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour notre route sera composé d'une chaussée bidirectionnelle.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- ❖ Deux chaussées de deux voies de 3,75m chacune : $(2 \times 3.75) \times 2 = 15.00\text{m}$.
- ❖ Un accotement de 2m à chaque côté droit de la chaussée : $(2 \times 2) = 4.00\text{m}$.

4.3.1. Différents types de profils en travers :

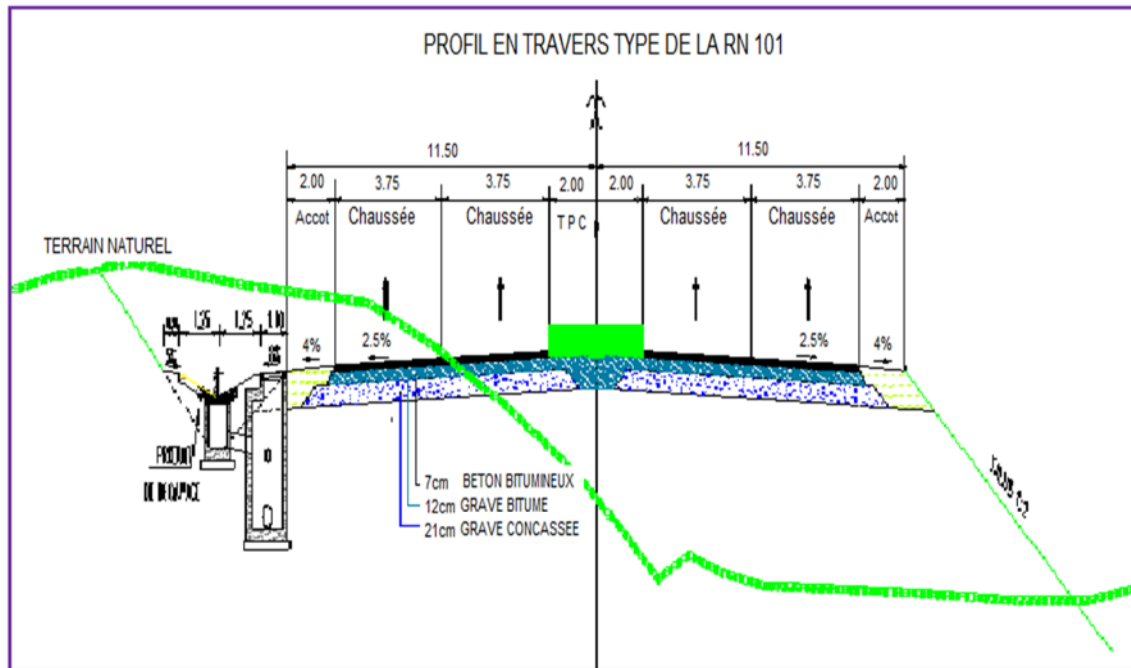


Figure 3.11 : Profil en travers types de la RN 101.

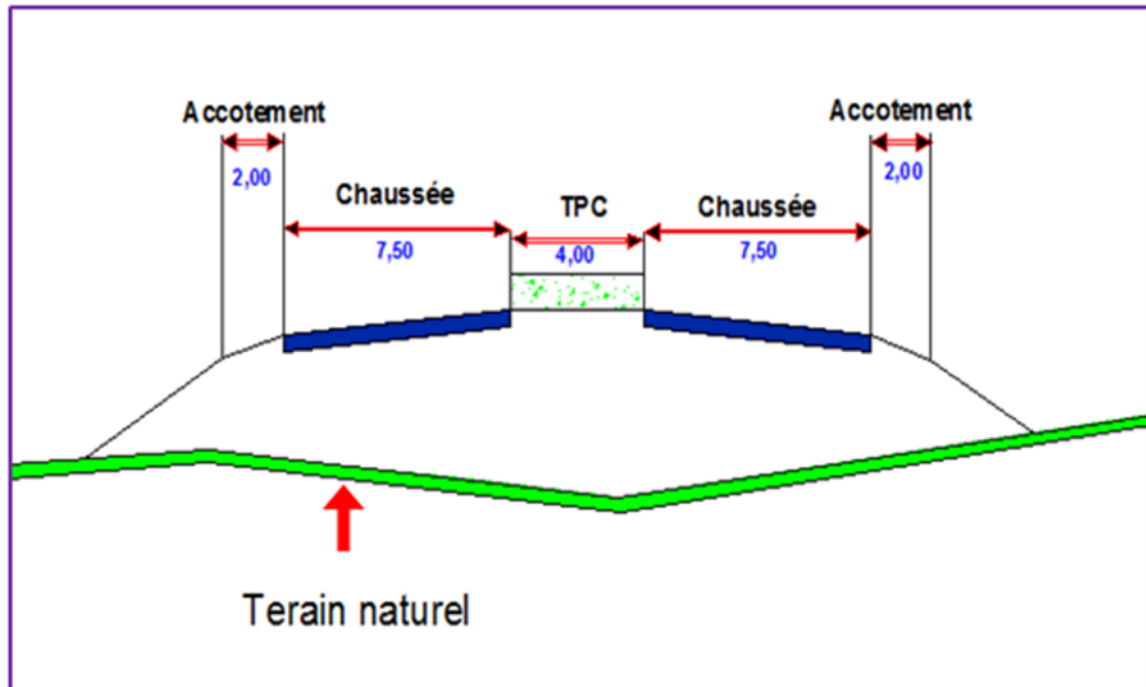


Figure 3.12 : Profil en travers type en remblai de la RN 101.

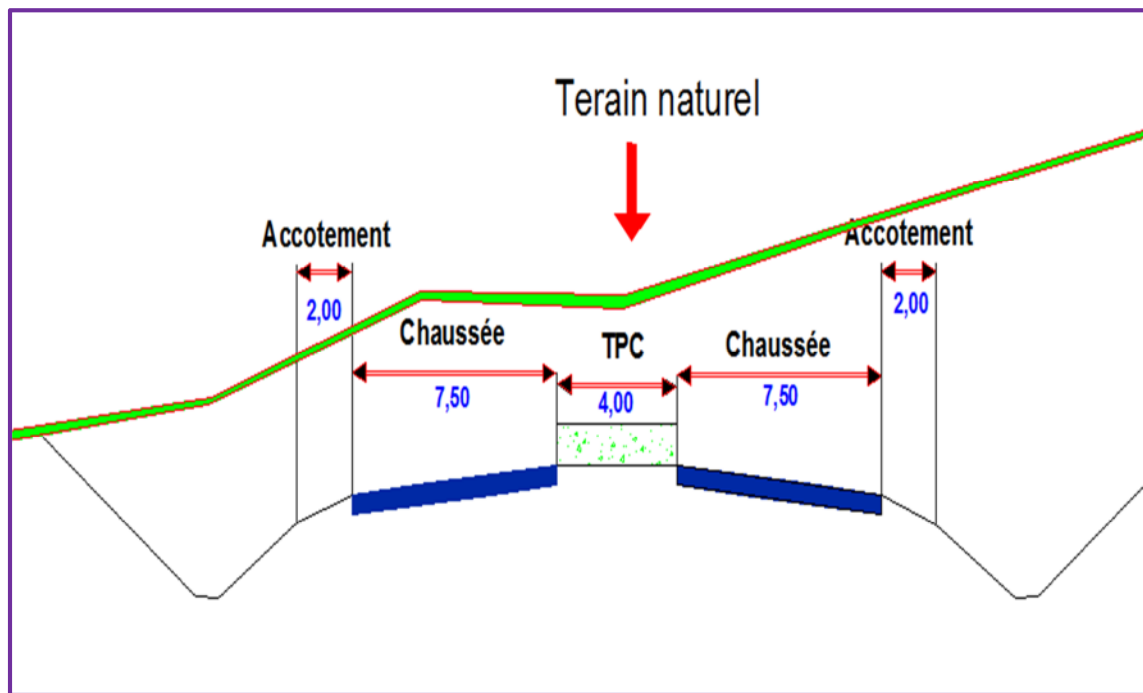


Figure 3.13 : Profil en travers type en déblai de la RN 101.

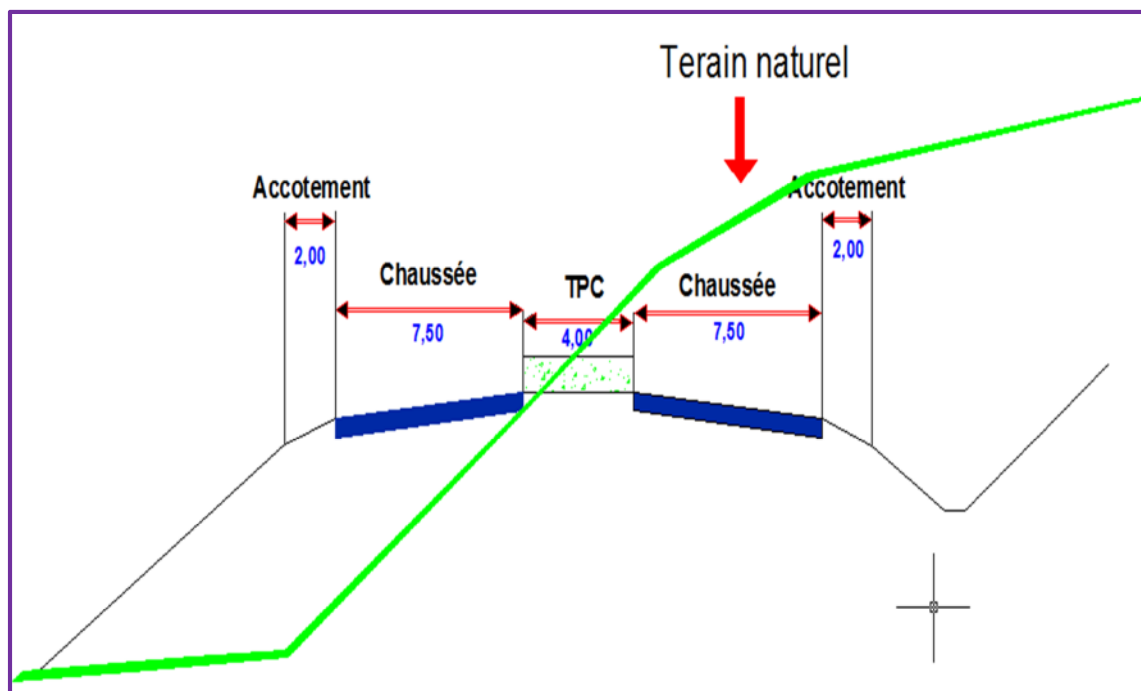


Figure 3.14 : Profil en travers type mixte de la RN 101.

1. TERASSEMENT :

On appelle terrassement, les différents mouvements de terre qui ont pour objet de creuser des fouilles ou de modifier la configuration du sol en vue de :

- ❖ La construction des ouvrages
- ❖ L'aménagement des routes
- ❖ L'établissement des branchements d'égout et des branchements de canalisations (Assainissements des routes).

Cette modification des niveaux du sol est réalisée par l'exécution de déblais et de remblais :

- ✱ **Déblai** : Consiste à abaisser le niveau du terrain par enlèvement des terres.
- ✱ **Remblai** : Matériaux de terrassement mis en œuvre par compactage et destinés à surélever le profil d'un terrain ou à combler une fouille. Le remblai Consiste à rapporter des Terres afin de relever le niveau.

2. CUBATURES :

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais et remblais 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 : [5]

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

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

3. METHODE 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. [5]

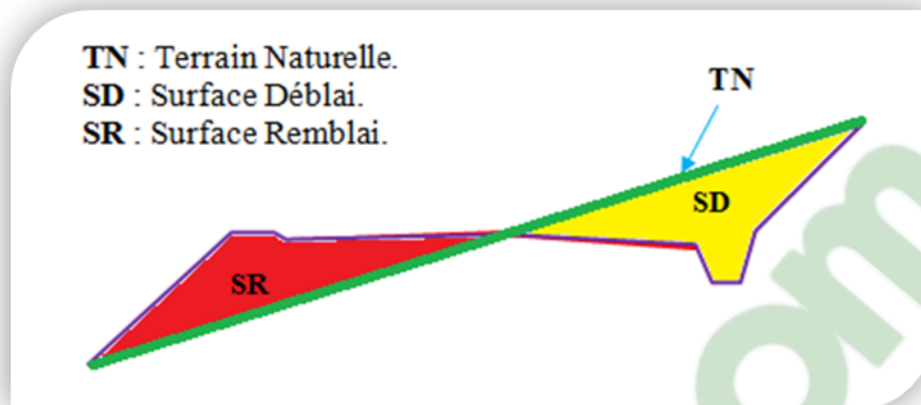


Figure 4.1 : profil en travers mixte.

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. [9]

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. [9]

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

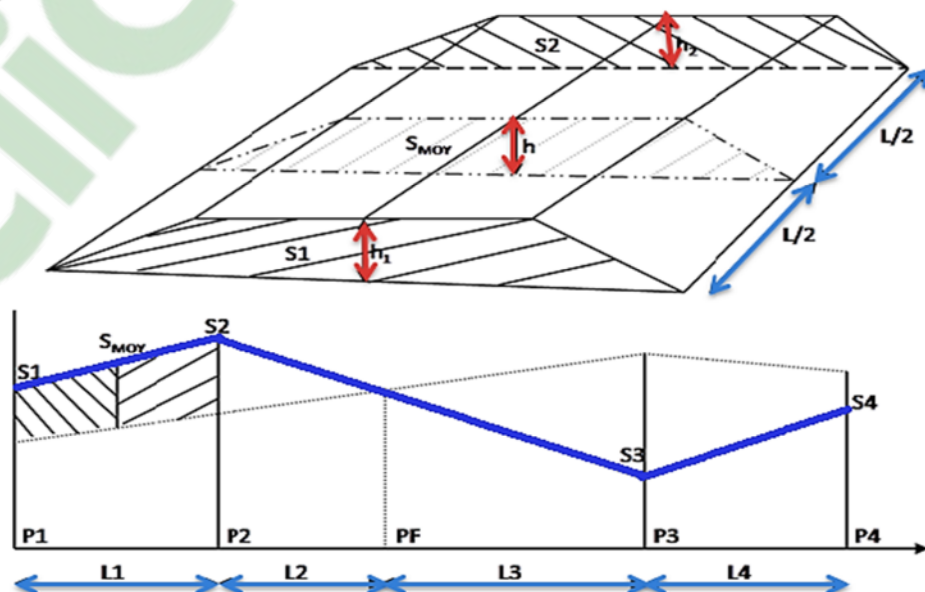


Figure 4.2 : Profil en long.

Avec :

- ❖ 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 $\frac{(S_1+S_2)}{2}$.

Ceci donne :

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

$$\begin{aligned} \star \text{ Entre P1 et P2} & \longrightarrow V_1 = L_1 \times \left(\frac{(S_1 + S_2)}{2} \right) \\ \star \text{ Entre P2 et PF} & \longrightarrow V_2 = L_2 \times \left(\frac{(S_2 + 0)}{2} \right) \\ \star \text{ Entre PF et P3} & \longrightarrow V_3 = L_3 \times \left(\frac{(0 + S_3)}{2} \right) \\ \star \text{ Entre P3 et P4} & \longrightarrow V_4 = L_4 \times \left(\frac{(S_3 + S_4)}{2} \right) \end{aligned}$$

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

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

Ou:

$\frac{L_1}{2}, \frac{L_1+L_2}{2}$ Sont appelées : longueur d'application

On voit l'utilité de placer les profils PF puisqu' ils neutralisent en quelque sorte une certaine longueur du profil en long, en y produisant un volume nul. [9]

3.2. La 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. Si on utilise la méthode de GULDEN, la quantité (longueur d'application) n'a plus de sens. [9]

3.3. La 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. [9]

4. RESULTATS DE NOTRE PROJET :

Les calculs effectués par le logiciel COVADIS sont :

- ❖ Volume de déblais = 26304.43 m^3 .
- ❖ Volume de remblais = 43263.2 m^3 .
- ❖ Volume total = 69567.63 m^3 .

1. INTRODUCTION :

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

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

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

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

2. OBJECTIFS :

La géotechnique routière a pour objectif : [10]

- ❖ De définir les caractéristiques des sols qui serviront d'assise pour le corps de chaussée,
- ❖ Etablir le projet de terrassement,
- ❖ Détecter des zones d'emprunts de matériaux de construction pour les remblais et le corps de la chaussée.

3. LES MOYENS DE LA RECONNAISSANCE :

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

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

3.1. L'étude des archives et documents existants :

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

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

3.2. Les visites sur site et les essais « in-situ » :

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

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

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

3.2.1. Les essais « in situ » :

a. Les forages :

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

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

Les forages peuvent être réalisés: [13]

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

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

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

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

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

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

b. Les essais de plaque :

Ces essais permettront d'apprécier directement le module d'un sol par un essai sur le terrain, ils consistent à charger une plaque circulaire et à mesurer le déplacement vertical sous charge. On déduira ensuite un module de sol E en interprétant la valeur du

déplacement mesuré à l'aide de la formule de Bossinesq qui relie Z , le déplacement, la pression q_0 le rayon de charge a et les caractéristiques du massif E2.

Après plusieurs approches, on a abouti à l'approche suivante : $E = 5CBR$.



Figure 5.1 : Les essais de plaque [5].

Tableau 5.1 : Récapitulatif des résultats des sondages. [12]

Essais réalisés puits N°	Profondeur (m)	Point kilométrique	Qualités des soles
P1	2.40	PK 3+650	Moyenne
P2	2.40	PK5+500	Mauvaise
P3	2.50	PK 8+300	Mauvaise
P4	2.40	PK12+450	Mauvaise
P5	2.50	PK18+000	Mauvaise

3.3. Les différents essais en laboratoire :

Les essais réalisés en laboratoire sont :

3.3.1. Les essais physiques :

a. Masse volumique et teneur en eau

- ❖ **Teneur en eau** : Exprime, pour un volume de sol donné, le rapport du poids de l'eau au poids du sol sec, soit

$$\omega = \frac{W_w}{W_s}$$

- ❖ **Masse volumique :** (γ) est la masse d'un volume unité de sol

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

On calcule aussi la masse volumique sèche

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V}$$

- ❖ **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 au laboratoire certaines caractéristiques physiques des sols.
- ❖ **Domaine d'utilisation :** Cet essai est utilisé pour classer les différents types de sols.

b. Analyses granulométriques :

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

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique et construite en portant sur un graphique cette analyse se fait en général par un tamisage. [13]



Figure 5.2 : Analyses granulométriques [5].

c. 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**. [13]

- ❖ **Principe de l'essai** : L'essai équivalent de sable s'effectue sur la fraction des sols passant au tamis de 5mm; il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments les plus fins contenus dans cette fraction, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments dits sableux et les éléments plus fins (argileux par exemple).
- ❖ **But de l'essai** : Cet essai permet de mettre en évidence la proportion de poussière fine nuisible dans un matériau. Et surtout utilisé par les matériaux routiers et les sables à béton. Car il permet de séparer les sables et graviers des particules fines comme les limons et argiles.

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

- ❖ **Domaine d'application**: Cette détermination trouve son application dans de nombreux domaines notamment les domaines suivants :
 - ❖ Classification des sols.
 - ❖ Étude des sables et sols fins peu plastiques.
 - ❖ Choix et contrôle des sols utilisables en stabilisation mécanique.
 - ❖ Choix et contrôle des sables à béton.
 - ❖ Contrôles des sables utilisés en stabilisation chimique.
 - ❖ Choix et contrôle des granulats pour les enrobés hydrocarbonés.

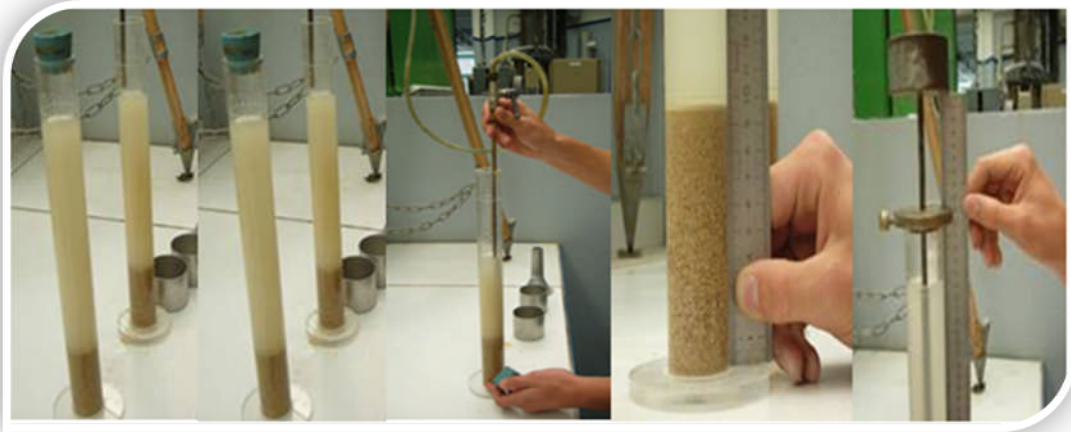


Figure 5.3 : Equivalent de sable[5].

d. Limites d'Atterberg :

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

WP sépare l'état solide de l'état plastique et WL sépare l'état plastique de l'état liquide ; les sols qui présentent des limites d'Atterberg voisines, c'est à dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité ($IP = WL - WP$), sont donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau. [13]

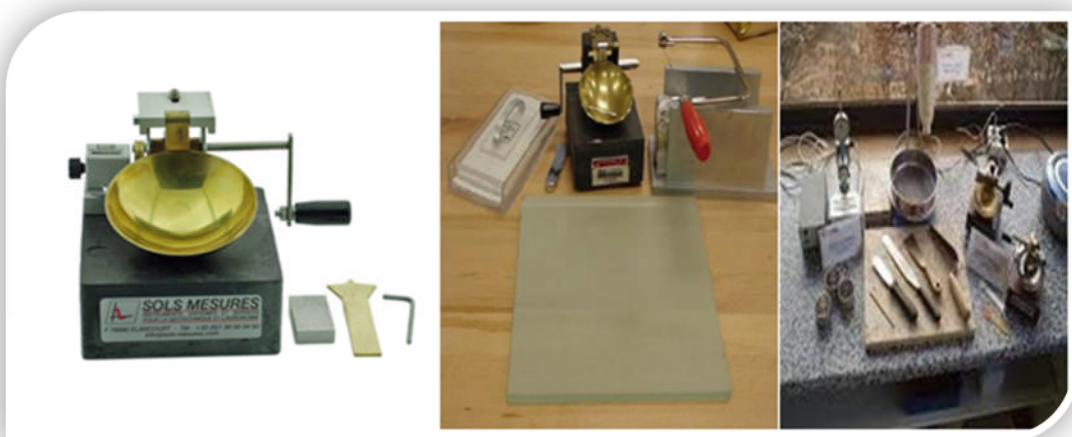


Figure 5.4 : Limites d'Atterberg [5].

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

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

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

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

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

$$\text{VBS} = \frac{X}{P} \times C \times 100$$

Avec :

X : La masse de bleu introduit

P : Masse sèche de la prise d'essai (100g)

C : Proportion de la prise d'essai dans le (0/50) mm

3.3.2. Les essais mécaniques :

a. Essai PROCTOR :

L'essai PROCTOR est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage et une teneur en eau, il a donc pour but de déterminer une teneur en eau optimale afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée « optimum PROCTOR ». [13]



Figure 5.5 : Essai PROCTOR [5].

b. Essai C.B.R (California Bearing Ratio) :

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

L'essai consiste à soumettre des échantillons d'un même sol au poinçonnement, les échantillons sont compactés dans des moules à la teneur en eau optimum (PROCTOR modifié) avec trois (3) énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant quatre (4) jours. Il ne concerne que les sols cohérents. [13]

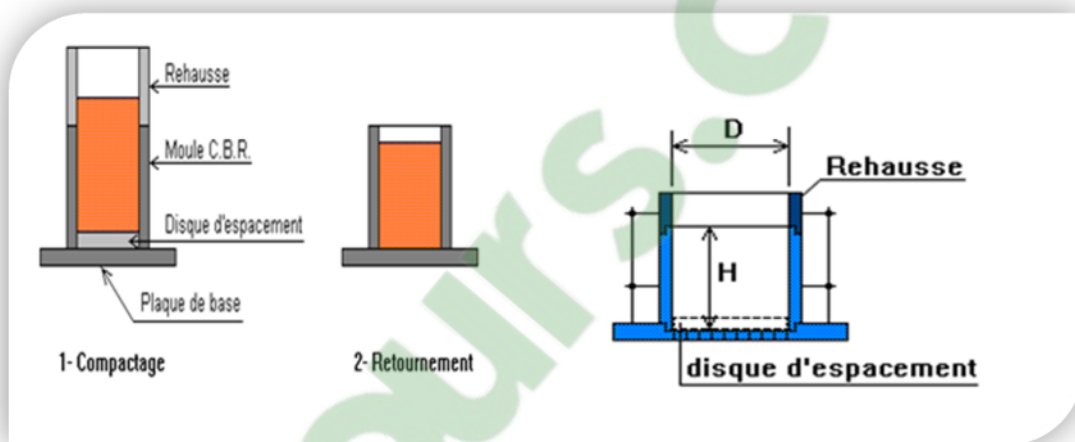


Figure 5.6 : Essai C.B.R [5].

c. Essai Los Angeles :

Cet essai a pour but de mesurer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans le domaine routier, et leur résistance par frottements réciproques dans la machine dite « Los Angeles ». [13]



Figure 5.7 : Essai los Angeles [5].

d. Essai Micro Deval :

L'essai a pour but d'apprécier la résistance à l'usure par frottements réciproques des granulats et leur sensibilité à l'eau, on parlera du micro deval humide. [13]



Figure 5.8 : Essai Micro Deval [5].

Tableau 5.2 : Récapitulatif des résultats des Différents Essais. [12]

essai	puits	P:1	P:2	P:3	P:4	P:5
physiques	échantillons prof	2,00 2,40	2,00 2,40	2,00 2,40	2,00 2,40	2,00 2,50
	γ appar (g/cm ³)	2,66	2,64	2,58	2,68	2,68
	WL (%)	39,21	48	32,3	42,2	48,8
	WP(%)	27,49	28,2	22,1	20,5	29,8
	IP(%)	11,72	19,8	10,2	21,7	19
	W _r (%)	21	15	26	12	14
	ES(%)	14,2	4	4,4	1,7	0
	CaCO ₃ (%)	40	30	85	38	48
	passant à 5mm (%)	79	72	74	99	100
	passant à 1mm (%)	59	65	57	95	700
	passant à 0,2mm (%)	34	55	44	78	100
	passant à 0,1 mm (%)	31	50	43	75	100
	passant à 20 μ (%)	18	26	35	58	80
	passant à 2 μ (%)	5	6	6	29	30
mécaniques	γ_d OPM (T/m ³)	1,79	1,79	1,74	1,83	1,86
	W OPM (%)	17,4	17,4	18,2	17,4	16,3
	CBR imbibe	17	3,4	4,8	4	3,3

Clicours.COM

1. INTRODUCTION :

Le corps de chaussée est dimensionné pour supporter la circulation du trafic pour une durée bien déterminée. Il est défini comme étant l'épaisseur des différentes couches et matériaux qui seront mis en place pour constituer le corps de chaussée.

On doit non seulement penser au trafic existant mais aussi au trafic futur, ce qui nous amène à définir le taux d'accroissement de la circulation et le type de véhicules empruntant cette route.

Le dimensionnement d'une chaussée est conditionné par trois familles de paramètres, qui sont les suivantes :

- ❖ Le trafic (l'importance de la circulation et surtout l'intensité du trafic en poids lourds).
- ❖ La portance du sol support désignée par son indice C. B. R.
- ❖ la durée de service.

2. LA CHAUSSÉE :

2.1. 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. [14]

3. LES STRUCTURES DE CHAUSSEES :

En général, quel que soit le trafic supporté, une route se présente sous la forme d'une structure multicouche où chaque couche possède sa fonction particulière. On peut distinguer cette structure en trois niveaux distincts. [15]

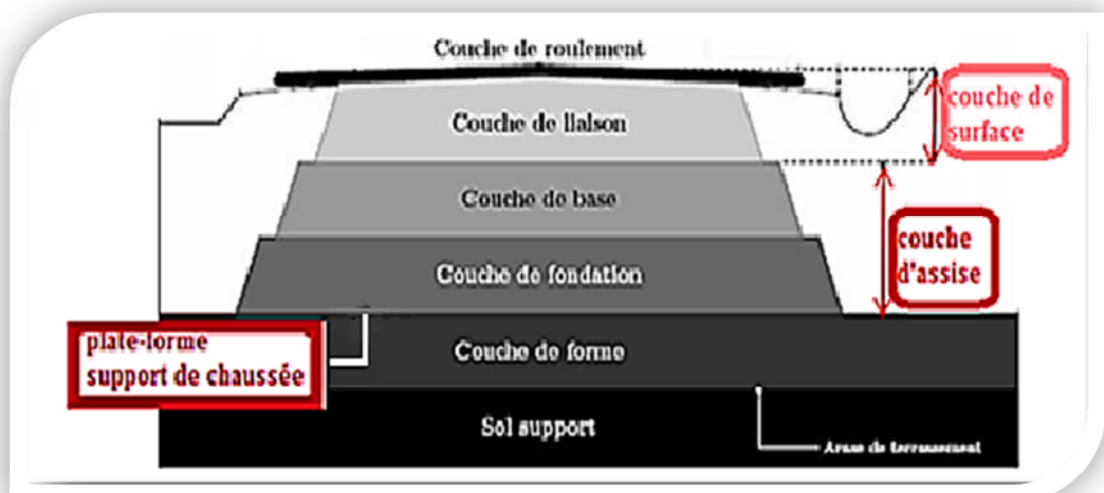


Figure 6.1 : Constitution d'une structure de chaussée type.

4. DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEES :

Il existe trois types de chaussée:

4.1. Les chaussées souples :

Elle est constituée d'une couche de surface au-dessus d'une couche d'assise. La chaussée souple distribue les efforts de surface à travers les couches de base et de fondation. Cette distribution se fait de façon à ce que l'effort sur la plate-forme soit compatible avec la résistance de l'infrastructure et du sol support.

Pour une assurance parfaite et un confort idéal, la chaussée exige généralement pour sa construction, plusieurs couches exécutées en matériaux différents, d'une épaisseur bien déterminée, ayant chacune un rôle aussi bien défini.

L'épaisseur globale de la chaussée est généralement entre 30 et 60 cm.

En principe une chaussée peut avoir en ordre les couches suivantes :

a. Couche de surface :

La couche de surface est constituée :

- ❖ de la couche de roulement, qui est la couche supérieure de la structure de chaussée sur laquelle s'exercent directement les agressions conjuguées du trafic et du climat.
- ❖ et le cas échéant d'une couche de liaison, entre les couches d'assise et la couche de roulement.

L'objectif de la couche de surface est la protection de la couche de base par sa dureté et son imperméabilité et devant assurer en même temps la rugosité, la sécurité et le confort des usagers.

La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.

La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides.

L'épaisseur de la couche de roulement en général varie entre 6 et 8 cm. [15]

b. Couche d'assise :**❖ Couche de base :**

La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafic ainsi lâche de sol, elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

L'épaisseur de la couche de base varie entre 8 et 15 cm.

❖ Couche de fondation :

Complètement en matériaux non traités (en Algérie) elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic.

Assurer une bonne unie et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

L'épaisseur de la couche de base varie entre 15 et 25 cm.

c. Couche de forme :

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée.

Elle n'y est utilisée que pour opérer de corrections géométriques et améliorer la portance du sol support à long terme.

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

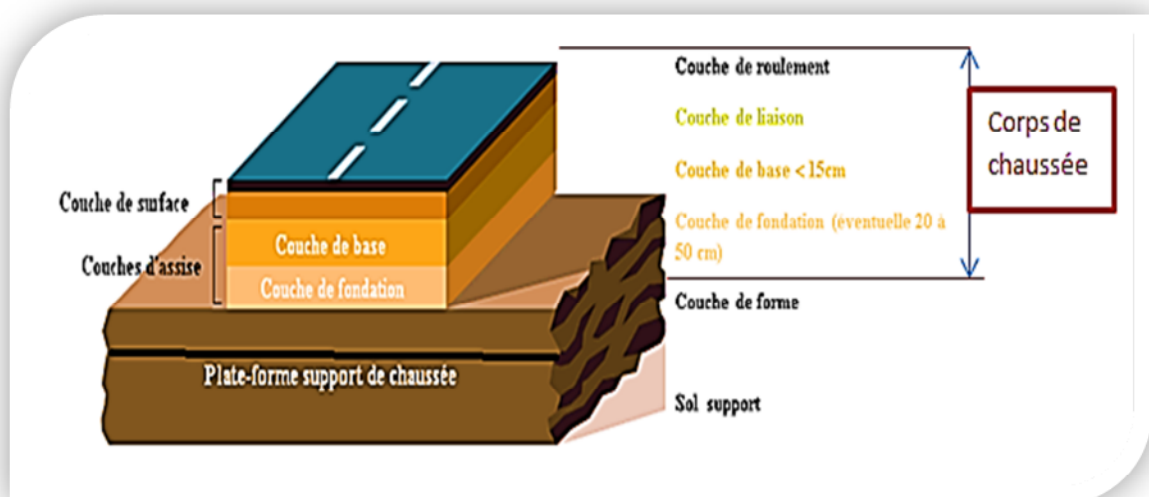


Figure 6.2 : Structure type d'une chaussée souple.

4.2. Les chaussées semi-rigides :

Une chaussée semi rigide est une chaussée avec une couche de surface en béton bitumineux reposant sur une couche de base en matériaux stabilisés aux liants hydrauliques et d'une couche de fondation granulaire.

Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.

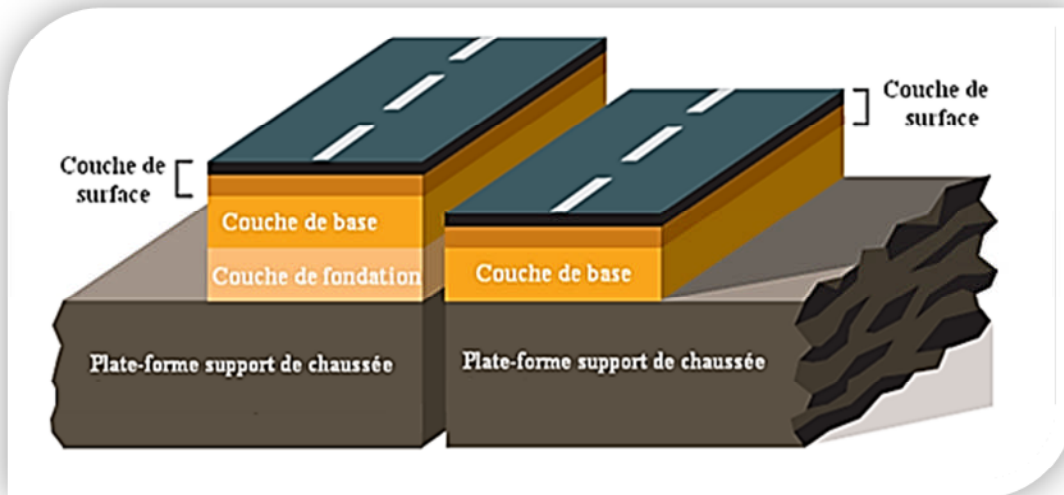


Figure 6.3 : Structure type d'une chaussée semi-rigide.

5. FACTEURS POUR LES ETUDES DE DIMENSIONNEMENT :

5.1. Trafic :

La connaissance du trafic et, principalement du poids lourd, constitue un des éléments essentiels pour un bon dimensionnement de la structure de chaussée. Ce trafic s'exprime généralement par deux paramètres:

- ❖ Le TMJA à la mise en service qui permet de choisir les matériaux nécessaires pour la construction de la chaussée.
- ❖ Le nombre cumulé d'essieux de référence passant sur la chaussée tout au long de sa durée de vie et qui sert à faire le calcul de dimensionnement proprement dit.

Trafic «poids lourd» comprend tous les véhicules dont la charge utile est supérieure ou égale à 5 tonnes. [19]

a. Trafic à la mise en service :

Ce trafic compté sur la base du TJMA est estimé à partir du trafic PL par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service de la route.

On définit, en général, des classes de trafic en fonction du nombre moyen journalier annuel de $PL > 5t$.

Tableau 6.1: Classification des trafics en France. [19]

Classe de trafic	T ₅	T ₄	T ₃		T ₂		T ₁		T ₀		
			T ₃ ⁻	T ₃ ⁺	T ₂ ⁻	T ₂ ⁺	T ₁ ⁻	T ₁ ⁺	T ₀ ⁻	T ₀ ⁺	
MJA (PL/J)	0	25	50	85	150	200	300	500	750	1200	2000

b. Trafic cumulé équivalent (NE) :

Le trafic utilisé pour le dimensionnement est le nombre équivalent d'essieux de référence correspondant au trafic PL cumulé sur la durée de service retenue, il est donné par la relation suivante :

$$NE = N \times CAM$$

L'essieu de référence en vigueur en Algérie est l'essieu de 13 Tonnes.

N: est le nombre cumulé de PL pour la période de calcul de P années.

$$N = 365 \times MJA \times C$$

C: étant le facteur de cumul sur la période de calcul, tel que :

$$C = [(1 + \tau)^P - 1] / \tau$$

Avec:

P: durée de vie.

τ : Taux de croissance de trafic.

CAM: est le coefficient d'agressivité moyenne de PL par rapport à l'essieu de référence.

$$NE = 365 \times MJA \times CAM \times [(1 + \tau)^P - 1] / \tau$$

Tableau 6.2 : Classe de trafic en fonction CAM de poids lourd. [17]

Classe de trafic	T5	T4	T3 ⁻	T3 ⁺	Au - delà
CAM	0.4	0.5	0.7	0.8	0.8 si e20<cm
					1.0 si e >20cm

5.2. Le climat et l'environnement :

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations.

L'amplitude des variations de température et la température maximum interviennent dans le choix du liant hydrocarboné.

Les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support et donc sa portance ainsi que les possibilités de réemploi des matériaux de déblai en remblai. [17]

a. Le sol support :

Les sols support sont, en général, classés selon leur portance, elle même fonction de L'indice CBR.

Ce dernier est, en principe, mesuré à la teneur en eau d'équilibre à long terme du sol support.

Si ce dernier facteur n'est pas connu, on prendra comme paramètres une teneur en eau égale à la limite de plasticité et densité sèche égale à 95 % de la densité à l'O.P.M.

Tableau 6.3 : Portance de sol en fonction de l'indice de CBR [10].

portance	1	2	3	4
CBR	< 3	3 à 6	6 à 10	10 à 20

b. Les matériaux :

Les matériaux utilisés doivent être conformes aux exigences en fonction de la couche de chaussée concernée et du trafic PL. [17]

6. LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

6.1. Méthode C.B.R «California -Bearing - Ratio» :

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90% à 100%) de L'optimum proctor modifié sur une épaisseur d'eau moins de 15cm.

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre S'obtient par l'application de la formule présentée ci-après. [21]

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

Avec:

e: épaisseur équivalente.

I: indice CBR (sol support).

N: désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide.

$$N = T_H \cdot \%PL$$

T_H : trafics prévus pour une durée de vie de 20 ans.

$$T_H = \frac{T_0}{2} (1 + \tau)^m$$

Avec:

T_0 : trafics actuel (v/j).

m : année de prévision.

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

Log: logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$e = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3$$

Avec :

$c_1 \times e_1$: couche de roulement.

$c_2 \times e_2$: couche de base.

$c_3 \times e_3$: couche de fondation.

Où:

c_1, c_2, c_3 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

Tableau 6.4 : Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau. [10]

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment grave laitier	1.50
Grave bitume	1.20 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00

Grave roulée grave sableuse -T.V.O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.80 0.90

6.2. Méthode du catalogue des structures «SETRA» :

C'est le catalogue des structures type neuves et établi par «SETRA». Il distingue les structures de chaussées suivant les matériaux employés (GNT, SL, GC, SB).

Il considère également quatre classes de trafic selon leur importance, allant de 200 à 1500 PL/J/sens.

Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation.

Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données :

- ❖ Trafic cumulé de poids lourds à la 15ème année T_j .
- ❖ Les caractéristiques de sol (S_j). [21]

a. Détermination de la classe de trafic :

La classe de trafic (TPL_i) est déterminée à partir du trafic poids lourd par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

Tableau 6.5 : La classe du trafic poids lourd. [18]

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 20 ans
T_0	$<3.5 \cdot 10^5$
T_1	$3.5 \cdot 10^5 < T < 7.3 \cdot 10^5$
T_2	$7.3 \cdot 10^5 < T < 2 \cdot 10^6$
T_3	$2 \cdot 10^6 < T < 7.3 \cdot 10^6$
T_4	$7.3 \cdot 10^6 < T < 4 \cdot 10^7$
T_5	$T > 4 \cdot 10^7$

Le trafic cumulé est donné par la formule:

$$T_c = T_{PL} \left[1 + \frac{(1 + \tau)^{n+1} - 1}{\tau} \right] 365$$

Avec :

T_{PL} : trafic poids lourds à l'année de mise en service.

n : durée de vie.

b. Détermination de la classe du sol :

Le classement des sols se fait en fonction de l'indice CBR mesuré sur éprouvette compactée à la teneur en eau optimale de Proctor modifié et à la densité maximale correspondante.

Après immersion de quatre jours, le classement sera fait en respectant les seuils suivants:

Tableau 6.6 : Classement de sole en fonction de l'indice de CBR. [10]

Classe de sol (Si)	Indice C.B.R
S0	>40
S1	25-40
S2	10-25
S3	05-10
S4	<05

6.3. Méthode A.A.S.H.O «American Association of State Highway Officials»:

Cette méthode empirique est basée sur des observations du comportement, sous trafic des chaussées réelles ou expérimentales.

Chaque section reçoit l'application d'environ un million des charges roulantes qui permet de préciser les différents facteurs : [18]

- ❖ L'état de la chaussée et l'évolution de son comportement dans le temps.
- ❖ L'équivalence entre les différentes couches de matériaux.
- ❖ L'équivalence entre les différents types de charge par essai.
- ❖ L'influence des charges et de leur répétition.

6.4. La Méthode L.C.P.C «Laboratoire Central des Ponts et Chaussées» : [21]

Cette méthode est dérivée des essais A.A.S.H.O, elle est basée sur la détermination du trafic équivalent donnée par l'expression:

$$T_{eq} = [TJMA \cdot a [(1+Z)^n - 1] \times 0.75 \times P \times 365] / [(1+z)-1]$$

Avec:

T_{eq} = trafic équivalent par essieu de 13t.

TJMA = trafic à la mise en service de la route.

a = coefficient qui dépend du nombre de voies.

Z = taux d'accroissement annuel.

n = durée de vie de la route.

p = pourcentage de poids lourds.

Une fois la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente e (en fonction de T_{eq} , I_{CBR}) à partir de l'abaque L.C.P.C.

L'abaque L.C.P.C est découpé en un certain nombre de zones pour lesquelles, il est recommandé en fonction de la nature et la qualité de la couche de base.

6.5. Méthode du catalogue des chaussées neuves « CTTP » : [21]

Les paramètres utilisés dans la méthode du catalogue des chaussées sont: trafic, sol support, environnement et zone climatique.

6.5.1. Trafic :

C'est le trafic poids lourds (véhicules de charge supérieure à 3.5 tonnes).

Le réseau principal noté RP: il se compose de route reliant:

- ❖ Les chefs-lieux de wilaya tes.
- ❖ Les ports, les aéroports et les postes frontaliers.
- ❖ Les principales agglomérations et important zone industrielles.

Ce réseau principal se décompose en deux niveaux.

RP1 ($T > 1500V/J$) $\Rightarrow$ RN, Autoroute, CW.

RP2 ($T < 1500V/J$) $\Rightarrow$ RN, CW,....

Le linéaire total du réseau principal RP est de l'ordre de 18.400Km.

Le réseau secondaire RS: Il se compose du reste des routes qui ne sont pas en RP, son linéaire total de 7.900 Km.

Clicours.COM

a. Répartition transversale du trafic :

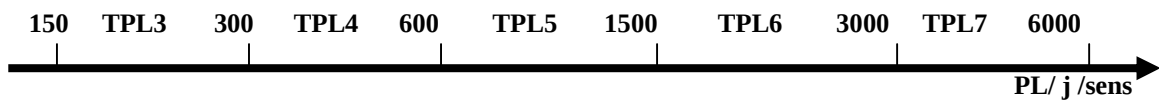
On adoptera les valeurs suivantes:

- ❖ Chaussée unidirectionnelles à 2 voies : 90 % du trafic PL sur la voie lente de droite.
- ❖ Chaussée unidirectionnelles à 3 voies : 80 % du trafic PL sur la voie lente de droite.
- ❖ Chaussée bidirectionnelles à 2 voies : 50 % du trafic PL.
- ❖ Chaussée bidirectionnelles à 3 voies : 50 % du trafic PL.

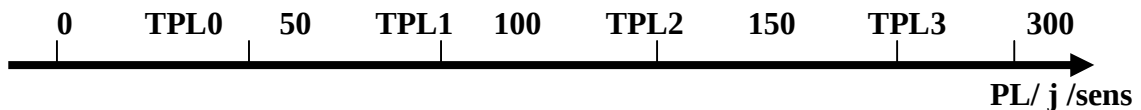
b. Détermination de la classe de trafic TPLi :

Les classes sont données pour chaque niveau de réseau principal (RP1 et RP2), en nombre de PL/J/sens à l'année de mise en service.

RP1:



RP2:

**6.5.2. Détermination des classes de portance de sols :**

Le tableau 6.6 regroupe les classes des sols par ordre croissant de S0 à S4.

6.5.3. Détermination des classes de portance de sols support :

Pour les sols sensibles à l'eau: la portance du sol support est déterminée par:

- ❖ L'essai CBR imbibé à 4 jours pour les zones climatiques I et II.
- ❖ L'essai CBR immédiat pour les zones climatiques III et IV.

Pour les sols insensibles à l'eau: sols grossiers contenant plus de 25 % d'éléments > 20 mm, la portance sera déterminée à partir des essais de chargement à la plaque ou des mesures de déflexions ($W_{nat} > W_{opm}$).

- ❖ L'essai de plaque $\Rightarrow$ le module de sol EV2 la déflexion $\Rightarrow$ dc (déformation).
- ❖ Les deux sont reliés par la relation empirique : $EV2 \times dc = 10340$.

Avec:

EV2 en(MPA).

dc en (1/100mm).

Les différentes expériences ont fait ressortir la relation:

$$E \text{ (MPA)} = 5.CBR.$$

Tableau 6.7 : Tableau exprimé les classe de sol en fonction de la déflexion.

CLASSE	S3	S2	S1	S0
E (MPA)	25-50	50-125	125-200	>200

Il existe différents type de couches de forme suivant le cas de portance du sol terrassé (Si) et la classe du sol support visée (Sj).

Tableau 6.8 : Epaisseur de couche de fondation en fonction de la portance du sol.

Classe portance du sol terrassé (Si)	Matériaux de C.F	Epaisseur de C.F	Classe portance du sol support visée (Sj)
<S4	Matériau NT	50cm(en 2c)	S3
S4	Matériau NT	35cm	S3
S4	Matériau NT	60cm(en 2c)	S2
S3	Matériau NT	40cm(en 2c)	S2
S3	Matériau NT	70cm(en 2c)	S2

6.5.4. Les zones climatiques :

Les zones climatiques de l'Algérie sont mentionnées dans le tableau suivant (B40) :

Tableau 6.9 : Les zones climatiques de l'Algérie .

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	Teq	Région
I	>600	Très humide	20	Nord
II	350-600	Humide	20	Nord, hauts plateaux
III	100-350	Semi-aride	25	Hauts plateaux
IV	<100	aride	30	sud

7. APPLICATION AU PROJET :

Pour le dimensionnement du corps de chaussée on utilise les méthodes:

- ❖ La méthode dite CBR.
- ❖ La méthode de catalogue des structures SETRA.
- ❖ La méthode du catalogue des chaussées neuves CTTT.

7.1. Méthode « CBR » :

On a : $I_{CBR} = 6,5$ ce sol appartient dans (S3).

Pour passer au sol d'une bonne portance on ajoute une couche de forme de **40cm** du matériau non traité.

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

Avec :

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

Log : logarithme décimal.

N : désigne le nombre moyen de camion de plus 1500 kg à vide.

$$N = T_{2034} \times \%PI$$

Avec : $\%PL = 30\%$, $\tau = 4\%$, $I_{CBR} = 6,5$

$$T_H = \frac{T_0}{2} (1 + 0.04)^m = \frac{11185}{2} (1 + 0.04)^{20} \Rightarrow T_H = 12254 \text{ V/J/sens}$$

$$N = 12254 \times 0.30 \Rightarrow N = 3064 \text{ pl/j/sens}$$

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \log \frac{3064}{10})}{6.5 + 5} = 52.88 \text{ cm}$$

Donc : $E_{eq} = 53 \text{ cm}$

$$\text{On a : } E_{eq} = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3$$

Tableau 6.10 : Récapitulatif des résultats.

Couches	Epaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence (ci)	Epaisseur équivalente (cm)
BB	7	2	14
GB	12	1.5	18
GC	21	1	21
TOTAL	40		53

Notre structure comporte : **7BB + 12GB + 21GC**

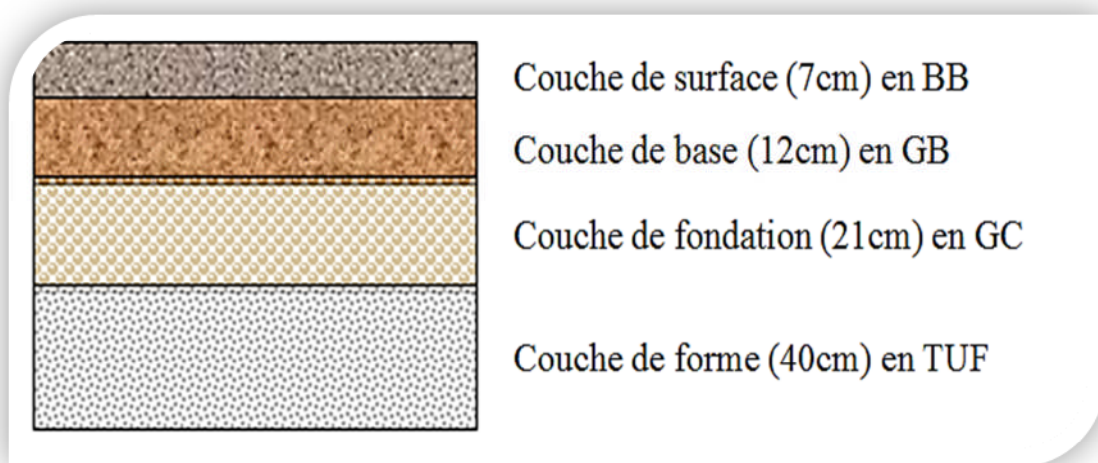


Figure 6.4 : Récapitulatif des résultats de la méthode CBR.

7.2.Méthode de catalogue des structures «SETRA» :

Le calcul du trafic poids lourds à l'année de mise en service:

$$T_{JMA_{2014}} = 11185 \text{ v/j} \Rightarrow T_{PL_{2014}} = 11185 \times 0.30 / 2 = 1678 \text{ PL/J/sens.}$$

$$T_{PL_{2034}} = 1678 \times (1 + 0.04)^{20} = 3677 \text{ PL/j/sens.}$$

$$T_c = T_{PL} \left[1 + \frac{(1 + \tau)^{n+1} - 1}{\tau} \right] 365 \Rightarrow T_c = 3677 \left[1 + \frac{(1 + 0.04)^{20+1} - 1}{0.04} \right] 365$$

$$T_c = 3.91 \cdot 10^7 \text{ PL/J/sens.}$$

Selon les Tableau 6.5, notre trafic est classé en T4.

Selon les Tableau 6.6, notre sol est classé en S3.

Par conséquent d'après le règlement on obtient la structure suivante:

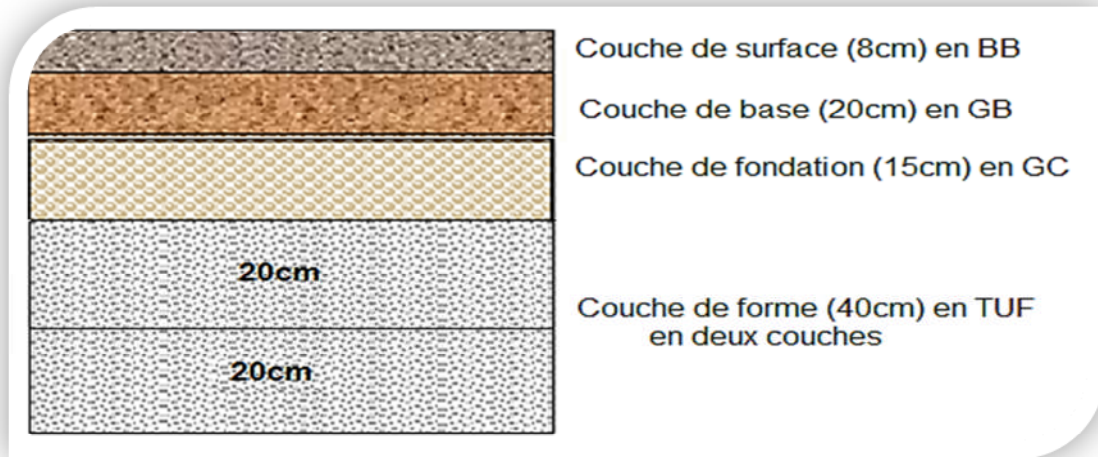


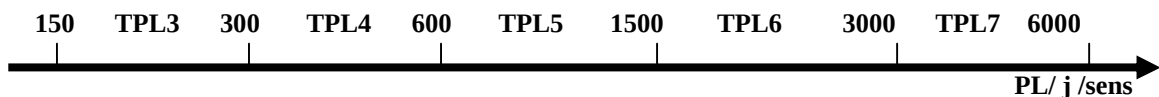
Figure 6.5 : Récapitulatif des résultats de la méthode SETRA.

7.3. Méthode du catalogue des chaussées neuves « CTTP » :

7.3.1. Détermination de la classe de trafic TPLi :

$$TJMA_{2014} = 11185 \text{ v/j} \Rightarrow T_{PL} = \frac{11185 \times 0.30}{2} = 1478 \text{ PL/J/sens.}$$

Classe TPLi pour RP1:



Pour RP1 : $600 < 1478 < 1500 \Rightarrow \text{TPL5}$.

D'après le classement donné par le catalogue des structures, notre trafic est classé en TPL 5.

7.3.2. Classe de sol support :

$$E = 5 \times \text{CBR} = 5 \times 6.5 = 32.5 \text{ MPA.}$$

Selon les Tableau 6.7 notre sol est classé en S3.

7.3.3. La zone climatique :

Pour notre projet la zone climatique II Selon la carte climatique de l'Algérie Par conséquent d'après les fiches structures pour le RP1 on obtient la structure suivante :

6BB + 20GB + 30GC + 40TUF (en deux couches).

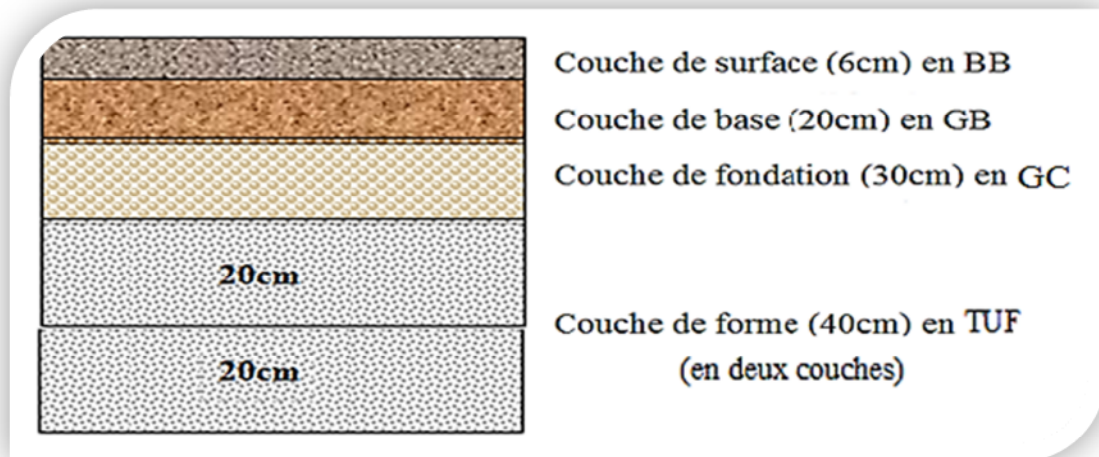


Figure 6.6 : Récapitulatif des résultats de la méthode CTPP.

8. CONCLUSION :

D'après le différent résultat, on remarque bien que la méthode CBR nous donne le corps de chaussée le plus économique tout en sachant que cette méthode est la plus utilisée en Algérie, donc on choisit les résultats de la méthode CBR.

A savoir : **7BB+12GB+21GC** avec une couche de forme de 40cm.

1. INTRODUCTION :

Un carrefour est un lieu d'intersection deux ou plusieurs routes au même niveau. Le bon fonctionnement d'un réseau de voirie, 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. L'analyse des carrefours sera basée sur les données recueillies lors des enquêtes directionnelles, qui doivent fournir les éléments permettant de faire le diagnostic de leur fonctionnement.

2. TYPE DES CARREFOURS :

Les principaux types des carrefours sont :

2.1 Carrefour en T :

Carrefour plan ordinaire à trois branches secondaires unique et orthogonale, ou aussi ($\pm 20^\circ$), à l'axe principal. Le courant rectiligne domine, mais les autres courants peuvent être aussi d'importance semblable. [20]

2.2 Carrefour en Y ou type (Y) :

Carrefour plan ordinaire à trois branches, comportant une branche secondaire uniquement et dont l'incidence avec l'axe principale est oblique (s'éloignant de la normale de plus 20°). [20]

2.3 Carrefour en croix :

Carrefour plan à quatre branches deux à deux alignées (ou quasi). [20]

2.4 Carrefour type giratoire ou carrefour giratoire :

Carrefour plan comportant un îlot central (normalement circulaire) matériellement infranchissable, ceinture par une chaussée mise à sens unique par la droite, sur laquelle débouchent différentes routes et annoncé par une signalisation spécifique. [20]

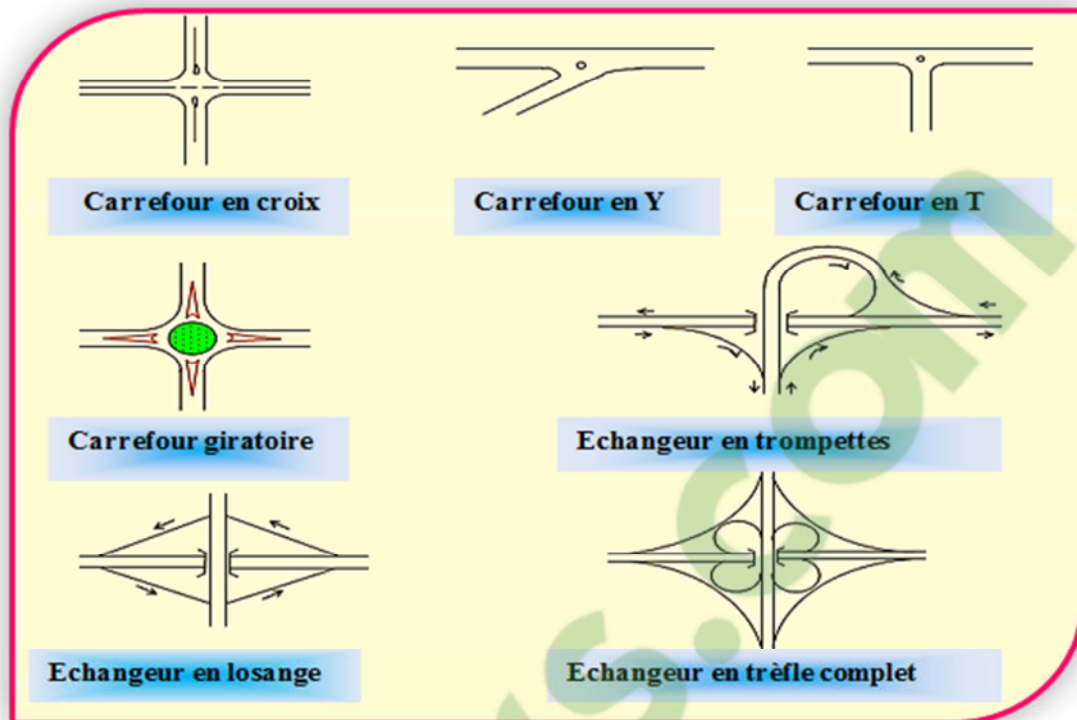


Figure 7.1 : Types des Carrefours.

3. LES AVANTAGES ET LES INCONVENIENTS DU CARREFOUR GIRATOIRE :

3.1 Les avantages :

- ❖ L'adaptation au trafic est automatique, par la priorité donnée aux véhicules déjà insérés.
- ❖ La vitesse est limitée par l'infrastructure, et la sécurité routière est donc améliorée.
- ❖ Il n'y a pas besoin de feux, donc pas besoin d'électrifier le carrefour, ce qui est intéressant en zone très rurale.
- ❖ Une forme qui identifie un lieu et qui caractérise de l'espace.
- ❖ Diminution des nuisances.
- ❖ Faciliter d'insertion d'un grand nombre des branches.
- ❖ Economie de régulation et d'exploitation. [22]

3.2 Les inconvénients :

- ❖ Consommation d'emprise importante.
- ❖ Entretien de l'îlot central.
- ❖ Transport public non prioritaire.
- ❖ Absence de prise en charge correcte des piétons.
- ❖ Absence de régulation du trafic (non-respect du régime de priorité). [22]

4. DONNEES APPRENDRE POUR L'AMENAGEMENT D'UN CARREFOUR :

Pour Les choix d'un aménagement de carrefour on doit suivre un certain nombre des données essentielles concernant :

- ❖ Les caractéristiques du site d'implantation (le trafic et leur révolution prévisible dans le futur, Environnement, sécurité).
- ❖ Les genres et les causes des accidents constatés dans les cas de l'aménagement d'un carrefour existant.
- ❖ Les vitesses d'approche à vide pratique.
- ❖ Des caractéristiques sections adjacents et des carrefours voisins.
- ❖ Condition topographique.
- ❖ Le respect de l'homogénéité de tracé.
- ❖ La valeur de débit de circulation sur les différentes branches et l'intensité des mouvements tournant leur évolution prévisible dans la future. [6]

5. PRINCIPES GENERAUX D'AMENAGEMENT D'UN CARREFOUR :

- ❖ Les cisaillements doivent se produire sous un angle de 90 ± 20 à in d'obtenir de meilleure condition de visibilité et la prédication des vitesses sur l'axe transversal, aussi avoir une largeur traversée minimale.
- ❖ Ralentir à l'aide des caractéristiques géométriques les courants non prioritaires.
- ❖ Regrouper les points d'accès à la route principale.
- ❖ Assurer une bonne visibilité de carrefour.
- ❖ Soigner tout particulièrement les signalisations horizontales et verticales. [6]

5.1 La visibilité :

Dans l'aménagement d'un carrefour il faut lui assurer les meilleures conditions de visibilité possibles, la vitesse d'approche à vide remplace la vitesse de base à l'approche des carrefours.

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]

5.2 Triangle de visibilité :

Un triangle de visibilité peut être associé à un carrefour 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]

6. LES ILOTS :

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

6.1 Ilot séparateur :

Les éléments principaux de dimensionnement sont : [6]

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

6.2 Ilot directionnel :

Les îlots directionnels sont nécessaires pour délimiter les couloirs d'entrées Et de sortie. Leur nez est en saillie et ils doivent être arrondis avec des rayons de 0.5 à 1 m. [6]

6.3 Les couloirs d'entrée et de sortie :

Longueur de couloirs $\left\{ \begin{array}{l} \text{Entrée 4m (accotement dérasé 1.5m).} \\ \text{Sortie 5m (accotement dérasé 0.5m).} \end{array} \right.$

Clicours.COM

7. SIGNALISATION DU CARREFOUR :

La signalisation du carrefour est composée de quatre éléments complémentaires : [6]

- ❖ La signalisation de priorité : On trouve le panneau de route prioritaire Sur la route principale.
- ❖ Les panneaux de prescription : On trouve les panneaux de priorité de passage, Céder passage et Stop sur la route secondaire.
- ❖ Le marquage au sol et les plots.
- ❖ La signalisation de direction.

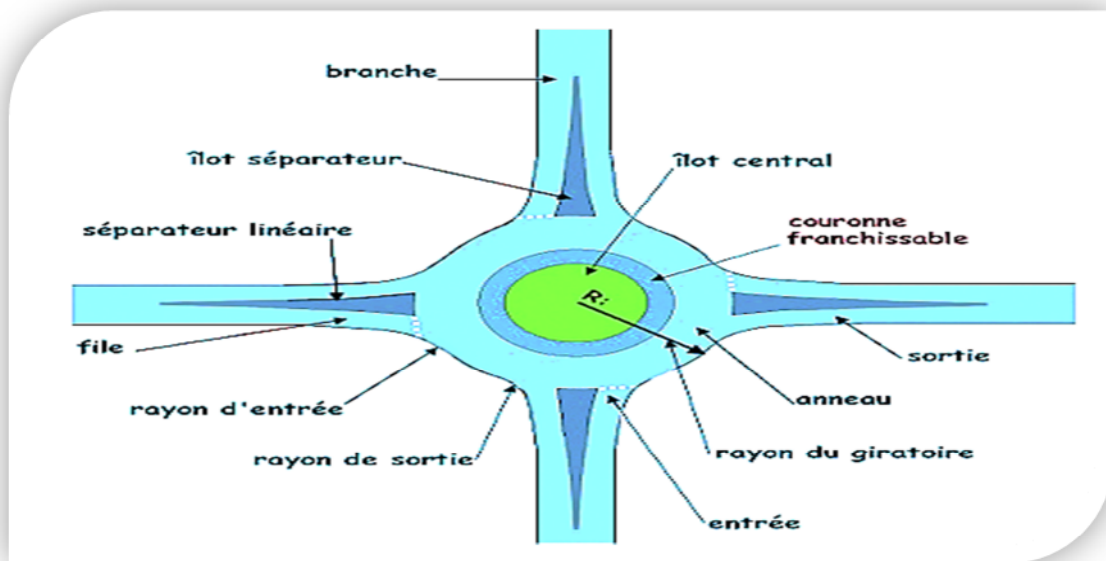


Figure 7.2 : Terminologie d'un carrefour giratoire. [23]

8. APPLICATION AU PROJET :

▪ Données de base :

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



Figure 7.3 : Carrefour giratoire (PK 0+00).

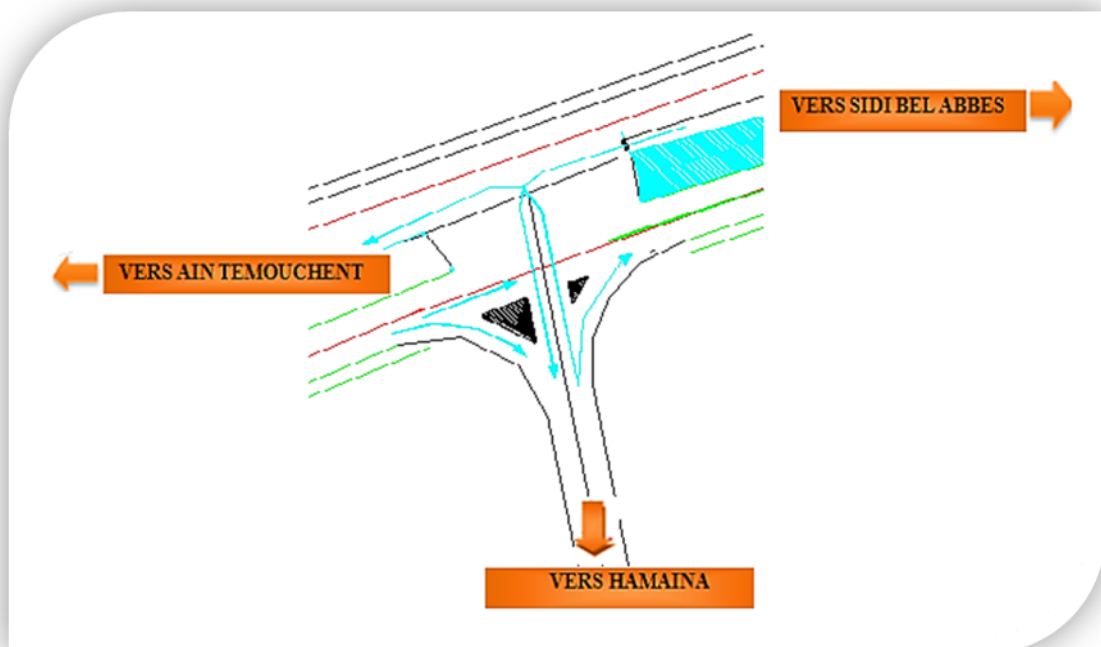


Figure 7.4 : Carrefour en Y (PK 02+282).

D'après le B40 : En catégorie **1** et environnement **1**, et $V_B = 80 \text{ Km/h}$, $a = 2.5 \text{ m}$ (distance entre l'œil de conducteur du véhicule non prioritaire et la ligne d'arrêt).

8.1 Triangle de visibilité :

8.1.1. Priorité à droite :

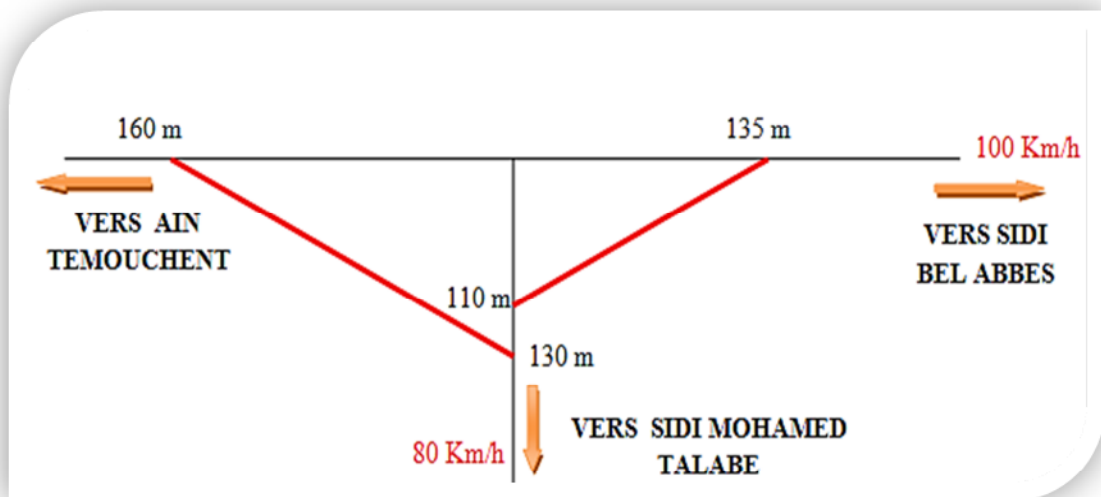


Figure 7.5 : Diagramme de visibilité –priorité à droite.

8.1.2. Cédez le passage ou signale de stop :

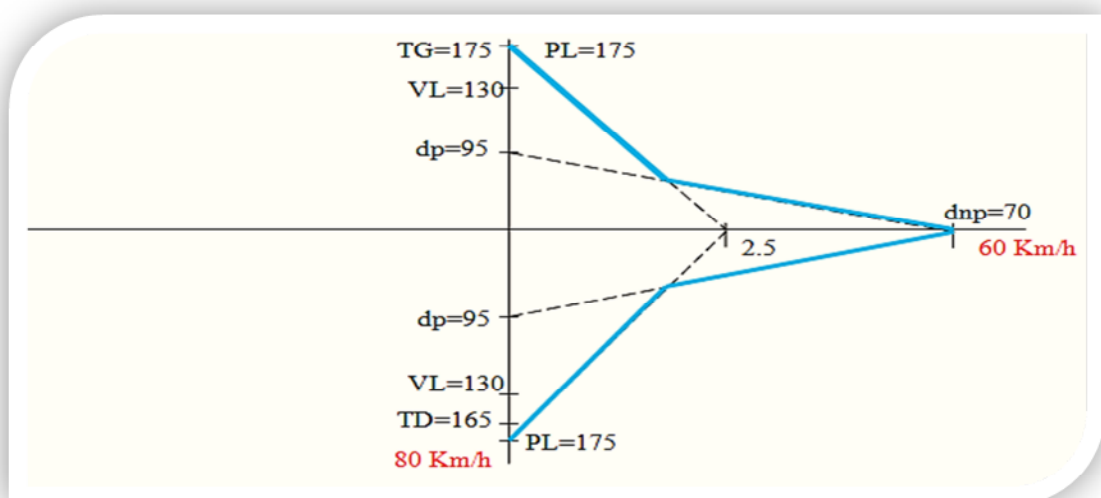


Figure 7.6 : Diagramme de visibilité - Cédez le passage ou signale de stop.

1. INTRODUCTION :

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

- ❖ L'assèchement de la surface de circulation par des pentes transversale et longitudinale, par des fossés, caniveaux, curettes, rigoles, gondoies, etc....
- ❖ Les drainages : ouvrages enterrés récoltant et évacuant les eaux souterraines (tranchées drainant et canalisations drainant).
- ❖ Les canalisations : ensemble des ouvrages destinés à l'écoulement des eaux superficielles (conduites, chambre, cheminées, sacs, ...).

2. OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants: [24]

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

3. TYPES DES DÉGRADATIONS :

Les ruissellements des eaux en surfaces de la route engendrent de graves dégâts à cause de mauvais drainage et entretien.

Ces dégradations présentent sous forme de : [24]

▪ Pour les chaussées :

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

- **Pour le talus :**

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

4. TYPES DES CANALISATIONS :

L'évacuation des eaux hors ouvrage s'effectue par le biais de dispositifs adéquat appelés «canalisations », son réseau est partagé en deux catégories : [24]

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

5. DIMENSIONNEMENT DE RESEAU D'ASSAINISSEMENT :

Le réseau d'assainissement doit collecter les eaux de ruissellement provenant des bassins versants routiers et des talus pour les évacuer vers la mer. Son architecture se développe principalement tout le long de l'infrastructure suivant une logique hydraulique gravitaire (entre un point haut et un point bas) par assemblage d'ouvrages élémentaires (linéaires ou ponctuels, enterrés ou superficiels). [24]

5.1. Choix des ouvrages d'assainissement :

Il n'existe a priori aucune solution toute faite et reproductible à tous les projets routiers. Toutefois, le choix d'un ouvrage d'assainissement doit principalement reposer sur les critères suivant : [24]

- ❖ Sa capacité hydraulique ;
- ❖ Son insertion dans le profil en long et le profil en travers du projet routier, donc sa géométrie qui prend en compte l'aspect sécurité de l'usager également ;
- ❖ Son niveau de protection au regard de la vulnérabilité des eaux ;
- ❖ Sa facilité d'entretien et d'exploitation des ouvrages.

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

$$Q_a = Q_s$$

5.2. Le débit d'apport :

Le débit d'apport est évalué à l'aide de la formule rationnelle suivante : [25]

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

Avec:

Q_a : débit d'apport en provenance du bassin versant (m³/s).

K: coefficients de rugosité K= 0.2778

C : coefficient de ruissellement sans dimension.

A : l'aire du bassin versant (ha ou Km²).

I_t : l'intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration (mm/h).

Remarque :

D'après SETRA: la formule **Q_a = K×C×I_t×A** est empirique, elle a été faite pour les unités suivantes :

❖ **Q_a** en (m³/s) valable pour : **I_t** en (mm/h) ; **A** en (km²) ; **K= 0.2778**

❖ **Q_a** en (L/s) valable pour : **I_t** en (mm/h) ; **A** en (ha) ; **K= 2.778**

5.2.1. Coefficient de ruissellement « C » :

Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des paramètres suivants : la pente et la couverture végétale du bassin versant, l'intensité de pluie et la perméabilité du terrain.

C'est le rapport de volume d'eau qui ruisselle sur cette surface au volume d'eau reçu sur elle. Il peut être choisi suivant le tableau ci-après: [24]

Tableau 8.1: Coefficient de ruissellement « C ». [24]

Type de chaussée	Coefficient « C »	Valeurs prise
Chaussée revêtue en enrobé	0.8 à 0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 à 0.40	0.35
Talus, sol perméable	0.10 à 0.30	0.25
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

5.2.2. L'intensité de la pluie I_t :

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

Avec:

$\beta = b - 1$ avec: $b = 0.36$

i : intensité horaire (mm/h).

t_c : temps de concentration (heure)

❖ L'intensité horaire i :

$$i = \left(\frac{P_j(\%)}{t} \right)$$

Avec : $t = 24h$

❖ Temps de concentration t_c :

La durée t de l'avers qui produite le débit maximum Q prise égale au temps de concentration. Dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après VENTURA, PASSINI, GIADOTTI, comme suit :

❖ Si $A < 5 \text{ km}^2$, selon VENTURA :

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

❖ Si $5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$, selon GIANDOTTI :

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

❖ Si $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$, selon PASSINI :

$$t_c = \frac{(4 \times \sqrt{A}) + (1,5 \times L)}{(0,8 \sqrt{H})}$$

Avec :

A : aire du bassin versant (km^2).

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

L : Longueur de bassin versant (km).

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

La pluie de fréquence pour le calcul du dimensionnement des ouvrages hydrauliques correspond à une durée de pluie 15minute = 0.25 heures ($t_c = 0.25$ h).

5.3. Pluie journalière maximal annuelle P_j :

P_j est donné par la formule de GALTON :

$$P_j (\%) = \left[\frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \right] \times \left[e^{\left(\mu \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)} \right)} \right]$$

Avec :

$P_{j\text{moy}}$: pluie journalière moyenne (mm).

C_v : Coefficient de variation climatique.

$\ln$: Log Népérien.

μ : Variable de Gauss. (Fonction de la période de retour) dont les valeurs sont données par le tableau suivant :

Tableau 8.2 : Variable de Gauss. [24]

Fréquence au dépassement (%)	50	20	10	5	2	1
Période de retour (années)	2	5	10	20	50	100
Variable de GAUSS (μ)	0	0.84	1.28	1.64	2.05	2.3

Remarque :

- ❖ Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 10 ans.
- ❖ Les dalots seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.
- ❖ Les ponts dimensionnées pour une période de retour 100 ans.

5.4. Le débit de saturation :

Le débit de saturation où le débit capable est calculé par le biais de la formule de MANNING STRICKLER sur un écoulement en régime uniforme.

$$Q_s = S_m \times K_{st} \times R_h^{2/3} \times \sqrt{J}$$

Avec:

Q_s : Le débit de saturation. st : Section totale de l'ouvrage.

S_m : Surface mouillée (m^2). K_{st} : coefficient de rugosité.

J : pente moyenne de l'ouvrage.

R_h : Rayon hydraulique (m). $R_h = \frac{S_m}{P_m}$

Avec :

$$S_m = \frac{\pi R^2}{2}, \quad P_m = \pi R \quad \Rightarrow \quad R_h = \frac{R}{2}$$

Tableau 8.3 : Coefficient de rugosité K_{st} . [24]

Matériaux constituant la buse	Coefficient de rugosité K_{st}
En terre	30
En métal	40
En maçonnerie	50
En béton ordinaire (dalots)	70
En béton préfabriqué (buses)	80

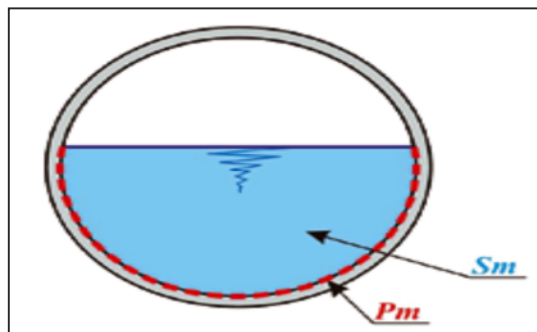


Figure 8.1: section transversale d'un ouvrage d'assainissement représente S_m et P_m . [24]

6. DIMENSIONNEMENT DES BUSES :

Le dimensionnement d'une buse résulte de la comparaison entre le débit d'apport et le débit de saturation de cette buse, c'est-à-dire il faut que $Q_a = Q_s$.

Donc le principe consiste à chercher le rayon de la buse qui vérifie cette condition. [24]

$$Q_s = S_m \times K_{st} \times R_h^{2/3} \times J^{1/2}; \quad Q_a = K \times C \times I_t \times A$$

Avec:

$K_{st} = 80$ (béton préfabriqué)

J : la pente de pose (2.5%).

$$Q_s = \frac{\pi \times R^2}{2} \times K_{st} \times \left(\frac{R}{2}\right)^{2/3} \times \sqrt{J}$$

$$Q_s = Q_a \Rightarrow R = \left[\frac{Q_a \times 2\sqrt{2}}{\pi \times K_{st} \times \sqrt{J}} \right]^{\frac{3}{8}}$$

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

Pour le dimensionnement des buses on prend un temps de concentration égale à 15min. Alors $t_c = 0.25h$, et une période de retour de 10 ans.

Tableau 8.4 : Intensité-Durée-Fréquence. [5]

Période	15min	30min	1H	2H	3H	6H	12H	24H
5ans	38.29	27.2	19.33	13.73	11.24	7.986	5.674	4.031
10ans	54.81	31.83	22.62	16.07	13.16	9.346	6.64	4.717
50ans	61.06	36.28	25.77	18.31	14.99	10.65	7.566	5.375
100ans	75.22	46.33	32.92	23.39	19.15	13.6	9.664	6.866

D'après les données précédentes et le tableau « **Intensité-Durée-Fréquence** ». On a obtenu une intensité $I_t = 54.81 \text{ mm/h}$.

7. DIMENSIONNEMENT DES FOSSES :

Pour l'évacuation des eaux de ruissellement venant de la chaussée, de l'accotement et de talus, nous prévoyons des fossés en forme de V de 50 cm d'ouverture et 50 cm de profondeur. Les fossés doivent être en béton légèrement armé en treillis soudé afin d'éviter d'éventuels érosions.

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



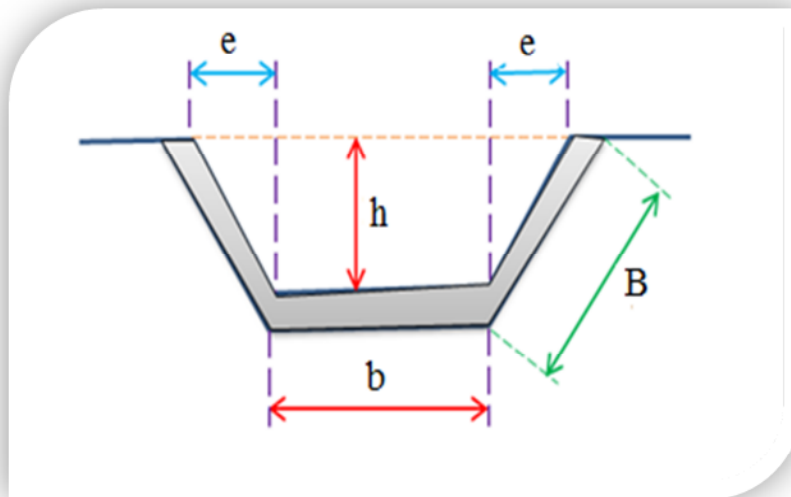


Figure 8.2 : Fossé

7.1. Calcul de la surface mouillée :

$$S_m = (b \times h) + 2 \times \left(\frac{e \times h}{2} \right)$$

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

$$S_m = (b \times h) + (n \times h^2) = h \times [b + (n \times h)]$$

$$S_m = h \times [b + (n \times h)]$$

7.2. Calcul du périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2B$$

Avec:

$$B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + (h^2 \times n^2)} = h \times \sqrt{1 + n^2}$$

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

7.3. Calcul le rayon hydraulique :

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{h \times [b + (n \times h)]}{b + 2 h \times \sqrt{1 + n^2}}$$

Pour le dimensionnement, le calcul se fera par itération, on fixe le paramètre n et on fait varier b et h. on calcul à chaque fois le débit de saturation qui doit être supérieur ou égal au débit d'apport :

$$Q_s \geq Q_a$$

$$Q_s \geq Q_a \Rightarrow K_{ST} \times S_m \times R_H^{2/3} \times J^{1/2} \geq K \times C \times I_t \times A$$

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

8. APPLICATION AU PROJET :

Les données pluviométriques nécessaires pour le calcul :

- ❖ Pluie moyenne journalière $P_j = 55\text{mm}$.
- ❖ Exposant climatique $b = 0.36$.
- ❖ Le coefficient de variation climatique $C_v = 0,37$.

8.1. Calcul hydraulique :

a. Calcul de la pluie journalière maximale annuelle P_j :

❖ Pendant 10ans:

$$u = 1.28, C_v = 0.37, P_{jmoy} = 55\text{mm}.$$

$$P_j(10\%) = \left[\frac{55}{\sqrt{0,37^2 + 1}} \right] \times \left[e^{\left(1,28 \times \sqrt{\ln(0,37^2 + 1)} \right)} \right]$$

$$P_j(10\%) = 81.587 \text{ mm}$$

❖ Pendant 50ans:

$$u = 2.05, C_v = 0.37, P_{jmoy} = 55\text{mm}.$$

$$P_j(2\%) = \left[\frac{55}{\sqrt{0,37^2 + 1}} \right] \times \left[e^{\left(2,05 \times \sqrt{\ln(0,37^2 + 1)} \right)} \right]$$

$$P_j(2\%) = 107.50\text{mm}$$

b. L'intensité horaire I :

$$I = \left(\frac{P_j}{24} \right)$$

Pour: $P_j (10\%) = 81.587 \text{ mm}$.

$$I(10\%) = \left(\frac{81.587}{24} \right) = 4.00 \text{ mm/h}$$

Pour: $P_j (2\%) = 107.50 \text{ mm}$.

$$I(2\%) = \left(\frac{107.50}{24} \right) = 4.48 \text{ mm/h}$$

c. Calcul de la surface du bassin versant :

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

$$A_C = 7.5 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0.075 \text{ ha} \quad (\text{Surface de chaussée}).$$

$$A_A = 2 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0.02 \text{ ha} \quad (\text{Surface d'accotement}).$$

$$A_T = 4 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0.04 \text{ ha} \quad (\text{Surface de talus}).$$

$$A_{\text{total}} = A_C + A_A + A_T = 0.075 + 0.02 + 0.04 = 0.135 \text{ ha}$$

8.2. Dimensionnement des buses :

PK : 0+777KM

a. Calcul des débits d'apport:

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

❖ Le débit apporté par la chaussée :

$C = 0.95$, $P = 2.5 \%$, $I (10\%) = 4.00 \text{ mm/h}$, $A = 0.075 \text{ ha}$.

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.075}{2.5}} \Rightarrow t_c = 0.022 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24} \right)^{b-1} = 4.00 \times \left(\frac{0.022}{24} \right)^{0.36-1} \Rightarrow I_t = 351.76 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = 2.778 \times 0.95 \times 351.76 \times 0.075 \Rightarrow (Q_a)_{\text{chaussée}} = 0.0696 \text{ m}^3/\text{s}$$

❖ Le débit apporté par l'accotement :

$C = 0,4$, $p = 4 \%$, $I (10\%) = 4,00 \text{ mm/h}$, $A = 0,02 \text{ ha}$.

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,02}{4}} \Rightarrow t_c = 0,0089 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4,00 \times \left(\frac{0,0089}{24}\right)^{0,36-1} \Rightarrow I_t = 627,75 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = 2,778 \times 0,4 \times 627,75 \times 0,02 \Rightarrow (Q_a)_{\text{accotement}} = 0,014 \text{ m}^3/\text{s}$$

❖ Le débit apporté par le talus :

$C = 0,3$, $p = 100\%$, $I (10\%) = 4,00 \text{ mm/h}$, $A = 0,04 \text{ ha}$.

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,04}{100}} \Rightarrow t_c = 0,00254 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4,00 \times \left(\frac{0,00254}{24}\right)^{0,36-1} \Rightarrow I_t = 1400,56 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{talus}} = 2,778 \times 0,3 \times 1400,56 \times 0,04 \Rightarrow (Q_a)_{\text{talus}} = 0,0466 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_a = 0,0696 + 0,014 + 0,0466 \Rightarrow Q_a = 0,1302 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. Calcul de débit de saturation (Q_s) :

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

On a: $J = 2,5\%$, $K_{ST} = 80$, $R_h = \frac{R}{2}$, $S_m = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2$

$$Q_s = Q_a \Rightarrow 80 \times (R/2)^{2/3} \times \frac{\pi}{2} \times R^2 \times (0,025)^{1/2} = 0,126 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$R^{8/3} = \frac{2^{5/3} \times Q_a}{80 \times \pi \times \sqrt{J}} = \frac{2^{5/3} \times 0,1302}{80 \times \pi \times \sqrt{0,025}} \Rightarrow R^{8/3} = 0,035$$

$$\emptyset = 2R = 567 \text{ mm}$$

Remarque :

On propose: $\emptyset = 1000 \text{ mm}$; pour l'accès et les travaux de curage des buses.

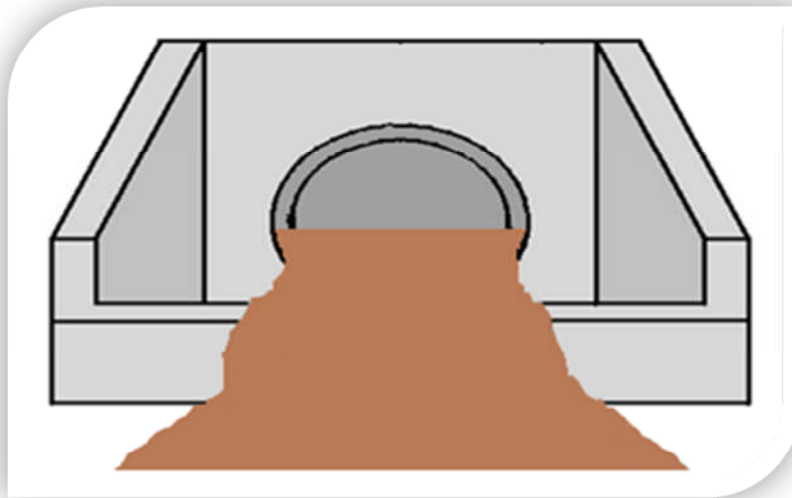


Figure 8.3: vue de face d'une buse de diamètre $\varnothing = 1000$ mm

Tableau 8.5 Récapitulatif des résultats.

N°	Localisation par rapport au Projet (PK)	OUVRAGES
1	0+777	Busse ($\varnothing 1000$)
2	1+197	Busse ($\varnothing 1000$)
3	2+112	Busse ($\varnothing 1000$)
4	3+046	Busse ($\varnothing 1000$)
5	3+761	Busse ($\varnothing 1000$)
6	4+006	Busse ($\varnothing 1000$)
7	4+043	Busse ($\varnothing 1000$)
8	4+256	Busse ($\varnothing 1000$)
9	5+397	Busse ($\varnothing 1000$)
10	5+621	Busse ($\varnothing 1250$)
11	5+861	Busse ($\varnothing 1000$)
12	6+255	Busse ($\varnothing 1000$)
13	7+091	Busse ($\varnothing 1000$)
14	7+571	Busse ($\varnothing 1000$)
15	9+016	Busse ($\varnothing 1000$)

8.3. Dimensionnement des fossés :

Le calcul se fera par itération, on fixe le paramètre **n** et on fait varier **b** et **h**. on calcul à chaque fois le débit de saturation qui doit être supérieur ou égal au débit d'apport :

$$Q_s \geq Q_a$$

A partir des résultats obtenus précédemment:

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

$$J = 2 \text{ ‰}, K_{ST} = 30, b = 0,5 \text{ m}$$

$$0.1302 = 30 \times h \times [0,5 + (1,5 \times h)] \times \left[\frac{h \times [0,5 + (1,5 \times h)]}{0,5 + 2 h \times \sqrt{1 + 1,5^2}} \right]^{2/3} \times 0,02^{1/2}$$

D'Après le calcul itératif on trouve $h \approx 0.48\text{m}$.

Donc les dimensions retenues du fossé sont : $b = h = 50\text{cm}$.

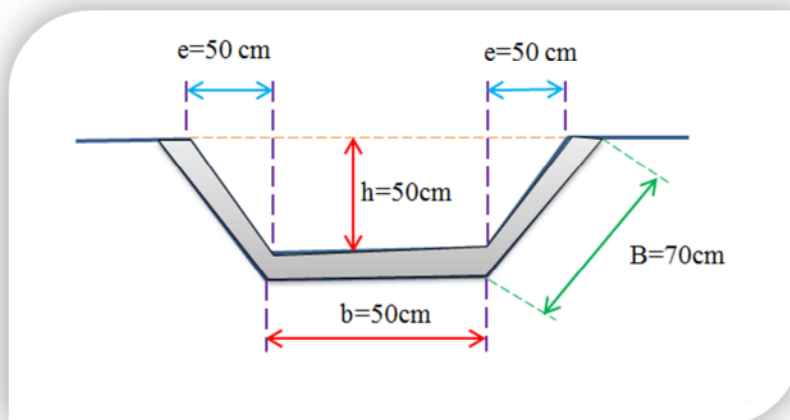


Figure 8.4: Résultat de dimensionnement du fossé

9. CONCLUSION :

Les résultats de calcul donnent des buses de diamètres variante entre 500 mm et 900 mm, et pour notre projet on prend des buses de 1000 mm de diamètre pour faciliter l'opération de curage.

Pour assainir la partie existante, les ouvrages qui sont bien dimensionnés seront maintenus et prolongés du côté de la partie d'élargissement.

Pour les ouvrages sous dimensionnés, on doit les changer par des nouveaux.

1. INTRODUCTION :

La signalisation routière peut être utile pour garantir la sécurité de la circulation et assurer la fluidité du trafic. Il arrive cependant qu'elle n'atteigne pas le but recherché, voire qu'elle induise les usagers de la route en erreur, car parfois des signaux routiers ne sont pas aperçus par les usagers ou compliquent l'attention que ceux-ci doivent porter à la circulation.

2. L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE :

La signalisation routière a pour objet : [26]

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

3. PRINCIPES FONDAMENTAUX POUR UNE SIGNALISATION EFFICACE :

Pour être efficace, la signalisation routière doit : [26]

- ❖ Être uniforme et homogène.
- ❖ Attirer l'attention.
- ❖ Être parfaitement visible et lisible à distance.
- ❖ Être facile à comprendre.

4. CATEGORIES DE SIGNALISATION :

Lorsqu'on considère les types de dispositifs utilisés par la signalisation, on distingue : [22]

- ❖ La signalisation par panneau.
- ❖ La signalisation par feux.
- ❖ La signalisation par marquage des chaussées.
- ❖ La signalisation par balisage.
- ❖ La signalisation par bornage.
- ❖ La signalisation par dispositifs de fermeture (barrières).
- ❖ La signalisation permanente.
- ❖ La signalisation temporaire.
- ❖ La signalisation dynamique.

5 .TYPES DE SIGNALISATION :

On distingue deux types de signalisation : [22]

- ❖ La signalisation verticale par panneaux et par feux
- ❖ La signalisation horizontale comporte les différents types type de marquages sur la chaussée.

5.1 Signalisation Verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'utilisateur à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme. Elles peuvent être classées en quatre:

5.1.1 Signaux de danger :

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

5.1.2 Signaux comportant une prescription absolue :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

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

5.1.3 Signaux à simple indication :

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

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

5.1.4 Signaux de position des dangers :

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

5.1.5 Forme des panneaux de signalisation :

- ❖ **Danger** : forme triangulaire.
- ❖ **Prescription absolue** : forme circulaire.
- ❖ **Simple indication** : forme généralement rectangulaire.

5.1.6 Signalisation temporaire- signalisation de chantier :

La signalisation temporaire sert à signaler les obstacles ou dangers dont l'existence est elle même temporaire.

Les obstacles ou dangers temporaires font l'objet d'une signalisation avancé :

- ❖ Pour les chantiers.
- ❖ Pour les routes glissantes.

5.2 Signalisation Horizontale :

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

5.2.1 Marquage longitudinal :

5.2.1.1 Lignes continue :

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

5.2.1.2 Lignes discontinue :

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

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

U=7.5 cm sur les autoroutes et voies rapides urbaines.

U=6 cm sur les routes et voies urbaines dont le trafic dépasse 300 v /j

U=5 cm pour les autres routes

5.2.1.3 Modulation des lignes discontinues :

Elles sont basées sur une longueur périodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

Tableau 9.1 : modulation des lignes discontinues. [22]

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre trait (m)	Rapport Plein/ vide
T ₁	3.00	10.00	~ 1/3
T ₂	3.00	3.5	~1
T ₃	3.00	1.33	~3

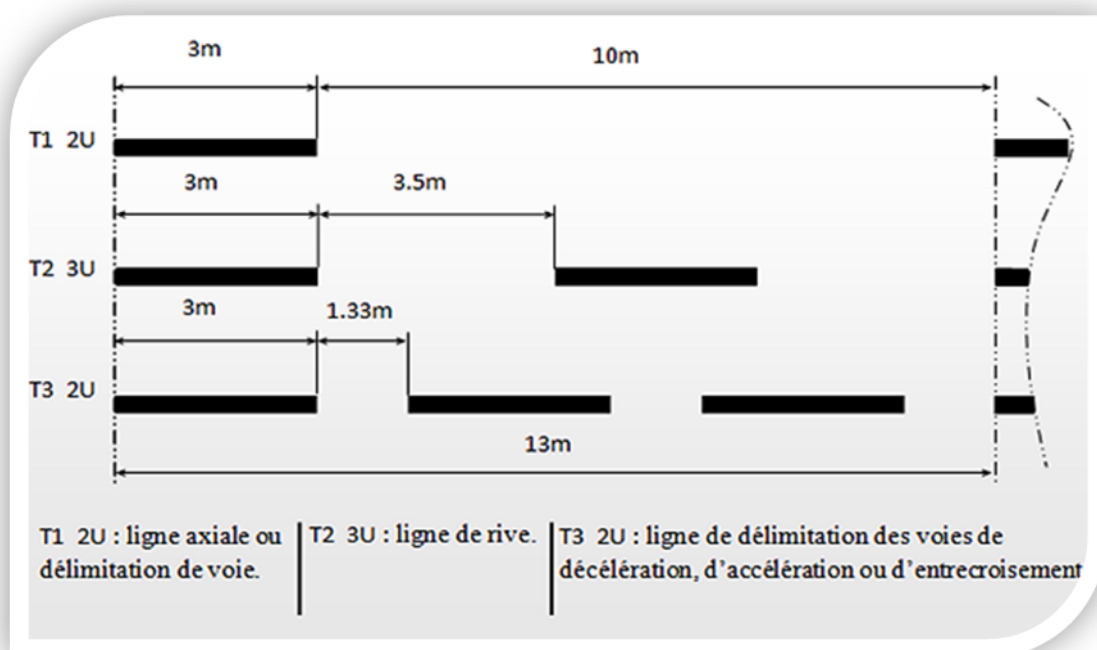


Figure 9.1 : types de modulation. [27]

5.2.2 Marquage transversal :

5.2.2.1 Lignes transversales continue :

Éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.

5.2.2.2 Lignes transversales discontinue :

Éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

5.2.3 Autre marquage

5.2.3.1 Flèche de rabattement :

Une flèche légèrement incurvée signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.

5.2.3.2 Flèches de sélection :

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

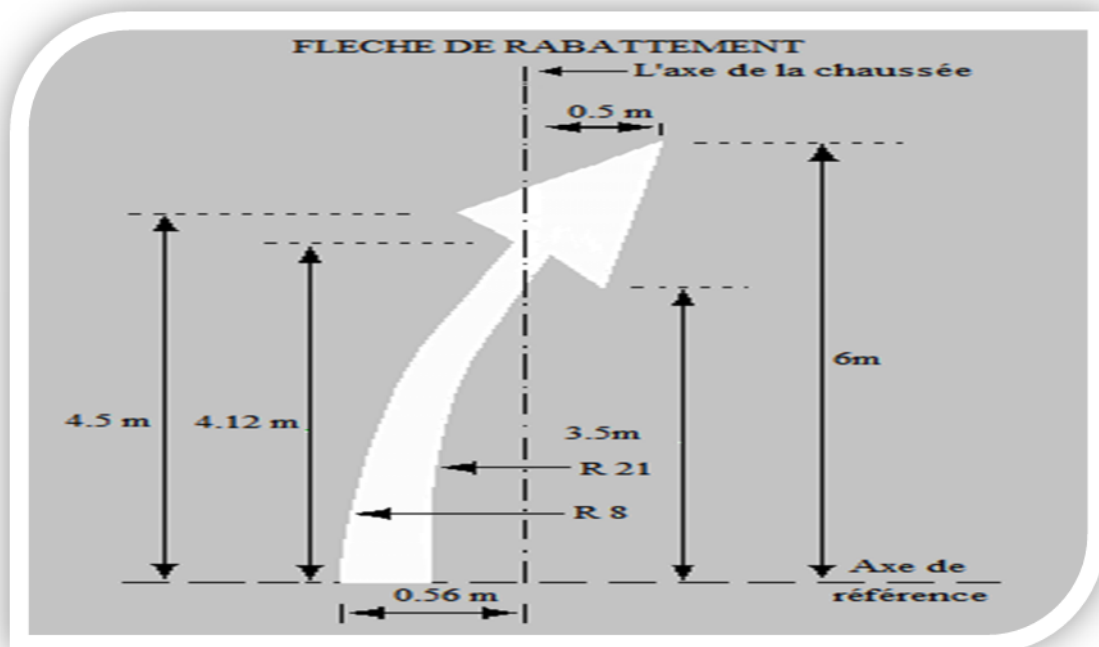
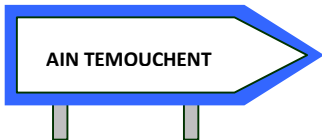


Figure 9.2 : flèche de rabattement. [6]

Tableau 9.2 : différents type des panneaux. [28]

Nom des panneaux	Schéma
Panneau (A1a) d'annonce de virage dangereux à droite A1a	
Panneau A1b d'annonce de virage dangereux à gauche A1b	
Panneau d'interdiction de dépassement B3	
Panneau céder le passage à l'intersection AB3a+M9c	
Panneau arrêt obligatoire a l'intersection AB4	
Panneau indique la vitesse max à ne pas dépassé	
Panneau d'intersection avec une route AB2	
Panneau passage d'animaux domestiques	
panneau sens giratoire obligatoire B21f	
Panneau de direction obligatoire a la prochaine intersection tout droite ou a gauche B21d1	

Panneau obligation de tourner a droite avant le panneau B21.1	
Panneau de direction D1	
Panneau indication du caractère prioritaire d'une route AB6	
Panneau fin du caractère prioritaire d'une route AB7	

7.ECLAIRAGE :

7.1 Introduction :

Dans un trafic en augmentation constante, L'éclairage public et la signalisation nocturne des routes jouent un rôle indéniable en matière de sécurité. Leurs buts est de permettre aux usagers de la voie de circuler a la nuit avec une sécurité et confort aussi élevé que possible.

7.2 Catégories d'éclairage :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

- ❖ Eclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A.
- ❖ Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), catégorie B.
- ❖ Eclairage des voies de cercle, catégorie C.
- ❖ Eclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé, catégorie D.

7.3 Paramètres de l'implantation des luminaires :

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

7.4 Application au projet :

Eclairage de la voie (le long de la route) :

La bordure du TPC doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs lumineux on place. Ensuite, les foyers doivent être suffisamment rapprochés pour que les plages d'éclairement se raccordent sans discontinuité. La hauteur des foyers est en général de 8 à 12m, ainsi l'espacement des supports varie de 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre route (la voie express).

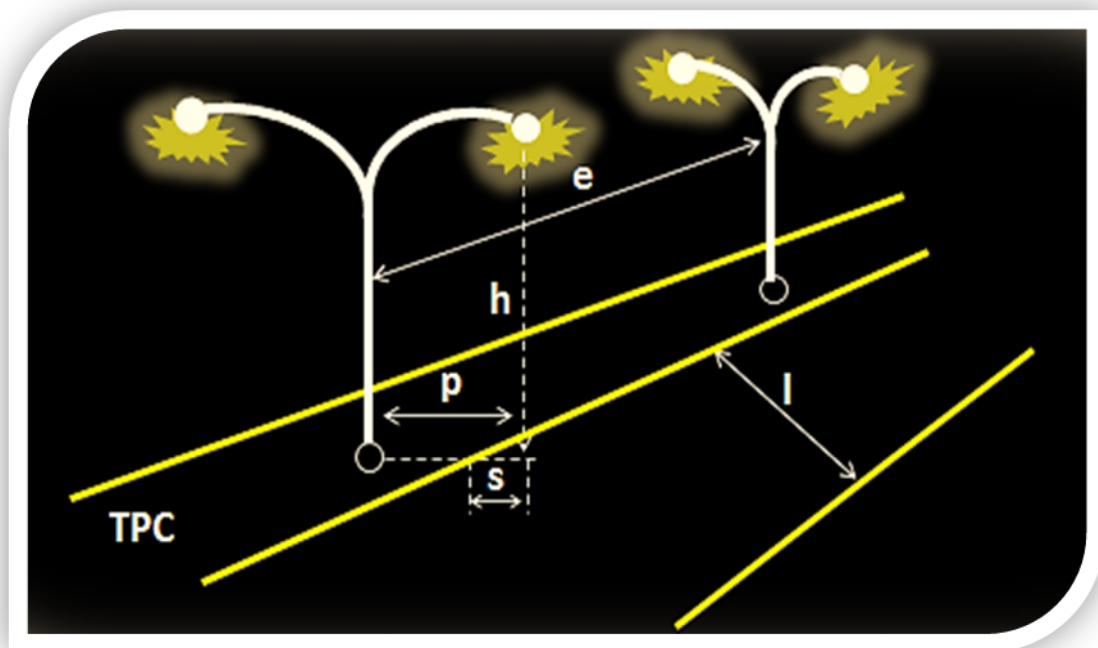


Figure 9.4: paramètre de l'implantation des luminaires. [26]

1. INTRODUCTION :

La protection constante de la qualité de vie et des milieux naturels est l'affaire des tous nous devons faire face aux multiple atteintes parfois irréparables qui menacent notre environnement.

Le transport routier par la différente nuisance qu'il généré et devenu aujourd'hui une préoccupation majeure, qui concerne tout particulièrement ceux qui sont chargés de concevoir, de construire et d'exploiter une infrastructure routière.

Tout projet de construction ou d'aménagement d'une infrastructure doit faire l'objet d'une évaluation de sont impact sur l'environnement.

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.

2. OBJECTIF D'UNE ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

L'étude d'impact sur l'environnement d'un projet routier permet d'identifier et d'évaluer les impacts que générera le tracé routier sur les milieux et sites traversés d'une part et d'essayer de proposer des compensations et remèdes d'autre part. Elle a pour objectif : [29]

- ❖ D'insérer le projet dans l'environnement bâti et de préserver les conditions de vie de riverains.
- ❖ De sauvegarder le patrimoine religieux, culturel, architectural et archéologique de la zone d'étude.
- ❖ De préserver les conditions de vie des générations futures.
- ❖ De définir les incidences du projet et surtout les principes de mesures envisagées pour réduire, supprimer, voire compenser les conséquences dommageables du projet.

3. CADRE JURIDIQUE :

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

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

Les raisons et les justifications techniques et environnementales du choix du projet sur l'environnement, ainsi que l'estimation des coûts correspondants. [30]

4. DÉFINITIONS :

4.1 Environnement : [31]

C'est l'ensemble des facteurs biotiques et abiotiques de l'habitat susceptibles d'avoir Des effets directs et indirects sur les êtres vivants, y compris sur l'homme (TOUFFET, 1982).

4.2 Impact sur l'environnement: [31]

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

4.3 Étude d'impact sur l'environnement : [31]

C'est l'identification de l'ensemble des effets ou impacts sur les milieux physiques, humains et sur l'environnement naturel d'un projet donné.

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

5. IMPACT DE TRANSPORT ROUTIER SUR L'ENVIRONNEMENT :

La construction d'une route intervient directement dans la perturbation de l'eau, l'air, la faune, la flore et l'altération des nuisances dues au bruit. Les impacts peuvent concerner: [2]

5.1 Climatologie:

- ❖ perturber la structure paysagère de la zone.
- ❖ Impact sur la sécurité routière et la pollution atmosphérique.
- ❖ Le brouillard.

5.2 Géologie et physiographie :

- ❖ Extraction et utilisation de matériaux géologique.
- ❖ Eboulements et glissements de terrain.
- ❖ Tassement, gonflement et érosion du terrain.

5.3 Pédologie :

- ❖ Distraction de terrain fertile.
- ❖ Modification de l'utilisation du sol.

5.4 Hydraulique :

- ❖ Perturbation de l'écoulement des eaux de surface.
- ❖ Pollution des eaux de surface.

5.5 Hydrogéologie :

- ❖ Altération de la capacité et de qualité des eaux souterraines.

5.6 Flore :

- ❖ Destruction et contamination de la végétation.
- ❖ Recolonisation des espaces par des nouvelles phytocénoses.

5.7 Faune :

- ❖ Désorganisation de parcours naturels pour la faune.

5.8 Nuisances phoniques :

Le bruit, notamment en cas de trafic intense .Cela nécessite une protection efficace sous forme de remblais de terre ou de mur antibruit.

Mais la route se caractérise aussi par des emprises plus ou moins large, Selon le trafic et la vitesse sur un tronçon déterminer ce qui veut dire des Surfaces importantes sont réservées a la route avec des effets négatives tel que :

- ❖ la stérilisation des terres agricoles
- ❖ la pollution des eaux de surface et des eaux souterraines par des eaux de Surface et de ruissellement transportant hydrocarbures, huiles des Usagés...etc.
- ❖ la modification des systèmes hydrogéologiques pour les eaux souterraines
Perturbant le régime des nappes par les terrassements de construction.
- ❖ Dégradation de sites naturels par l'ouverture des chaussées de terrassement des plates formes et l'ouverture des carrières d'extraction de matériaux pour le corps de chaussée.
- ❖ Désorganisation de parcours pour le cheptel et la faune sauvage.
- ❖ La nuisance par le bruit dans les espaces urbanisés notamment.
- ❖ Les émissions polluantes de carbone dans l'atmosphère d'oxydes d'azote, monoxyde de carbone, avec des risques notables pour la santé des personnes et des animaux que pour les forets et les récoltes.

6. METHODOLOGIE DU CHOIX DE TYPE DES PLANTES :

La méthodologie suivie afin de pouvoir porter un choix sur un type donné de plantes se résume comme suit : [32]

- ❖ la connaissance au préalable des caractéristiques pédoclimatiques de la région.
- ❖ choisir des espèces végétales disponibles localement.
- ❖ Les implantations doivent préserver la visibilité.
- ❖ A cause de l'absence de normes propres à ce contexte, les distances entre plantes sont définies du point de vue de l'intégration esthétique dans le paysage.

5. CONCLUSION :

Il faut à améliorer les connaissances dans de nombreux domaines pour aboutir à des évaluations et des prévisions plus rigoureuses pour assurer une meilleure économie des aménagements destinés à la protection de l'environnement. Le défi est de limiter le plus possible l'impact sur l'environnement humain tout en préservant les ressources naturelles. Cet engagement permanent doit s'imposer tout le long des trois étapes successives qui marquent la vie de la route :

- ❖ Sa conception.
- ❖ Sa construction.
- ❖ Son exploitation.

CONCLUSION GENERALE :

Le projet concerne « Le dédoublement de la route nationale 101 entre AIN TEMOUCHENT et SIDI BEI ABBES». Il donne un nouveau souffle au développement durable de la région et permet d'assurer le confort et la sécurité des usagers.

De plus, cette étude nous a permis d'être en face des problèmes techniques et administratifs qui peuvent se présenter dans un projet routier. Il était aussi une grande occasion pour savoir le déroulement d'un projet des travaux publics en général et un projet routier en particulier.

En outre, ce travail de fin d'études nous a permis d'appliquer nos connaissances théoriques requises pendant le cycle de formation et de mieux maîtriser les logiciels tels que « AUTOCAD » et « COVADIS ».

Enfin, finalement, grâce à ce projet, on s'immerge dans le milieu professionnel dans lequel nous serons appelés à édifier notre pays et de contribuer à son développement.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] : <http://Map.Google.fr/map> consulté le 07/03/2013.
- [2] : Michel, Faure. Route les cours de L'ENTP.tome1.Lyon : ELEAS, 1997. p258.
- [3] : Roger, Coquand. Route circulation tracé et construction. Livre1. Paris: eyrolles, 1969.pp 15-199 p285.
- [4] : Roger, Coquand. Route circulation tracé et construction. Livre1. Paris: eyrolles, 1985.p291.
- [5]: LAMRI .Z ; LAAOUAR.D, Etude de modernisation de la RN 17 à SIDI BEL ABBES entre (SIDI ALI BEN YOUB et TENIRE) sur 18Km.mimoire d'ingénieur. Alger kouba : juillet2008.pp4.85.
- [6] : B40.Normes technique d'aménagement des routes. Algérie: ministre des travaux publics, octobre1977.
- [7] : LCPC ; SETRA. Catalogue des structures types de chaussées neuves. Paris : ministres de l'équipement des transports et du logement ; Bagneux, 1998.p297.
- [8] : LCPC ; SETRA. Guide technique ; Conception et dimensionnement des structures de chaussées. Paris : Bagneux, décembre 1994.p250.
- [9] : HABITA.D, GUEDIRIA, Etude d'aménagement d'un échangeur sur la RN04 BOUMEDFAA (W.AIN DEFLA) en APS et APD avec 8 km de l'autoroute est-ouest. Mémoire d'ingénieur. Alger Kouba : juillet 2005.pp5.p134.
- [10] : LCPC ; SETRA. Réalisation des remblais et des couches de forme ; Guide technique fascicule 1et2. 2^{ème} édition. Paris: Bagneux, juillet 2000. p 102.
- [11] : J, Costet ; G, Sanglerat. Cours pratique de mécanique des sols.4^{ème} trimestre: Dunod, 1983, p 442.
- [12] : Rapport d'étude géotechnique technique de la RN 101. Oran: laboratoire des travaux publics de l'ouest, août 2010.pp 4 -35 p38.
- [13] : SETRA-LCPC. Conception et réalisation des terrassements Fascicule 3 : méthodes d'essais, (juin 1986.
- [14] : AZZI .M , HADJ KOUIDER .M, Etude Géotechnique du la route de la rocade d'Alger entre Boudouaou et Zéralda. Mémoire d'ingénieur. ENTP Alger : juillet 2005.pp42.p105.
- [15]: SETRA-LCPC. Chapitre 2 caractéristiques générales des chaussées. Guide technique, Ministère de l'Équipement des Transports et du Tourisme, 1994.

- [16] : TRIAW, Sandoumbé. Dimensionnement mécanistique-empirique des structures de chaussée. Projet de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception en génie civil. Dakar : 2006.
- [17] : LCPC ; SETRA. Catalogue des structures types de chaussée neuves. Paris : Bagneux, 1977.
- [18] : G, Joeffroy ; R, Sauterey. Dimensionnement des chaussées. Paris : Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées ,1991. p244.
- [19] : BABILOTTE, C. & SOULIE, C. Dimensionnement des structures de chaussées communautaires du Grand LYON : Guide technique communautaire. Parution initiale en 1994.
- [20] : Jean, Berthier. Projet et construction de la route ; Techniques de l'ingénieur. pp1-38 p39.
- [21] : LCPC ; SETRA. Guide technique ; dimensionnement des structures de chaussées. 2009. P63.
- [22] : Cours de circulation de master 2 génies civil. 2013.
- [23] : Certu fiche N° 10 vélo et giratoire août 2009 pp 2-6.
- [24] : LCPC ; SETRA. Guide Technique de l'Assainissement Routier, (SETRA – 2006). p188.
- [25] : LCPC ; SETRA. Guide Technique de l'Assainissement Routier et protection de la ressource en eau, (SETRA – 2009). P177.
- [26] : Instruction interministérielle sur la signalisation routière. arrêt du 7 juin 1977 relatif a la signalisation des routes et autoroutes : journal officiel du 13 août 1977. P40.
- [27] : Instruction interministérielle sur la signalisation routière – modifié par l'arrêté du 11 février 2008(7ème partie - Marquages sur chaussées. P80.
- [28] : Code de la route (SECA- Code rousseau B.P.93-85103.
- [29]: KNOEPFE.P.Approches to an effective Frame work for environmental management. Renens Chavannes, Septmbre 1997.

[30] : PATRICK, MICHEL .B. Etude d'impact.2001. p153.

[31] : BRUNEL Hervé. Cours de route. France : université d'Orléans I.U.T.de bourges 2005.P98.

[32] : BESNAÏNOU.R. Les évolutions des attentes sociales présenté à Aménager pour demain ; de l'utilité à l'acceptabilité d'une infrastructure. Paris : Ecole Nationale des Ponts et chaussées ENPC, 16 mars 1999.