V.1. DEFINITION:

Le profil en travers d'une route est la coupe dans le sens transversal menée selon un plan 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, etc.…).

V.2. LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS :

- **La chaussée:**

C'est la partie affectée à la circulation des véhicules.

- **La largeur roulable:**

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

- **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 terres pleins et les bandes d'arrêts.

- **L'assiette:**

C'est la surface de la route délimitée par les terrassements.

- **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:**

En dehors des agglomérations, les accotements sont dérasés. Ils comportent Généralement les éléments suivants :

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

- **Le terre-plein central:**

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

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

➢ **Le fossé :**

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

❖ **Profil en travers type (cas mixte).**

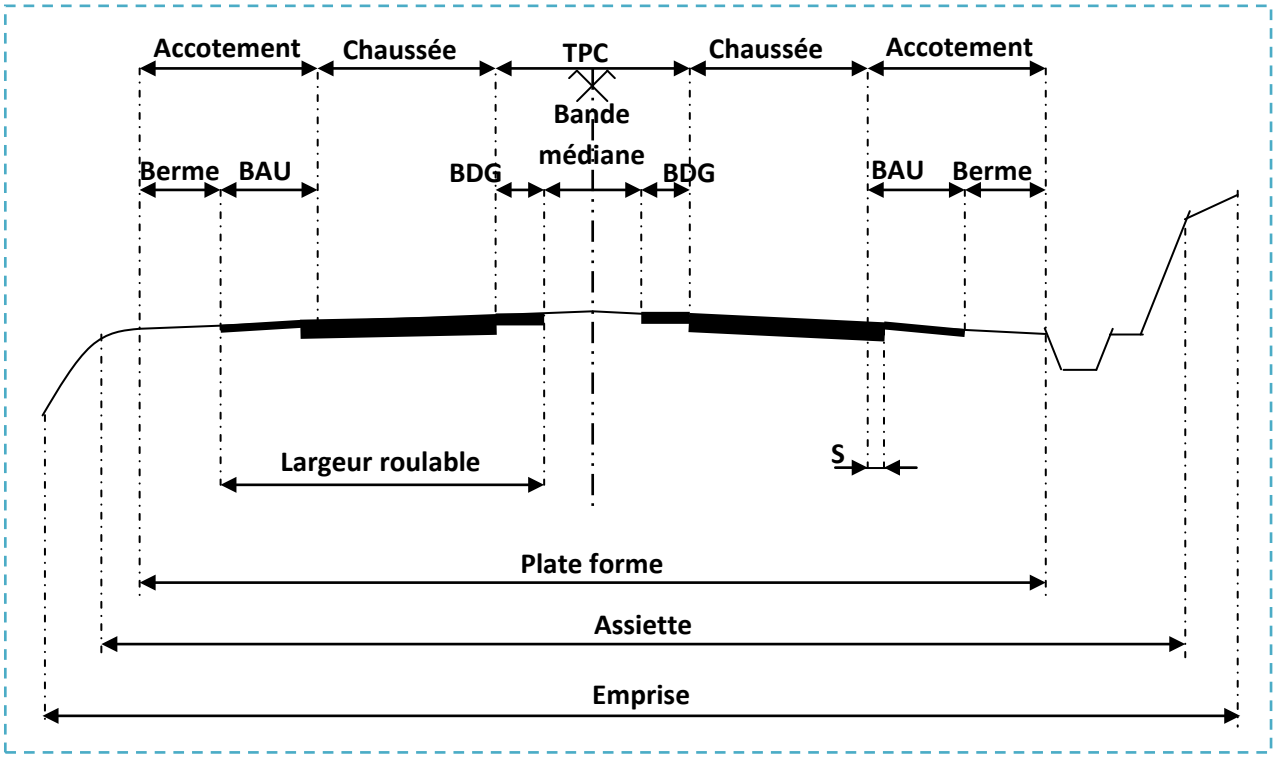


Figure V.1. Les éléments constitutifs du profil en travers

V.3. CLASSIFICATION DU PROFIL EN TRAVERS :

Ils existent deux types de profil :

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

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.

Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais).

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.

Le profil en travers courant : le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à une distance de 20 m.

V.4.APPLICATION AU PROJET :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour l'évitement sera composé d'une route de 2× (3×3,5)
Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- Chaussée **: 2× (2 × 3,5m)=14m**
- Accotement **: 1.5 m× 2 =3m**
- Plate forme **: = 10 (m).**

V.5.LA CONCEPTION TRANSVERSALE SUR LOGICIEL PISTE :

Cette étape a pour but de créer un catalogue qui contiendra les demi-profils en travers type que nous appliquerons a notre projet.

V.5.1.Ouverture du module de conception transversale :

Fichier ⟶ Ouvrir ⟶ Conception transversale ⟶ ok

Une fenêtre qui s'ouvre nous donne l'état d'avancement de notre projet. On clique sur Ok.

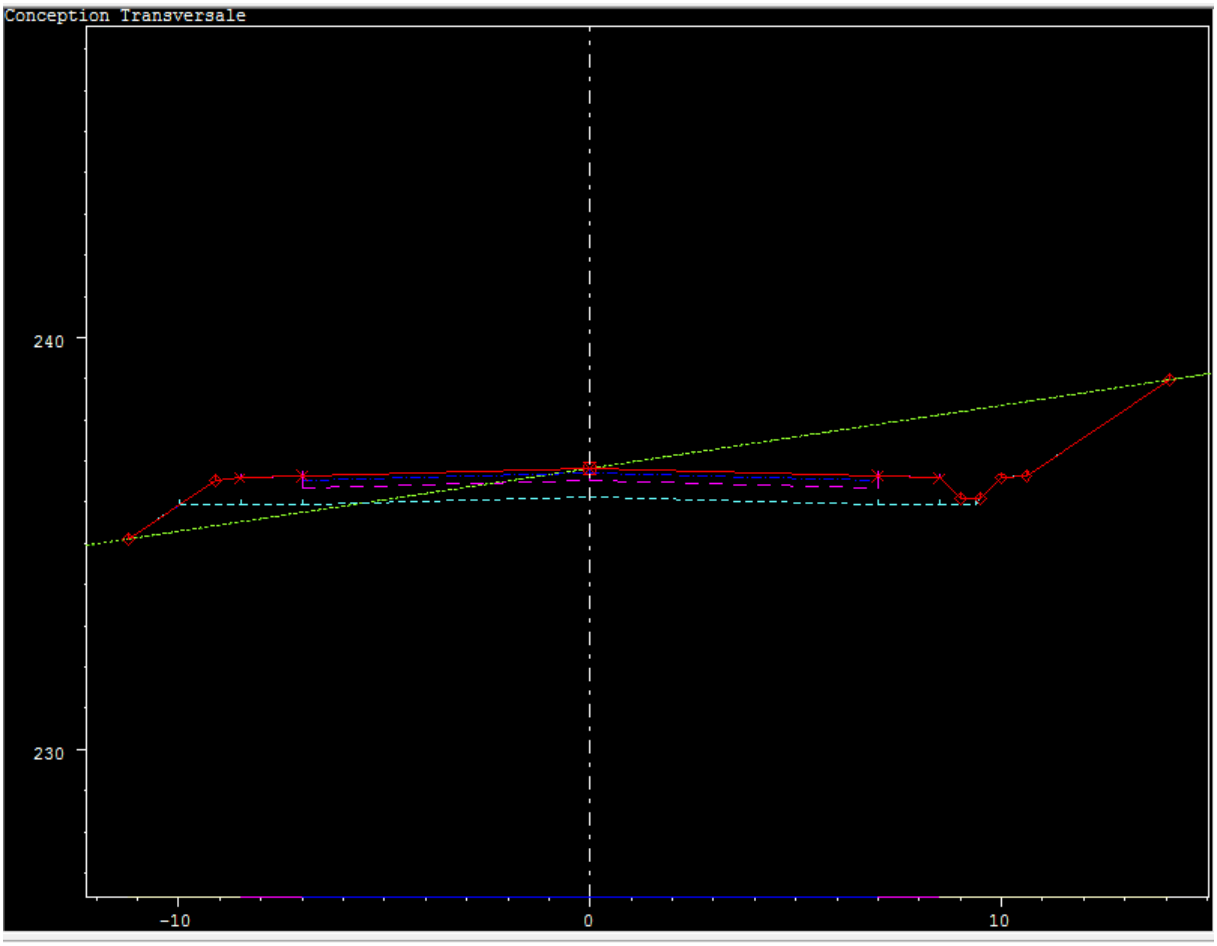


Figure V.2 : Profil en travers

V.5.2.Fichier profil type :

Les profils types sont stockés dans un fichier sous forme de demi-profil, ce fichier sera nomme (profil type).

Calcul ⟶ Projet

Dans la boite de dialogue qui s'affiche, on donne le nom du fichier puis on clique sur

Ouvrir ⟶ OK

Une fois le fichier est crée, il nous reste plus qu'a créer des demi-profils en travers.

La boite de dialogue qui apparait nous permet de définir les différentes couches de notre chaussée ainsi la ligne du projet.

Apres avoir choisit le nombre de ligne, on clique sur le profil type et on procède par création d'un demi-profil type.

- On donne un nom T1 et on clique sur créer⟶ nouveau

- On passe à la définition de la ligne du projet :
- Créer la plate forme : on clique sur plate forme sur le menu droit et on y'introduit nos données. (largeur des voies). On valide OK par la suite on peut visualiser, effacer ou modifier les données.
- Créer les talus de délais, même chose pour la plate forme.
- Créer les talus de remblais.
- Créer le fossé du pied de remblais.

Une fois c'est terminée on clique sur entrer visualiser.

- Créer la ligne d'assise.
- Créer la ligne de couche de forme.

La construction du demi-profil type est terminée, fermer pour quitter la fenêtre graphique.

On clique sur OUI pour confirmer les enregistrements et les modifications. Nous obtenons ainsi le profil enregistré dans le catalogue.

On ferme la fenêtre, on se retrouve par la suite a « construction du profil ». On saisie sur la première ligne 1 T n (1 étant le premier profil et n le dernier).

Ensuite on clique sur calculer tout pour calculer les profils. Une fois les résultats s'affichent on valide sur OK et on quitte la fenêtre construction des profils.

V.5.3.Calcul des perspectives :

Dans le menu de la conception transversale, on fait :

Calcul ⟶ perspective.

On donne les valeurs implicites, ensuite on clique sur le bouton droit ⟶ visualiser perspective.

Chaque perspective visualisée correspond a un profil en travers donne, on peur faire alors un défilement avec la touche défilement, on peut ainsi designer un profil en travers en cliquant sur un numéro du profil et cliquer sur OK

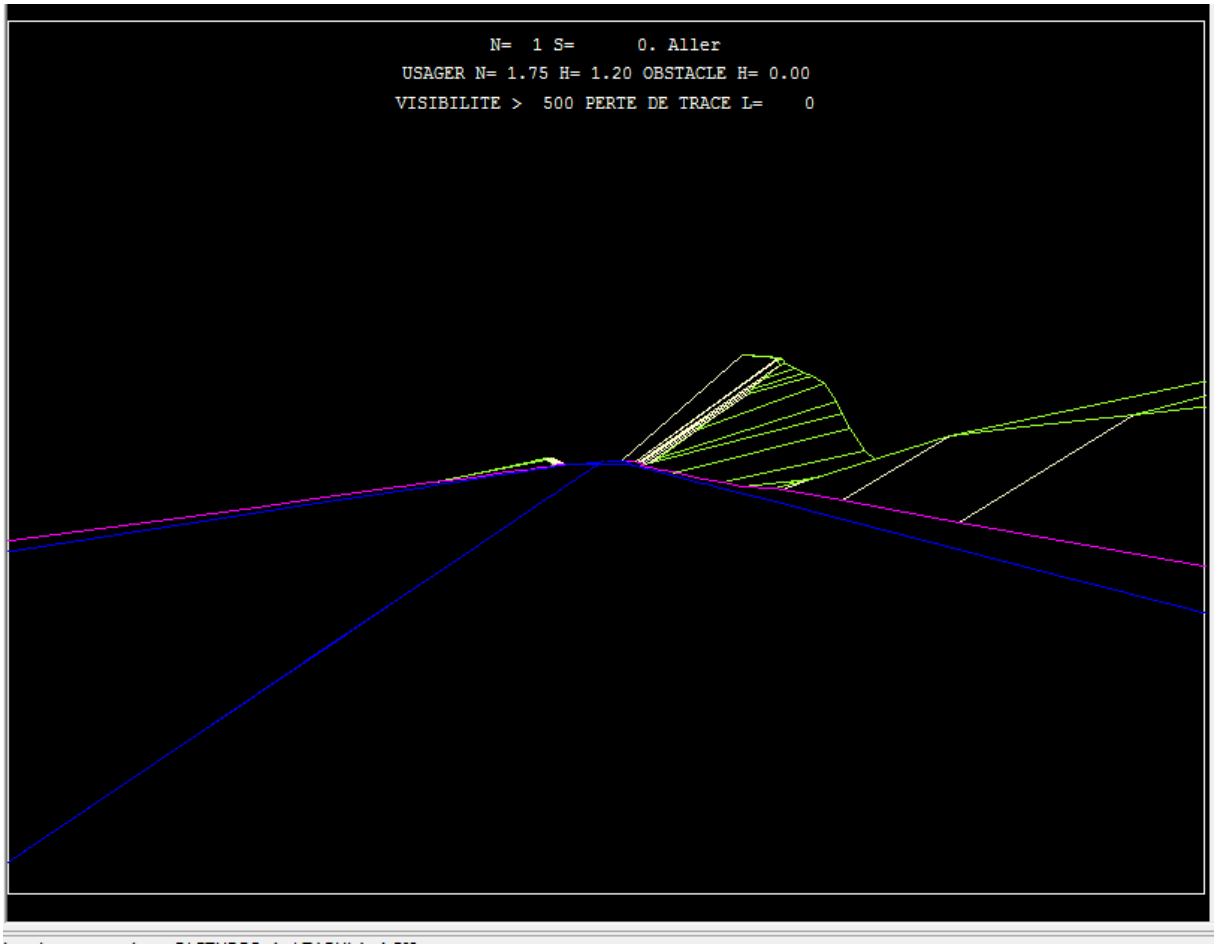


Figure V.3 : Vue en perspective

VI.1. INTRODUCTION :

La réalisation d'une infrastructure de travaux publics nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel sera implanté le projet.

Cette modification s'effectue soit par rapport de terre sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support (remblais). Soit par excavation des terres existantes au dessus du niveau de la ligne rouge (déblais).

Leurs réalisation se fait avec l'aide des matériels du terrassement, engins et pelle.

VI.2. DEFINITION DES CUBATURES:

Les cubatures de terrassement, c'est le calcul des volumes des déblais et remblai à déplacer pour avoir une surface uniforme entre les profils en long ainsi les profils en travers fixé auparavant.

VI.3. METHODES DE CALCUL DES CUBATURES :

La méthode que nous allons utilisée sont celle de la moyenne des airs, c'est une méthode simple mais elle présente un inconvénient de donnés des résultats avec une marge d'erreurs, pour être en sécurité on prévoit une majoration des résultats.

VI.3.1.Description de la méthode

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

$$V = \frac{h}{6}(S_1 + S_2 + 4S_0)$$

Avec : h : hauteur entre deux profils.

S_0 : surface limitée à mi-distance des profiles

S_1 , S_2 : surface des deux profils.

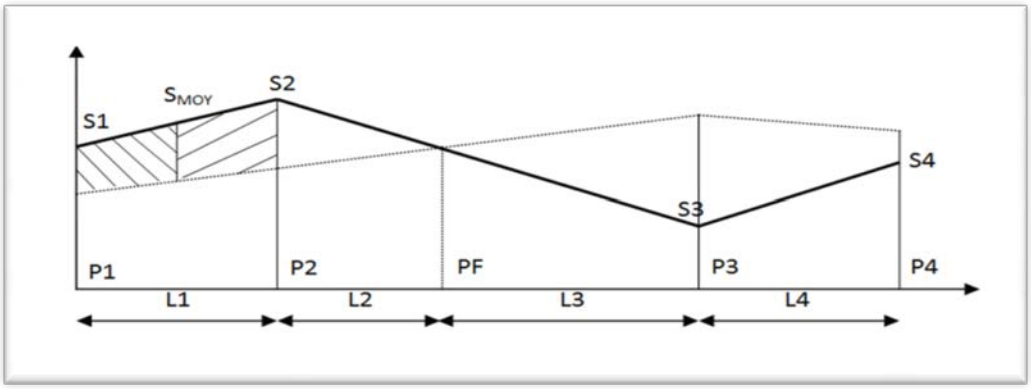


Figure VI.1 : Profil en long d'un tracé donné

PF : profil fictive, surface nulle.

Si : distance entre ces deux profils.

L_i : distance entre ces deux profils.

S_{MOY} : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li)

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

Ceci donne :

$$\mathbf{V_i=\frac{Li}{2} \times (S_1+S_{i+1})}$$

Donc les volumes seront :

Etre P1 et P2 : $\mathbf{V_1=\frac{L1}{2} \times (S_1+S_2)}$

Entre P2 et PF : $\mathbf{V_2=\frac{L2}{2} \times (S_2+0)}$

Entre PF et P3 : $\mathbf{V_3=\frac{L3}{2} \times (0+S_3)}$

Entre P3 et P4 : $\mathbf{V_4=\frac{L4}{2} \times (S_3+S_4)}$

Le volume total V :

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

VI.4.CALCUL DES CUBATURES DE TERRASSEMENT:

Le calcul des cubatures a été effectué à l'aide du logiciel piste 5.

Les résultats de calcul des cubatures sont joints en annexes.

VII.1) INTRODUCTION :

La géotechnique est l'ensemble des activités liées aux applications de la mécanique des sols, de la mécanique des Roches et de la géologie de l'ingénieur. La mécanique des sols étudie plus particulièrement le comportement des sols sous leurs aspects résistance et déformabilité.

A partir d'essais de laboratoires et in situ de plus en plus perfectionnés la mécanique des sols fournit aux constructeurs les données nécessaires pour dimensionner les chaussées, et assurer leur stabilité en fonction des sols sur lesquels doivent être reposées ou avec lesquels elles seront construites (remblais).

Un sol est un matériau. il peut être rocheux ou sableux ou argileux ou de toute autre composition

VII.2.LES MOYENS DE LA RECONNAISSANCE :

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

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

VII.3 LES DIFFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRES:

Les essais réalisés au laboratoire sont :

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

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

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

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

VII.4.OBJECTIFS:

Les objectifs d'une étude géotechnique sont :

- Bénéfice apporté sur les travaux de terrassement.
- Sécurité en indiquant la stabilité des talus et des remblais.
- Identification des sources d'emprunt des matériaux et la capacité de ses gisements.
- Protection de l'environnement et les ressources naturelles.

VII.5LES ESSAIS D'IDENTIFICATION :

VII.5.1.Analyses granulométriques :

Il s'agit du tamisage qui permet par exemple de distinguer les sols fins, les sols sableux et les sols graveleux, c'est un essai qui a pour objectif de déterminer la répartition des grains suivant leurs dimensions ou leurs grosseurs.

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique.

VII.5.2. Equivalent de sable :

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

VII.5.3.3.Limites d'Atterberg :

- **Limite de plasticité (Wp) :** caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plastique.
- **Limite de liquidité (W_L) :** caractérisant le passage du sol de l'état plastique à l'état liquide.

- **Principe de l'essai :** la détermination de W_L et W_P nous donnent une idée approximative des propriétés du matériau étudie, elles permettent de le classer grâce à l'abaque de plasticité de Casa grande.

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

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

VII.5.3.4Essai PROCTOR :

L'essai Proctor est un essai routier, il s'effectue à l'énergie normale ou modifiée.

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

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

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

VII.5.3.5Essai C.B.R (California Bearing Ratio):

- **Principe de l'essai :** on compacte avec une dame standard dans un moule standard, l'échantillon de sol recueilli sur le site, selon un processus bien déterminé, à la teneur en eau optimum et imbibé pendant quatre (4) jours pour ICBR immergé.

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

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

VII.5.3.6.Essai Los Angeles :

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

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

VII.5.3.7.Essai Micro Deval :

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

VII.6. LES ESSAIS IN SITU :

VII.6.1.L'essai de plaque :

L'essai de chargement à la plaque est un essai géotechnique classique qui permet de réaliser sur la surface d'un sol ou d'une couche faisant partie de la structure routière une expérience relativement simple dont le résultat est lié aux propriétés mécaniques des matériaux examinés.
Les résultats de l'essai sont destinés au contrôle de la mise en œuvre des matériaux (contrôle de compactage) ; parfois les essais de chargement à la plaque sont effectués dans le cadre d'une étude de dimensionnement d'une chaussée neuve ou de renforcement d'une chaussée existante.

A défaut de mesure du module de la plaque, il est estimé par la formule donnée par les catalogues de dimensionnement des chaussées neuves $E= 5\times CBR$.

VII.6.2.L’essai préssiométrique :

L'essai préssiométrique est un essai de chargement in situ effectué au sein même du terrain grâce à la réalisation préalable d'un forage. L'analyse des résultats permet d'obtenir, pour une profondeur donnée, les caractéristiques mécaniques du sol et d'effectuer les calculs de fondation. Trois caractéristiques du sol sont notamment déduites :

- le module préssiométrique E_M qui définit le comportement pseudo-élastique du sol.
- la pression limite p_l qui caractérise la résistance de rupture du sol.
- la pression de fluage p_f qui définit la limite entre le comportement pseudo-élastique et l'état plastique.

NB :

Nous n’ avons pas fait aucun essai géotechnique et nous n’ avons pas reçus aucun donnée de la part de la direction des travaux publique (DTP) . alors nous avons pris. Pour des raisons de sécurités, un sol de faible portance .

VIII.1.INTRODUCTION:

L'estimation d'un projet routier ne se limite pas à son étude géométrique, en effet une fois la chaussée est réalisée, elle devra résister à toutes les agressions des agents extérieurs et à la surcharge d'exploitation (action des essieux des véhicules lourds, effets des intempéries,…. . Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes les charges pendant sa durée de vie.

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial, celle ci passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser, il est ensuite indispensable que la mise en œuvre de ces matériaux répond conformément aux exigences préconisées.

VIII.2.PRINCIPE DE LA CONSTITUTION DES CHAUSSEES :

La chaussée est essentiellement soumise à des charges roulantes sur le terrain de fondation. Pour que le roulage s'effectue rapidement, surement et sans usure exagérée du matériel, il faut que la surface de roulement ne se déforme pas sous l'effet :

- De la charge des véhicules.
- Des intempéries.
- Des efforts cisaillements.

VIII.3.LES DIFFERENTS TYPES DES CHAUSSEES :

Il existe trois types de chaussée :

- Chaussée souple.
- Chaussée semi - rigide.
- Chaussée rigide.

VIII.3.1.les chaussées souples :

Dans une chaussée souple, on distingue, en partant du haut vers le bas, les couches suivantes :

- La couche de surface ou couche de roulement ;
- La couche de base ;
- La couche de fondation ;
- La couche de forme.

a- Couche de surface :

C'est la dernière couche de la chaussée et qui est en contact direct avec les pneumatiques, elle a pour rôle :

- de résister aux efforts des charges dynamiques et de transmettre les charges verticales à la base.
- D'imperméabiliser la surface de la chaussée.

Elle comporte deux parties : une couche de roulement et une couche de liaison.

b- Couche de base:

. Elle a pour rôle de résister aux efforts verticaux et de répartir sur la couche de fondation les pressions qui en résultent. Elle est constituée d'un matériau traité (ou non traité) de bonnes caractéristiques mécaniques.

c- Couche de fondation:

La couche de fondation constitue avec la couche de base le corps de chaussée. Son rôle est identique à celui de la couche de base, mais elle est constituée d'un matériau non traité de moindre qualité et coût.

d- Couche de forme:

La couche de forme est constituée généralement des matériaux disponibles sur le chantier ou localement, elle sera constituée généralement des matériaux sableux ou graveleux Propres. Elle a pour rôle d'améliorer et d'uniformiser certains sols fins non traitée possédant des caractéristiques géotechniques médiocres.

- **les chaussées semi-rigides ;**
- **les chaussées rigides.**

- **<u>Les chaussées rigides</u> :**

Ce sont des chaussées constituées d'une dalle en béton. Cette dalle correspond à la fois à la couche de base et à la couche de surface d'une chaussée souple.
La couche de fondation peut être réalisée en grave traitée aux liants hydrauliques, ou en grave stabilisée mécaniquement.
Les chaussées rigides sont utilisées pour des constructions à grandes sollicitations de charges
(cas d'une piste d'aérodrome ou station de service).

- **Les chaussées semi-rigides :**

Représente une faible déformabilité. Ces chaussées comportent une couche de base et quelques fois une couche de fondation traitée aux liants hydrauliques (ciment, laitier ….)

VIII.4.METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

Il existe différentes méthodes pour le dimensionnement du corps de chaussée, parmi les plus connues et les plus utilisés en Algérie on site :

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

Toutes les méthodes existantes pour le dimensionnement du corps de chaussées s'appuient sur trois (03) paramètres :

- Le trafic.
- La force portante du sol.
- Les caractéristiques mécaniques des matériaux constituant les différentes couches.

Le trafic pris en compte est celui du poids lourd, c'est-à-dire des véhicules dont le poids total est supérieur à 3,5 tonnes.

Les méthodes utilisées dans notre projet sont :

- Méthode C.B.R «California – Bearing – Ratio» améliorée: (méthode empirique).
- Méthode du catalogue des structures (méthode rationnelle).

VIII.4.1.Methode de C.B.R (California – Bearing – Ratio):

C'est une méthode (Semi-Empirique) qui est basée sur un essai de poinçonnement sur un échantillon de sol support en compactant des éprouvettes à (90-100) % de l'optimum Proctor.
Le ICBR retenu est la plus basse obtenue après immersion de cet échantillon .

Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale répartie suivant la théorie de BOUSSINESQ, soit inférieure à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice CBR.

L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

$$\mathbf{e = \frac{100+150\sqrt{P}}{I_{CBR}+5}}$$

- $\mathbf{I_{CBR}}$: indice CBR.

En tenant compte de l'influence du trafic, la formule suivant :

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

- **N :** désigne le nombre moyen de camion de plus 1500 kg à vide.
- **P :** charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).
- **Log :** logarithme décimal.
- **e :** épaisseur équivalente.

➢ Notion de l'épaisseur équivalente:

La notion de l'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques des différentes couches, et l'épaisseur équivalente d'une couche est égale à son épaisseur réelle multipliée par un coefficient **« a »** appelé coefficient d'équivalence. L'épaisseur équivalente de la chaussée est égale à la somme des équivalents des couches :

$$\mathbf{E_{eq}} = \sum \mathbf{e_i}\,(\boldsymbol{réel}) \times \mathbf{a_i}$$

- $\mathbf{e_1}$ **:** épaisseur réelle de la couche de roulement.
- $\mathbf{e_2}$ **:** épaisseur réelle de la couche de base.
- $\mathbf{e_3}$ **:** épaisseur réelle de la couche de fondation.

$\mathbf{a_1, a_1, a_1}$**:** sont Les coefficients d'équivalence respectivement des matériaux des couches $\mathbf{e_1, e_2, e_3}$**.**

Les valeurs usuelles du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé sont données dans le tableau (01) suivant :

Matériaux utilises	Coefficient d'équivalence 'a'
Béton bitumineux ou enrobe dense (BB)	2.00
Grave ciment – grave laitier (GB-GL)	1.50
Sable ciment (SC)	1.00 à 1.20
Grave concasse ou gravier (GC)	1.00
Tuf	0.7 à 0.8
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume (GB)	1.60 à 1.70

Tableau VIII.1 : Les coefficients d'équivalence(B40).

Détermination de la classe du sol :

Le sol doit être classé selon la valeur du CBR du sol support. Les différentes catégories de sol sont données par le tableau(04) suivant :

Classe du sol	Indice C.B.R
S0	>40
S1	25 à 40
S2	10 à 25
S3	5 à 10
S4	**< 5**

Tableau VIII.2 : Classe de sols.

VIII.5.APPLICATION AU PROJET :

VIII.5.1Caractéristiques du sol support

D'après le rapport géotechnique, nous avons un indice de CBR= 4 (notre sol est de faible portance), donc la portance de sol support est de S4. On doit prévoir une couche de forme en matériau non traité pour améliorer la portance de sol support.

VIII.5.2.Amélioration de la portance du sol support

La portance du sol support, doit être d'au moins **50 MPa,** pour compacter efficacement les enrobés bitumineux ; la classe de portance visée est **S4** (CBR = 4).

Pour notre projet, nous optons pour l'application de méthodes **(CBR)**.

- **Méthode C.B.R :**

- **Calcul de l'épaisseur équivalente :**

$$E_{eq} = \frac{100 + \sqrt{P} \times [\,75 + 50 \times \log(\frac{N}{10})\,]}{I_{CBR} + 5}$$

- **P** : Charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 (t)).
- **Log :** Logarithme décimal.
- E_{eq} **:**Epaiseur equivalente.

On a :

Z = % PL = 35% ; I_{CBR} **=4 ;** **P = 6 (t).**

$TJMA_{2007}$= 5 970 (v /j) $\Rightarrow TJMA_{2007/sens}$= (5 970/ 2) = 2 985 (v /j/sens).
$N_{pl\ 2007}$ = % PL × $TJMA_{2007}$ $\Rightarrow N = 0.35 \times 2\,985 \Rightarrow$ **$N_{pl\ 2007}$ = 1 045 (pl/j).**

Poids lourd à l'année (2038) pour une durée de vie de 20 ans.

N_{pl2038}= 1 045. $(1 + 0{,}04)^{20}$= 2 290 (v /j/sens).

Donc :

Eeq= $\frac{100 + (\sqrt{6}) \times \left[75 + 50.\log\left(\frac{2\,290}{10}\right)\right]}{(4+5)}$ = 63.63 (cm) $\Rightarrow$ **Eeq = 64(cm).**

Avec :

$$\mathbf{Eeq = a_1.e_1 + a_2.e_2 + a_3.e_3}$$

- **e1 :** épaisseur réelle de la couche de roulement.
- **e2 :** épaisseur réelle de la couche de base.
- **e3 :** épaisseur réelle de la couche de fondation.
-

Remarque :

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée, on fixe $\mathbf{e_1}$ et $\mathbf{e_2}$ et on calcul $\mathbf{e_3}$, généralement les épaisseurs adoptées sont :

BB : 5-8cm **GB : 10-20cm** **GC : 15-30cm**

- **Calcule l'épaisseur e3 :**

e_1 = 6 cm en béton bitumineux (BB) $\Rightarrow$ $a_1 = 2.0$.
e_2 = 15 cm en grave bitume (GB) $\Rightarrow$ $a_2 = 1.5$.
$\Rightarrow$ $a_3 = 1.0$.

Eeq = 6 × 2 + 15 ×1,5 + 1,0 × $\mathbf{e_3}$= 64 (cm).

$34.5 + e_3 = 64$ $\Rightarrow$ $e_3 = 29.5$ donc on prend **e_3 = 30 cm**

Les résultats des épaisseurs obtenus par cette méthode sont récapitulés dans le tableau suivant

Couches	Epaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence	Epaisseur Equivalente (cm)
BB	**06**	**02**	**12**
GB	**15**	**1.5**	**22.5**
GC	**30**	**01**	**30**
TOTAL	**51**		**64.5**

Tableau VIII.3 : Résultats des épaisseurs obtenus.

Conclusion

Notre structure comporte : **6 BB + 15 GB +30 GC** avec une couche de forme de **60 cm** en **TUF** (en deux couche).

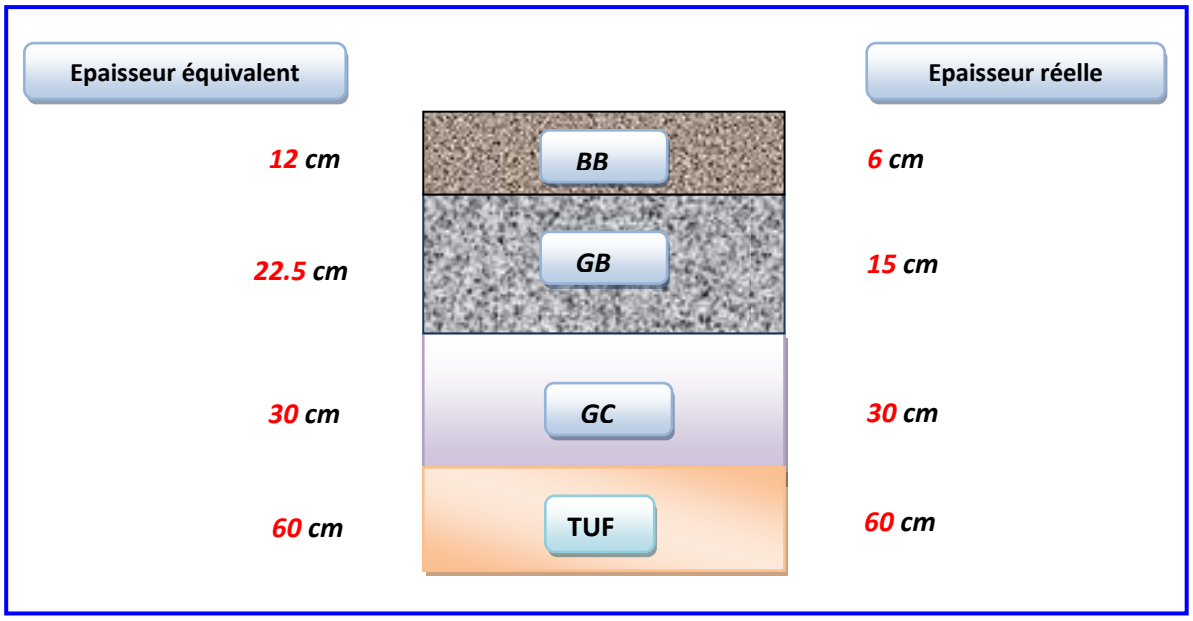


Figure VIII.1 : Schéma de différentes couches obtenues.

Remarque Sur classement des sols supports de chaussée :

Le cas de sols de faible portance (S_3 en RP1) est rencontré, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussée dans des conditions acceptable

Classe de portance de sol terrassé (S_i)	Matériaux de couche de forme	Epaisseur de matériaux de couche de forme	Classe de portance de sol support visée (S_i)
< S_4	Matériaux non traités	50 cm (en 2 couches)	S_3
S_4	"	35 cm	S_3
S_4	"	60 cm (en 2 couches)	S_2
S_3	"	40 cm (en 2 couches)	S_2
S_3	"	70 cm (en 2 couches)	S_1

Tableau VIII.4: Sur classement avec couche de forme en matériaux non traité (B30)

VIII.5.3 : Méthode des catalogues des structures

VIII.5.3.1 : Classement de la route dans les réseaux principaux

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

Réseau principal	Trafic (véhicule / jour / sens)
RP1	**> 1500**
RP2	< 1500

Tableau VIII.5 : Réseaux principaux.

$$\mathbf{TJMAh = TJMA0\ (1+\tau)^n}$$

TJMA2018= 5970 . $(1 + 0{,}02)^{11}$=7423 (v /j).

Donc **: TJMA2018= 7423 (v /j).**

- **TJMAh :** le trafic à l'année horizon (année de mise en service 2018).
- **TJMAo :** le trafic à l'année de référence (origine 2007)

Notre projet est de TJMA2018= 7423 v/j/sens (à l'année de mise en service) > 150

VIII.5.3.2 : Détermination de la classe du trafic (TPLi)

N_0= 7423 v/j/sens.

$N_{pl} = PL\% \times TJMA_{/sens}$

N_{pl}= 7423 x 0.35 = 2598.05 pl/j/sens.

D'où :

TPLi = 2598.05 pl/j/sens

NB : En l'absence d'informations précises sur la répartition des poids lourds sur les différentes voies de circulation, on adoptera la valeur donnée dans le fascicule 1(règlement B30), page 10 pour les chaussées unidirectionnelles à 2 voies : 90 % du trafic PL sur la voie lente de droite.

Donc : TPLi = 2598.05 x 0.90 = 2338.245 pl/j/sens

- Classe TPLi pour RP1 :

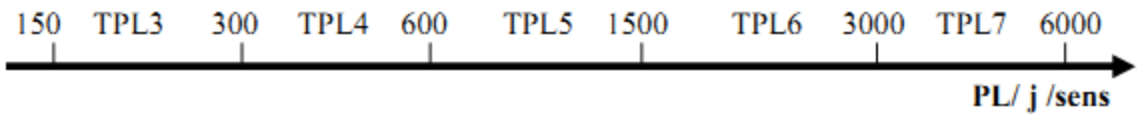


Figure VIII.2 : Classe TPLi pour RP1*(* fascicule 1, page 10).

D'après les résultats qu'on a trouvés, notre trafic est classé en TPL6 (entre 1500 et 3000 PL).

VIII.5.3.3 : Classe de portance du sol support

Elle est déterminée sur la base du module : $E = 5 \times CBR$

Avec :

I CBR =4, **E** = 5x4 = **20 MPA**

VIII.5.3.4 : Durée de vie

La durée de vie fixée par niveau de réseau principal RP1 et par matériaux types est synthétisée dans le fascicule 2, page 13, tableau4 (durée de vie adoptées).

- Alors la durée de vie est égale à **20 ans**.

VIII.5.3.5 : Risque de calcul

Le risque de calcul (r %) adopté dans le dimensionnement de la structure est en fonction du trafic et du niveau de réseau principal, il est donné dans le fascicule 2, page 14, tableau 5 (risques adoptes pour le réseau RP1).

- Alors soit : **r = 5% (TPL6).**

VIII.5.3.6 : Données climatiques

La région d'étude est située a tizi ouzou, caractérisée par un climat très humide, d'une pluviométrie supérieure à 600 mm/an.

- Alors d'après le fascicule 2, page 15, tableau 7(zones climatiques de pluviométrie), notre projet est situé dans la **zone climatique I.**

Avec les données citées plus haut, et une classe de sol S2 (TPL6) , le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves préconise une structure de :

8 BB+12 GB+13GB avec une couche de forme de **60 cm** (en 02 couches), voir (fascicule 3, page 11). Tabeau5

VIII.5.3.7 : Température équivalente

La valeur de température équivalente **« θ eq »** retenue pour le calcul de dimensionnement est en fonction de la zone climatique, elle est donnée dans le fascicule 2, page 15, tableau 8.

- Alors: **θeq = 20 °C.**

VIII.5.3.8 : Valeur du coefficient d'agressivité

A : coefficient d'agressivité du poids lourd par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes.

Il est défini dans le fascicule 2, page 17, tableau 11(valeurs du coefficient d'agressivité). Elle est en fonction du niveau de réseau principal.

Alors, pour RP1 on a : **A = 0.6**

VIII.5.3.9 : Conditions aux interfaces

Les conditions aux interfaces interviennent dans la modélisation de la structure pour le calcul des contraintes et déformation, elles sont en fonction du type de structure.

Et d'après le fascicule 2, page 11, tableau 3, toutes les interfaces sont **collées**.

VIII.5.3.10 : Mode de fonctionnement pour le type de structure

εt : étant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.

εz : (sol) étant la déformation verticale sur le sol support.

Le mode de fonctionnement est illustré dans ce schéma suivant :

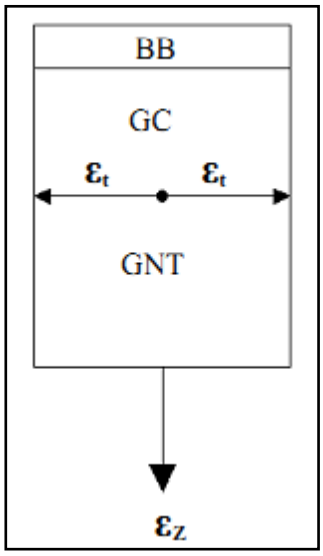


Figure VIII.3 : Schéma illustratif du mode de fonctionnement.

VIII.5.3.11 : Calcul du trafic cumulé de PL (TCi)

Le TCi est le trafic cumulé de PL sur la période considérée pour le dimensionnement (Durée de vie). Il est donné par la formule suivante :

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

Où:

- τ: Taux d'accroissement géométrique, (pris égal à 0.02 dans le calcul de dimensionnement).
- N : Durée de vie considérée, (n = 20 ans).

Application numérique :

$$TCi = = 2338.245 \times 365 \times \frac{(1+0.02)^{20} - 1}{0.02}$$

Alors : **TCi = 2.07 x 10^7 PL**

VIII.3.5.12 : Calcul du trafic cumulé équivalent (TCEi)

$$TCEi = TPLi \times 365 \times A \times \frac{(1+\tau)^n - 1}{\tau}$$

Application numérique :

$$TCEi = 2338.245 \times 365 \times 0.6 \times \frac{(1+0.02)^{20} - 1}{0.02}$$

Alors : **TCEi = 1.24 x 10^7 PL**

VIII.3.5.13 : Calcul des déformations admissibles sur le sol support ($\varepsilon_{z,ad}$)

La déformation verticale $\boldsymbol{\varepsilon_z}$ est calculée par le modèle **Alizé III**, devra être limitée à une valeur admissible $\boldsymbol{\varepsilon_{z,ad}}$ qui est donnée par une relation empirique déduite à partir d'une étude statistique de comportement des chaussées algériennes. Cette formule est la suivante:

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

Application numérique :

$\varepsilon_{z,ad} = 22 \times 10^{-3} (1.24 \times 10^{7})^{-0.235} = 473.48 \times 10^{-6}$

Alors : $\boldsymbol{\varepsilon_{z,ad} = 473.48 \times 10^{-6}}$

Remarque

- Pour chaque valeur de (**TPLi**), il correspond une valeur de $\boldsymbol{\varepsilon_{z,ad}}$.

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

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

VIII.3.5.14 : Calcul des déformations admissibles à la base des couches bitumineuses ($\varepsilon_{t,ad}$)

$\boldsymbol{\varepsilon_{t,ad}}$ est donnée par la relation suivante :

$$\boldsymbol{\varepsilon_{t,ad} = \varepsilon_6 (10°C, 25\ Hz) . kne. k\theta. kr. Kc}$$

Où :

- **ε6 (10°C, 25 Hz) :** déformation limite au bout de 10^6 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25 Hz (essai de fatigue).
- **kne :** facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.
- **kθ :** facteur lié à la température.
- **kr :** facteur lié au risque et aux dispersions.
- **kc :** facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec comportement observé sur chaussées.

Tel que :

$$kne = \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b \qquad k\theta = \sqrt{\frac{E(10\ °C, 10Hz)}{E(\theta eq, 10Hz)}} \qquad kr = 10^{-tb\delta}$$

D'où :

$$\varepsilon t,ad = \varepsilon 6\ (10°C, 25\ Hz) \cdot \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b \cdot \sqrt{\frac{E(10\ °C, 10Hz)}{E(\theta eq, 10Hz)}} \cdot 10^{-tb\delta}\ \ Kc$$

Avec :

- **TCEi :** trafic en nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur durée de vie considérée.
- **b :** pente de droite de fatigue (b < 0).
- **E (10°C) :** module complexe du matériau bitumineux à 10°C.
- **E (θeq) :** module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est en fonction de la zone climatique considérée.
- **δ** : f (dispersion) est donnée par la relation suivante:

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} \times Sh\right)^2}$$

Avec :

- SN : dispersion sur la loi de fatigue.
- Sh : dispersion sur les épaisseurs (en cm).
- c : coefficient égal à 0.02.
- t : fractale de la loi normale, qui est fonction du risque adopté (r%).

➢ **D'après le fascicule 2, page 18, tableau 13(performances mécaniques des matériaux bitumineux) on tire les valeurs suivantes :**

Matériaux	E(30°c 10Hz)Mpa	E(25%, 10Hz Mpa	E(20°C, 10Hz Mpa	E(10°C 10Hz) Mpa	ε_6(10°C, 10Hz) 10^6	$-\frac{1}{b}$	S_N	S_h (cm)	v	K_C calage
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3

Tableau VIII.6: Performance mécanique des matériaux bitumineux

	Zone climatique		
Température équivalentes	I et II	III	IV
	20	25	30

Tableau VIII.7: Choix des températures équivalentes

r %	2	3	5	7	10	12	15
T	-2.054	-1.881	-1.645	-1.520	-1.282	-1.175	1.036
r %	20	23	25	30	35	40	50
T	-0.842	-0.739	-0.674	-0.524	-0.385	-0.253	0

Tableau VIII.8 : Valeur de t=f(r%)

Application numérique :

$$kne = \left(\frac{\mathbf{1.24 \times 10^7}}{10^6}\right)^{-0.146} = 0.692 \quad \Rightarrow \quad kne = 0.692$$

$$k\theta = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1.33 \quad \Rightarrow \quad k\theta = 1.33$$

D'après le fascicule 2, page20, tableau 16 on a :

t = -2.054 (pour r = 2 %).

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{C}{b} \times Sh\right)^2}$$

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

- $kr = 10^{-tb\delta}$
- $kr = 10^{-2.045\ x\ 0.146\ x\ 0.609} = 0.657$ => kr = 0.65

D'ou :

$\varepsilon t,ad = 100.10^{-6} \times 0.609 \times 1.33 \times 0.65 \times 1.3 = 68.45 \cdot 10^{-6}$

VIII.6.METHODE D'ALIZE III:

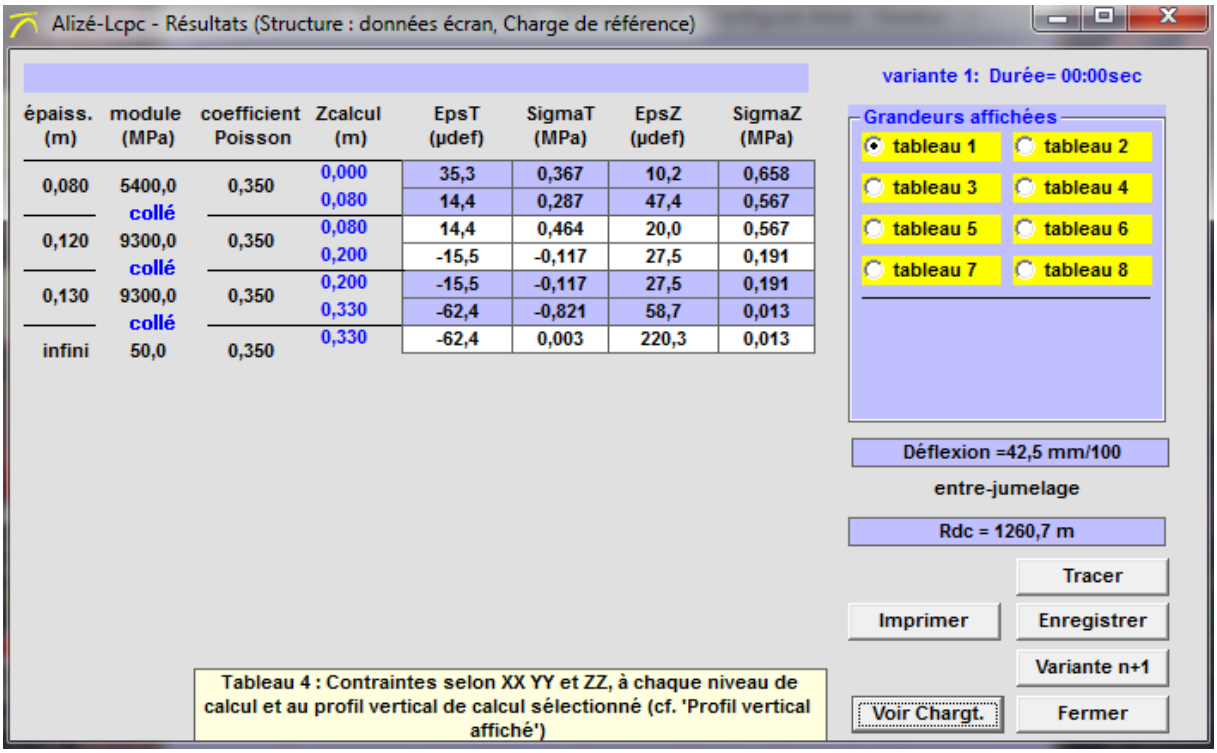
- **principe du programme ALIZE III :**

ALIZE III est un programme mis au point au laboratoire central des ponts et chaussée- paris. Il permet de déterminer à partir d'un modèle multicouche, élastique et linéaire, les contraintes et les déformations aux différentes interfaces de la structure. La charge prise en compte dans la modélisation est une charge unitaire correspondant à un demi-essieu de 13 tonnes présenté par une empreinte circulaire de rayon (r) avec une symétrie de révolution.
Son principe consiste à modéliser une structure de manière de calculer les contraintes, ainsi que les déformations provoquées par une charge type.

Le (input) du programme ALIZE III est pour chaque couche :

-l'épaisseur
-le module de rigidité (E)
-le coefficient de poisson (v).

-Résultats de calcul de (ε_t ,ε_z) par ALIZE III :



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,080	5400,0	0,350	0,000	35,3	0,367	10,2	0,658
	collé		0,080	14,4	0,287	47,4	0,567
0,120	9300,0	0,350	0,080	14,4	0,464	20,0	0,567
	collé		0,200	-15,5	-0,117	27,5	0,191
0,130	9300,0	0,350	0,200	-15,5	-0,117	27,5	0,191
	collé		0,330	-62,4	-0,821	58,7	0,013
infini	50,0	0,350	0,330	-62,4	0,003	220,3	0,013

Figure VIII.4 : Résultats donnée par le logiciel ALIZE III.

	Déformation calculé (ALIZE)	Déformation admissibles
ε_z (sol support)	220.3×10^{-6}	473.48×10^{-6}
ε_t (à la base de la grave –bitume)	15.5×10^{-6}	68.45×10^{-6}

Tableau VII.9 : Résultats de la simulation.

Puisque : $\varepsilon_z < \varepsilon_{z,adm}$ et $\varepsilon_t < \varepsilon_{t,adm}$

Donc la structure est vérifié.

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

	CBR	CATALOGUE DES STRUCTURES
BB	6	8
GB	15	12
GNT	30	13
∑	51	33

Tableau VIII.10 : Résultats des deux méthodes

VIII.7 CONCLUSION :

D'après les résultats obtenues on remarque que la méthode dite du CBR qui s donne un Corps de chaussée un peu plus large que la méthode dite du catalogue des structures.

Nous proposons d'appliquer la méthode du catalogue puisqu'elle fait appel aux spécifies géologiques et climatique du pays et tient compte des ressources local des matériaux disponible.

IX.1. INTRODUCTION :

Dans ce chapitre, nous traitons le phénomène d'interaction entre l'eau et la route. Nous essayons d'analyser les sources de provenance de l'eau vers la route, les effets négatifs de cette eau sur le comportement de la route et les moyens que l'ingénieur doit prévoir pour préserver à la route un niveau minimal de fonctionnement.

Les eaux de ruissellement proviennent, soit des bassins versants extérieurs à la route, soit de l'enceinte routière proprement dite (voie de circulation, accotements, talus, ...).

La route peut constituer un obstacle préjudiciable à l'écoulement naturel et réciproquement, celui-ci peut générer des dommages à la route.

Les ouvrages hydrauliques de rétablissement des écoulements naturels devront donc être correctement dimensionnés pour limiter les risques :

- d'inondation et de submersion ou de dégradation de la route dans des seuils admissibles.
- d'inondation en amont de la voie.
- de rupture de l'ouvrage routier.
- la rupture de l'équilibre de l'entité « route véhicule conducteur»
- des projections d'eau et de boue gênant les usagers et les riverains de la route.
- pénètre de l'eau dans le corps de chaussée suivant plusieurs chemins :

- par percolation à travers la couche de roulement suite à la fissuration et au faïençage de cette dernière
- par infiltration sur les côtés.
- par remontées capillaires en provenance de la nappe phréatique.

IX.2.OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

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

- La sauvegarde de l'ouvrage routier (car l'eau accélère la dégradation de la surface, augmente la teneur en eau du sol support, entraînant par la suite des variations de portance et diminue la qualité mécanique de la chaussée).

IX.3.DEFINITION DES TERMES HYDRAULIQUE :

- **Bassin versant :**

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

- **Collecteur principal (canalisation):**

Conduite principale récoltant les eaux d'autres conduites, dites collecteurs Secondaires, recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.
Les collecteurs sont constitués par des tuyaux enterrés alignés, entre les regards avec un diamètre et une pente constants.

- **Chambre de visite (cheminée):**

Ouvrages placés sur les canalisations pour permettre le contrôle et le nettoyage.
Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent.
Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres Consécutives ne devrait pas dépasser **80** à **100m**.

- **Sacs:**

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

- **Gueule de loup, grille d'introduction et gueulard:**

Dispositifs constructifs permettant l'écoulement de l'eau superficielle dans les sacs.

- **Fossés de crêtes :**

Un fossé de crête est un fossé creusé parallèlement à la route pour faciliter l'écoulement des eaux**.**
Outil construit afin de prévenir l'érosion du terrain ou cours des puits.

- **Descente d'eau :**

Elle Draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes**.**

- **Le regard:**

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

- **la période de retour :**

la période de retour, T en années, d'un événement n'est autre que l'inverse de la probabilité de son occurrence au cours d'une année. Cette probabilité est donc égale à l /T. le choix de la période de dépend de l'importance de l'écoulement intercepté par l'ouvrage, du type d'ouvrage projeté et du niveau d'aménagement adopté pour la route étudiée.

Remarque *:*

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

IX.4.ASSAINISSEMENT DE LA CHAUSSEE :

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

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

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

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

- **Fossé de pied du talus de déblai :**

Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plate-forme et les talus vers les exutoires**.**
Ils sont en terre et de section trapézoïdale, ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les 3 %(combiné à la nature des sols en places).

- **Fossé de crête de déblai :**

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

- **Fossé de pied de talus de remblai :**

Les fossés sont en terre ou en béton (en fonction de leur vitesse d'écoulement), ils sont prévus pour collecter les eaux de ruissellement de la chaussée, en remblai, par l'intermédiaire des descentes d'eau.

- **Descentes d'eau :**

Lorsque la hauteur des remblais dans les sections d autoroute dépasse les 2,50 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau. Elles sont espacées généralement tous les 50 m lorsque la pente en profil en long est supérieure à 1%. Lorsque la pente est inférieure à 1 %, leur espacement est varie entre 30 m et 40 m

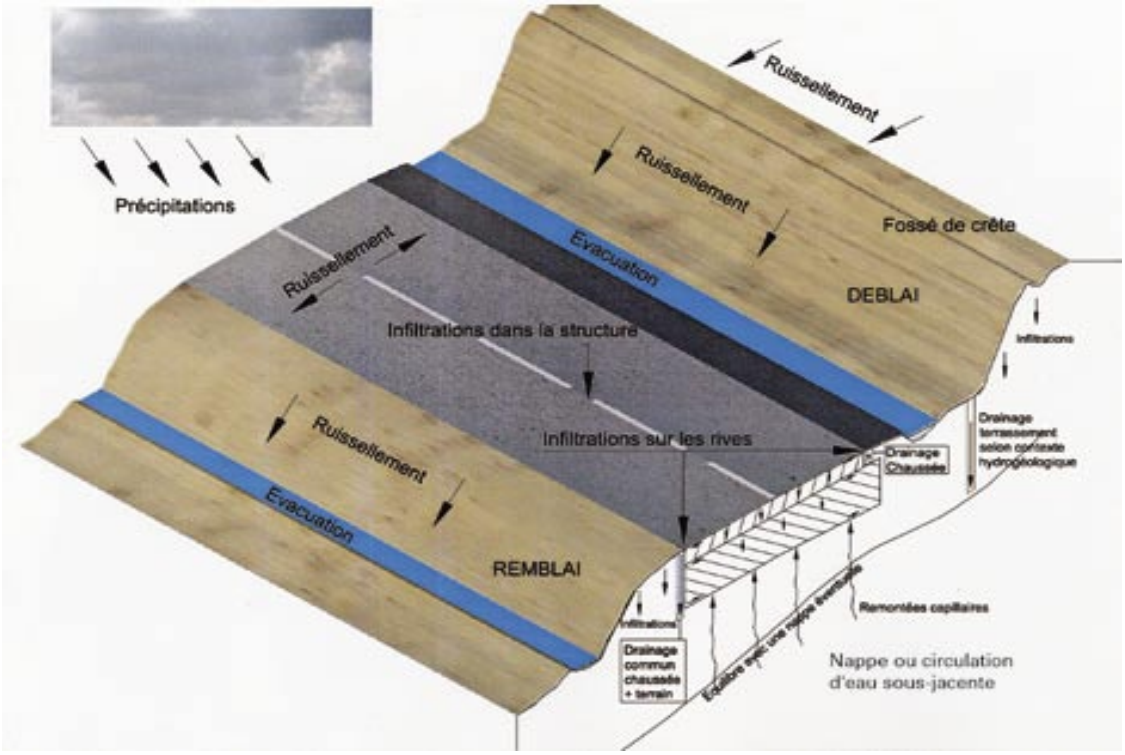


Figure IX.1 SCHEMA RECAPITULATIF

- **Détermination des bassins versants**

On ouvrant une carte d'état major avec l'AUTOCAD 2009 à l'échelle 1/25000, et on intercalant le tracée en plan obtenue par le logiciel piste 5 sur cette carte, on dessine les lignes de partage des eaux, qui délimitent les bassins versants, le logiciel nous permet de calculer certain paramètre nécessaire au calcul de du débit, telle que :

- Aires des bassins versants
- Leur périmètre
- La longueur des talwegs

La dénivelée du bassin versant et la déférence d'altitude entre le point le plus haut (H_{max}) et celle du plus bas (H_{min})

$\Delta H = Hmax - Hmin$

La pente et rapport entre la dénivelée et la longueur du talweg

$$P=\frac{Hmax - Hmin}{L}$$

N° BV	Surface du BV (km^2)	Périmètre (km)	Longueur (km)	Hmax (m)	Hmin (m)	Dénivellement (m)	Pente (%)
BV N°1	0.2725	1.234	0.259	199	149	50	19
BV N°2	0.1565	2.427	0.171	198	179	19	11
BV N°3	0.1582	2.234	0.162	198	178	20	12
BV N°4	0.3246	1.127	0.247	158	98	60	24

Tableau IX.1 : Caractéristique des bassins versants.

IX.5.DIMENSIONNEMENT DE RESEAU D'ASSAINISSEMENT :

« parla méthode rationnelle »

Elle intègre l'information pluviométrique, mais suppose des hypothèses simplificatrices qui réduisent sa représentativité du phénomène du ruissellement de surface. Elle est, néanmoins la plus couramment utilisée pour le dimensionnement des ouvrages de drainage routier.

$$Qa = Qs$$

La condition de calcul :

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

IX.5.1.Calculs des débits :

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

Qa =K.C.I.A

Avec :

- **K** : coefficient de conversion des unités (les mm/h en l/s) **K = 0.2778**.
- **C** : coefficient de ruissellement.
- **I** : l'intensité de l'averse exprimée mm /h
- **A** : superficie du bassin versant.

IX.5.2.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 trois paramètres suivants :

- la couverture végétale.
- la forme.
- la pente et la nature du terrai.

Type de chaussée	Coefficient 'C'	Valeurs prises
Chaussée revêtue en enrobé	0.8 – 0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 – 0.4	0.35
Talus, sol perméable	0.1 – 0.3	0.25
Terrain naturel	0.05 – 0.2	0.2

Tableau IX.2: Coefficient de ruissellement

IX.5.3.Intensité de la pluie :

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

a) Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle

$$Pj = \frac{Pjmoy}{\sqrt{c_v{}^2 + 1}}.\exp(u.\sqrt{\ln(c_v{}^2 + 1)}$$

- $\mathbf{P_{jmoy}}$: pluie journalière moyenne (mm).
- $\mathbf{C_v}$: Coefficient de variation.
- **ln** : Log Népérien.
- **U** : Variable de Gauss. (Fonction de la période de retour) dont les valeurs

sont données par le tableau suivant

Fréquence au dépassement (%)	50	20	10	5	2	1
Période de retour (années)	2	5	10	20	50	100
Variable de GAUSS (U)	0	0.841	1.282	1.645	2.057	2.327

Tableau IX.03 : Variable de Gauss. (Fonction de la période de retour)(B40)

- Remarque

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

b) Calcul de fréquence d'averse :

Pour une durée de (t=15mn=0.25h), La fréquence d'averse est donnée par la formule suivante :

$$\mathbf{P_t(\%) = Pj(\%) . (\frac{tc}{24})^b}$$

Avec : **t=0.25 h**, **b=0.37**

- $\mathbf{P_j}$: Hauteur de la pluie journalière maximale (mm).
- **b** : Exposant climatique.
- $\mathbf{P_t}$: pluie journalière maximale annuelle.
- $\mathbf{t_c}$: Temps de concentration (heure).

c) Temps de concentration :

La durée 't' de l'averse qui produit le débit maximum Q étant prise égale au temps de concentration. Dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, Passini, Giandothi, comme suit :

- **La formule de VENTURA :**

1 – Lorsque A < 5 km² :

$$\mathbf{tc = 0{,}127 . \sqrt{\frac{A}{P}}}$$

- **- La formule de PASSINI** :

2 - Lorsque 5km² ≤ A < 25 km² **:**

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

- **La formule de GIADOTTI** :

3 - Lorsque 25 km² ≤ A < 200 km² **:**

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

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

d) L'intensité de l'averse :

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

$$I_t = I.\left(\frac{t_c}{24}\right)^B$$

Avec :
I : l'intensité de l'averse pour une durée de 1h.

e) Calcul de débit de saturation (Qs) :

Le calcul du débit est déterminé par la formule de MANNING STRICKLER

$$Qs = V\,S \qquad V = Kst\, I^{1/2}\, R_H^{2/3}$$

Kst : coefficient de rugosité

Kst : 30 en terre

Kst : 40 en buses métalliques.

Kst : 50 en maçonneries.

Kst : 70 en bétons (dalots).

Kst : 80 en bétons (buses préfabriquées).

I : pente longitudinale de l'ouvrage.

$\mathbf{R_H}$: Rayon hydraulique = (surface mouillée/ périmètre mouillée).

S : surface mouillée (m²).

IX.6.APPLICATION AU PROJET :

IX.6.1-Données pluviométrique :

D'après l'étude effectuée, les données pluviométriques de la région de Draa el Mizan sont :
-La pluie journalière moyenne : **PJ =60.35 mm**
-Le coefficient de variation : **CV= 0.38**
-L'exposant climatique : **b=0.37**

IX.6.2-Calcul pluviométrique :

Pendant 10 ans :

U= 1.282 C_v= 0.38 PJ =60.35 mm

$$Pj(10\%)= \frac{60.35}{\sqrt{0.38^2+1}}.e^{1.282\sqrt{\ln(0.38^2+1)}}$$

PJ(10%)=90.27 mm

Pendant 50 ans :

U= 2.057 C_v= 0.38 PJ =60.35 mm

$$Pj(2\%)= \frac{60.35}{\sqrt{0.38^2+1}}.e^{2.057\sqrt{\ln(0.38^2+1)}}$$

PJ(2%)= 120.08 mm

Pendant 100 ans :

U= 2.327 C_v= 0.38 PJ =60.35 mm

$$Pj(1\%)= \frac{60.35}{\sqrt{0.38^2+1}}.e^{2.327\sqrt{\ln(0.38^2+1)}}$$

PJ(1%)= 132.60 mm

- **Calcul de l'intensité de l'averse :**

B= b-1= 0.37 -1= -0.63

On a **I=** $\frac{Pj}{24}$

- Pour **Pj(10%)** = **90.27 mm**

  $I = \frac{90.27}{24}$ = **3.76 mm/h**

- Pour **Pj(2%)** = 120.08 mm

  $I = \frac{120.08}{24}$ = **5.00 mm/h**

- Pour **Pj (1%)**= 132.6 mm

  $I = \frac{132.6}{24}$ = **5.52 mm/h**

IX.6.3-Dimensionnement des ouvrages hydrauliques :

IX.6.3.1-Calcul des débits d'apports des BV :

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

Qa = K.I.C.A

Telle que :

- **K** : coefficient de conversion des unités(les mm/h en l/s), **K = 0.2778.**
- **C** : coefficient de ruissellement.
- **I** : l'intensité de l'averse exprimée (mm /h).

	A (km^2)	C	P(m/m)	T_c(h)	It(mm/h)	K	Q(m^3/s)
Bassin V	0.2725	0.2	0.19	0.16	88.33	0.2778	1.35
Chaussée	0.007	0.95	0.025	0.067	152.86	0.2778	0.282
Talus	0.001	0.3	0.66	0.011	477.14	0.2778	0.039
total	_	_	_	_	_	_	1.671

Tableau IX.4 : Débit d'apport provenant du bassin versant N°1 en (m^3/s).

IX.6.3.2 : Calcul des dimensions des fossés

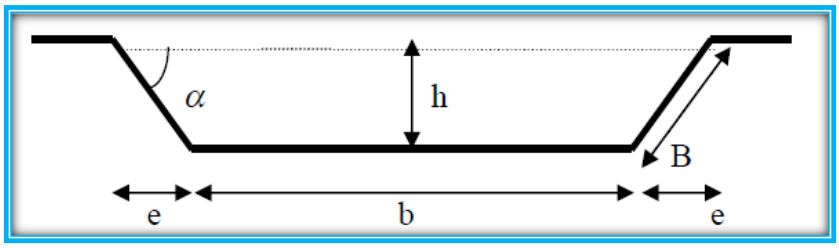


Figure IX.2 : Représentation d'un fossé.

Pour le dimensionnement on a pris le bassin versant N°1 avec un Q_a

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et du débit d'écoulement au point de saturation.

On a : $\mathbf{Q_S = K_{ST}\ x\ R_h^{2/3}\ x\ J^{1/2}\ x\ S_m}$

$$\Rightarrow \mathbf{Qa = Qs = Kst\ x\ [\frac{h(nh+b)}{b+2h\sqrt{1+n^2}}]^{\frac{2}{3}}\ x\ j^{1/2}\ x\ h(nh+b)}$$

Avec :

- $\mathbf{S_m}$: surface mouillée : **Sm = h x (b + n.h)**
- $\mathbf{P_m}$: périmètre mouillé : $\mathbf{Pm = b + 2\ h\sqrt{1+n^2}}$
- $\mathbf{R_h}$: rayon hydraulique **: R_h = Sm /Pm**
- **P** : pente du talus : **P = tgα = h/e = 1/n**

➢ **Calcul du périmètre mouille :**

P_m = b+2B

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

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

- **Calcul du rayon hydraulique :**

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

On aura alors : $$\mathbf{R_h}=\frac{h.(b+n.h)}{b+2h\sqrt{1+n^2}}$$

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

L'égalité entre le débit d'apport et le débit de saturation s'écrira alors :

- **Calcul du débit d'apport :**

Le bassin versant est constitué de trois éléments qui sont : la chaussée, l'accotement et le talus. Le débit rapporté par la chaussée, l'accotement et le talus est pris pour un cas défavorable.

On considère la présence de ces trois éléments pour une section de 100m. Le talus est pris pour une largeur défavorable de 10m on a :

$\mathbf{Q_a = Q_c + Q_A + Q_t}$

Avec :

- $\mathbf{Q_A = K.I.C_A.A_A}$: débit apporté par l'accotement.
- $\mathbf{Q_t = K.I\ .C_t.\ A_t}$: débit apporté par le talus.
- $\mathbf{Q_c = K.I.\ C_c.\ A_c}$: débit apporté par la chaussée.
- C_c : coefficient de ruissellement de la chaussée
- C_A : coefficient de ruissellement de l'accotement
- C_t : coefficient de ruissellement du talus
- A_c : Surface de la chaussée
- A_A : surface de l'accotement
- A_t surface du talus

- **Calcul des surfaces :**

  Surface de la chaussée :

  (2×2 voies=2×3.5=7m)

$\mathbf{A_c}$= 7×100.10^{-4}=0.07 ha

Surface de l'accotement

$\mathbf{A_A}$=1.5×100.10^{-4}=0.015 ha

Surface du talus (10 m):

$\mathbf{A_t}$=10×100.10^{-4}=0.1 ha

A=$\mathbf{A_c}$+$\mathbf{A_A}$+$\mathbf{A_t}$= 0.07+0.015+0.1=**0.185 ha**

- **Calcul de l'intensité de l'averse :**

$\mathbf{I_t}$= I. $(\frac{t_c}{24})^{\mathbf{B}}$

I=3.76 mm/h pour 10 ans

B=b-1=0.37-1=-0.63

Temps de concentration $\mathbf{t_c}$

- Bassin V : t_c= 0.127 x $\sqrt{\frac{A}{P}}$ = $\sqrt{\frac{0.274}{0.18}}$ = **0.16**. (surface < 5km²)

- Chaussée : **0.067.**
- Talus : **0.011.**

T_c la durée de chute de pluie varient de 10 à 60 minute, on prend **$\mathbf{t_c}$=0.16h**

I_t= I. $(\frac{t_c}{24})^{B}$=3.76×$(\frac{0.16}{24})^{-0.63}$=88.33mm/h

Pour BV : $\begin{cases} I = \frac{90.27(10\%)}{24} = 3.76 \\ B = 0.37 - 1 = -0.63 \\ t_c = 0.16h \end{cases}$ => $\mathbf{I_t} = 3.76\ (\frac{0.16}{24})^{-0.63} = \mathbf{88.33mm}$

Pour chaussée : **It** = **152.86mm**

Pour talus : **It** = **477.14mm**

- **Calcul des débits :**

Q_C= 0.2778×10^{-2} x0.95x66.7x0.07 = 0.0123 m^3/s

Q_A=0.2778×10^{-2} x0.35x66.7x0.015 = 0.0010 m^3/s

Q_T= 0.2778×10^{-2} x0.25x66.7x0.1 = 0.0046 m^3/s

D'où : $Q_a=Q_A+Q_T+Q_C$= **0.0180 m^3/s**

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

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

$Q_s \geq Q_a$

Pour les faussée en béton : K_{st} = 70

On fixe : **b=0.5m** , **n=1.5**, et 9on calcule Q_s pour différente valeur de (h)

- **Application:**

  Q_a=0.0180 m^3/s **K_{st}=k =70** **I=4%**

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

Après calcul itératif on trouve :

H = 0.4 m.

D'où les dimensions du fossé sont :

B X H = 0.50 m X 0.4 m

- **Verification:**

$$Qs = 70 \times 0{,}04^{1/2} \times 0{,}4(1{,}5 \times 0{,}4 + 0{,}50) \times [\frac{0{,}4(1{,}5 \times 0{,}4 + 0{,}5)}{0{,}5 + 2 \times 0{,}4(\sqrt{1 + 1{,}5^2})}]^{2/3}$$

Q_s= 2.289 m^3/s et **Q_a**=0.0186 m^3/s

D'où :

Qs>Qa c'est vérifié.

IX.6.3.3-Dimensionnement des buses :

Le dimensionnement des buses s'effectue avec la formule de Manning Strickler

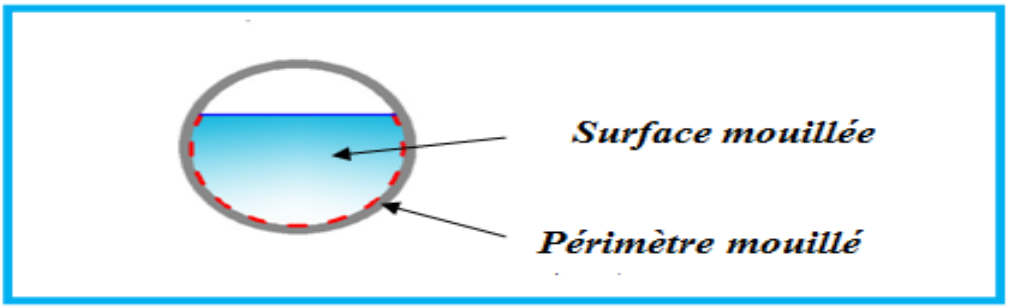


Figure IX.3 : Représentation d'une buse.

$Q_s = K_{st}\ R_h^{2/3}.I^{1/2}.S$ en vérifiant l'égalité : $Q_a=Q_s$

Q_s : debit maximum (m^3/s)

K_{st} : coefficient de rugosité de canalisation

I : Pente de canalisation (m/m)

R_h : Rayon hydraulique ($R_h=S_m/P_m$)

S_m : section transversale de l'écoulement (section mouillée)

Exemple de calcul :

Pour le dimensionnement on a pris le bassin versant N°1.

On a : $Q_S = K_{ST} \times R_h^{2/3} \times J^{1/2} \times S_m$

$\Rightarrow$ $Qa = Q_s = K_{ST} \times (\frac{R}{2})^{2/3} \times J^{1/2} \times \frac{1}{2}.\pi.R^2$

D'ou :

$$R^{\frac{8}{3}} = \frac{2^{2/3} \times Qa}{K_{ST} \times J^{1/2} \ \frac{1}{2} x\pi}$$

Avec :

- **Sm :** surface mouillée = **1/2 .π. R^2**
- **Pm :** périmètre mouillé = **π . R**
- **R_h** : rayon hydraulique = **Sm /Pm = R/2**
- **Kst** = **80** (buses préfabriquées).
- **J :** la pente de pose qui vérifie la condition de limitation de la vitesse maximale d'écoulement à **4 m/s**. Pour notre cas, on a **J = 2.5%.**

On calcule R :

$$R^{\frac{8}{3}} = \frac{2^{2/3} \times 1.82}{80 \times 0.025^{1/2} \ \frac{1}{2} x\, 3.14}$$

$R^{8/3}$= 0.15 => R= 0.49 m → alors on aura : **D=2R=** 0.98 ≈ **1 m**

Une fois le diamètre est calculé, on adoptera un diamètre normaliser, commercialiser tel que **: Φ 400, Φ500, Φ 800, Φ1000, Φ1200, Φ 1500**…etc.

Donc le diamètre de la buse est : **Φ 1000 mm**

IX.6.3.4-Dimensionnement des dalots

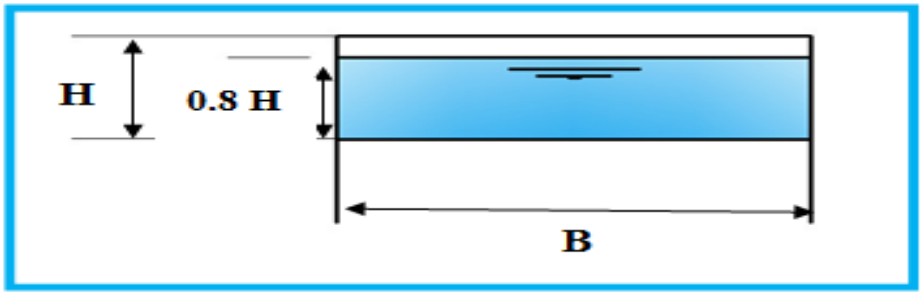


Figure IX.4 : Représentation d'un dalot.

Calcul des débits d'apport :

-Pour la chaussée :

C=0.95 P=2.5% I(2%)=5.00 mm/h A=0.07 h

$T_c = 0.127\sqrt{\frac{A}{P}}$ $t_c = 0.127\sqrt{\frac{0.07}{2.5}}$ =0.021h

$I_t = I.(\frac{t_c}{24})^{b-1} = 5.00.(\frac{0.181}{24})^{-0.63}$ = **108.68 mm/h**

$(Q_a)_c$ **=K.C.I.A**=0.2778×10^{-2} x0.95x108.68x0.07= **0.020 m^3/s**

-Pour l' accoutrement :

C=0.4 P=4% I(2%)=5.00 mm/h A=0.015 ha

$T_c = 0.127\sqrt{\frac{A}{P}}$ $t_c = 0.127\sqrt{\frac{0.015}{4}}$ =0.0078 h

$I_t = I.(\frac{t_c}{24})^{b-1} = 5.00.(\frac{0.0078}{24})^{-0.63}$ = **787.92 mm/h**

$(Q_a)_c$ **=K.C.I.A**=0.2778×10^{-2} x0.4x824.17x0.015= **0.013 m^3/s**

-Pour le talus :

C=0.25 P=66% I(2%)=5.00 mm/h A=0.1 ha

$T_c = 0.127\sqrt{\frac{A}{P}}$ $t_c = 0.127\sqrt{\frac{0.1}{66}}$ =0.0049 h

$I_t = I.(\frac{t_c}{24})^{b-1} = 5.00.(\frac{0.0049}{24})^{-0.63}$= **1056.04 mm/h**

$(Q_a)_t$=K.C.I.A=0.2778×10^{-2} x0.25x1056.04x0.1= **0.073 m^3/s**

$Q_a = (Q_a)_c + (Q_a)_a + (Q_a)_t + (Q_{b2})$ = 0.020 +0.013 + 0.073 + 2.61 = **2.716 m^3/s**

Pour le dimensionnement on a pris le bassin versant N°6 (cas du plus grand débit d'apport).

On a : $Q_S = K_{ST} \times R_h^{2/3} \times J^{1/2} \times S_m$

⇨ $Qa = Qs = Kst \times (\frac{0.8\ H \times B}{1.6H + B})^{2/3} \times j^{1/2} \times 0.8H \times B$

Avec :

- **Sm :** surface mouillée : **Sm = 0.8 H x B**
- **Pm** : périmètre mouillé : **Pm =1.6H + B**
- **R_h** : rayon hydraulique : **R_h = Sm /Pm**
- **Kst** = **70** (béton).
- **J = 2.5%**

Qa =2.716 m^3/s

On fixe **: B = 3.00 m et on calcul : H = ?**

$$2.716 = 70 \times (\frac{0.8\ H \times 2}{1.6H + 2})^{2/3} \times 0.025^{1/2} \times 0.8H \times 2$$

Par un calcul itératif, on trouve $\begin{cases} \mathbf{B = 2.00\ m} \\ \mathbf{H = 1.5\ m} \end{cases}$

Vérification :

$$Qs = 70 \text{ x } (\frac{0.8 \text{ x } 1.5\text{x } 2}{1.6 \text{ x } 1.5+2})^{2/3} \text{x } 0.025^{1/2} \times 0.8 \text{ x}1.5\text{x}2 = 1\mathbf{4.48\ m^3/s.}$$

Qs = 14.48 = m^3/s > Q_a= 2.716 m^3/s

=> c'est vérifié.

Remarque :

Comme les dimensions du dalot calculées sont très petites, un ouvrage constitué de buses ça seras plus pratique.

Le débit d'apport qu'on va prendre est celui de la période de retour de 10 ans, et égale à 2.716 m^3/s.

On calcule R :

$$R^{\frac{8}{3}} = \frac{2^{2/3} \text{ x } 2.716}{80 \text{ x } 0.025^{1/2} \ \frac{1}{2} \text{x } 3.14}$$

$R^{8/3}$= 0.216 => R= 0.599 m → alors on aura : **D=2R=** 1.198 ≈ **1.20 m**

Donc le diamètre de la buse est : **Φ1200 mm**

IX.7 CONCLUSION

On conclue avec un tableau récapitulatif des ouvrages d'évacuation des eaux et leur dimensionnement sur tout le tronçon de notre projet.

Bassin versant	Localisation	Type d'ouvrage	Dimensions
BV1	PK0+970	Buse	1× Ø=1.00 m
BV2	PK2+250	Buse	1× Ø=1.00 m
BV3	PK2+490	Buse	1× Ø=1.00 m
BV4	PK3+220	Dalot	2 × 1.5 m
BV4	PK3+450	Buse	1× Ø=1.00 m
BV4	PK3+630	Buse	1× Ø=1.00 m

Tableau IX.5 : Tableau récapitulatif de tous les ouvrages utilisés.

X.1. INTRODUCTION :

Le bon fonctionnement d'un échangeur doit prendre en compte les points suivants : L'adaptation au site (environnement, etc.), et aux conditions d'utilisation (trafic, etc.). Sa configuration générale et sa conception de détail doit être correctes.
L'utilisation d'un échangeur comme solution aux problèmes des carrefours doit être pleinement justifiée ; cependant certaines situations semblent l'exiger :

- Croisement de deux routes à un débit de trafic important, comme Autoroute-Autoroute ou Autoroute- Route.
- Carrefour dont la capacité est insuffisante congestionne une ou toutes les approches.
- Carrefour dont le taux d'accidents graves est disproportionné et pour lequel on ne trouve aucune solution.
- Carrefour ou la topographie empêche un aménagement conforme aux normes de tout autre type de carrefour

X.2.REGLES DE CONCEPTION :

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

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

X.3.DEFINITION ET LE ROLE D'UN ECHANGEUR :

L'échangeur est un ouvrage à croisement étagé « niveaux différents » ou un carrefour dénivelé entre deux routes avec raccordement de circulation entre les voies qui se croisent.
Les croisements à niveau sont éliminés complètement aux conflits de virage ils sont supprimés ou minimisés selon le type d'échangeur à préconiser, on les désignera par:
Nœud: quand il raccorde une voie rapide à une autre voie rapide.

Diffuseur: quand il raccorde une voie rapide au réseau de voies urbain classique.
Mixte: quand il assure en plans des échanges avec voirie locale.

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

- **Avantages de l'échangeur :**

Les avantages de l'échangeur sont :

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

- **Inconvénients de l'échangeur :**

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

X.4. LES DIFERENTS TYPES D'ECHANGEURS :

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

Un important élément de conception d'échangeur, est l'assemblage d'un ou de plusieurs types de bretelles de base mais c'est l'aspect coût et conditions du site qui désigne la forme de bretelle à considérer, et selon l'importance des routes à raccorder nous avons déterminé deux classes d'échangeurs :

Echangeur majeur : raccordement autoroute- autoroute.
Echangeur mineur : raccordement autoroute - route.

Tous ceux de la première classe se font à niveau séparé tandis que pour la seconde classe, les branchements au niveau de la route secondaire exigent des cisaillements.

- **Echangeurs majeurs :**

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

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

- **Echangeur mineur :**

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

- **Losange**.
- **Demi-trèfle.**
- **La trempette.**

- **Le losange:**

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

Avantage :

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

Inconvénients :

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

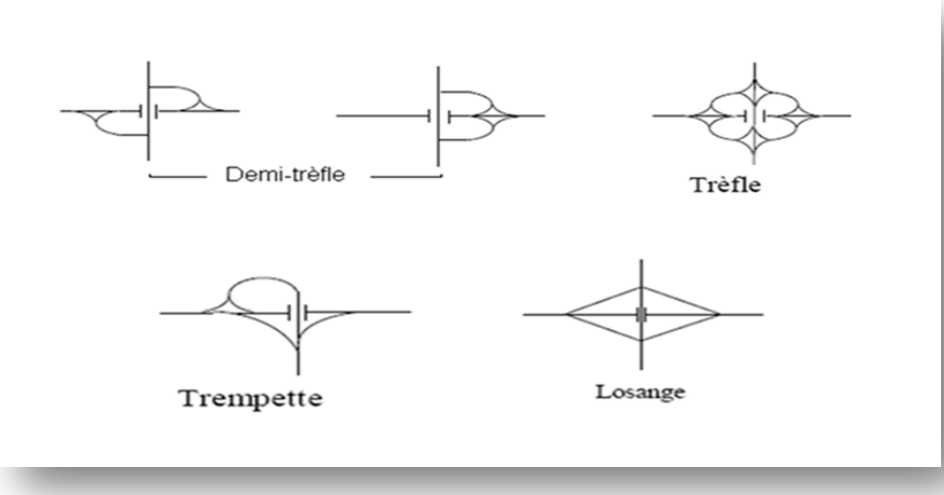


Figure X.1 les différentes types d' échangeur

X.5.CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES ECHANGEURS :

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

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

A -Le Pont :

Le fait qu'on parle d'échangeur « qui n'est rien d'autre qu'un carrefour dénivelé implique impérativement une dénivellation de courant qui est assurée par le passage supérieur, ce passage supérieur est un ouvrage d'art désigne **pont.**

Le nombre d'ouvrage d'art « pont » dans un échangeur est en étroite relation avec

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

B -Les Carrefours plans :

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

C- Les Bretelles :

Ce Sont des voies qui se détachent et se raccordent entre les deux routes qui se croissent, chaque bretelle se termine à une de ces extrémités par une voie de décélération et l'autre par une voie d'accélération

X.6. CHOIX DU TYPE D'ECHANGEUR :

La connaissance des différents types d'échangeurs existants, de leurs propriétés « Avantages, Inconvénients » et la limite de leur utilisation, permettent de choisir la configuration la plus adoptée au cas qui se présente.
Donc le choix du type de l'échangeur devient automatique après la détermination de certains paramètres bien spécifiques au site d'implantation et aux objectifs à atteindre.
Et pour ce but on suit l'itinéraire suivant :

1ére Etape : *Détermination du tracé à partir de* :

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

2éme Etape : *Configuration du tracé à adopter* :
L'échangeur à adopté doit aussi assurer un haut niveau de sécurité et de service, et ceci est garant en respectant les normes de l'art de la conception qui se résume da le suivant :

- Tracé respectant les valeurs limitées de conception « valeur de rayon, d'alignements… ».
- Longueurs des voies « insertion, décélération » réglementaires.

3émé Etape : *Analyse :*
C'est cette dernière étape qui valide le choix sous la base que le futur échangeur doit assurer les meilleures conditions de visibilités, de confort et de sécurité.

X.7.APPLICATION AU PROJET :

X.7.1: Détermination du tracé

Le croisement entre la pénétrante le CW 128 au niveau de PK 0.00 (pont noir) nécessite un aménagement d'un échangeur. Ce dernier à pour le but d'assurer la continuité et la fluidité de la circulation a ce niveau et de permettre d'effectuer les différentes échanges dans cette région .

X.7.1.1 Choix de type d'échangeur

Etape 1 : détermination du tracé à partir de :

Terrain :

- Le terrain devant recevoir le futur échangeur est très accidenté, sa nature géologique et très varie.
- Des files électriques, ce qui implique le déplacement du réseau électrique.
- Des hangars, ce qui signifie la démolition et l'indemnisation des propriétaires.
- Des puits, ce qui signifie le comblement dans le cas ou il est hors service, si non il y'a lieu d'indemniser les propriétaires.
-

➢ **Types de routes à raccorder :**

L'échangeur à concevoir doit assurer un raccordement entre La RN 25 et la pénétrante CW128(2×2voies).

Alors l'échangeur est de type : **Echangeur Mineur (autoroute – route) .**

X.7.1.2 Vitesse de base dans les bretelles

La vitesse de base des bretelles doit s'approcher de la vitesse de base des routes qu'elles relient. Mais souvent à cause des facteurs, comme les contraintes du site et certaines configurations de bretelles et des facteurs économiques, il faut se tenir à des vitesses de base inférieures. Le tableau ci-contre inspiré du « B40 » nous donne la vitesse dans les bretelles à partir de la vitesse de base de la route .

Vitesse de base de la route (km/h)		60	80	100	120	140
Vitesse de base de la bretelle (km/h)	souhaitable	50	**60**	75	85	110
	minimal	30	**40**	55	65	70

Tableau VIII.1 : Vitesse de base dans les bretelles.

On prendre la vitesse sur les bretelles VB=50Km/h.

X.7.2 : Configuration de tracé à adopter

- **Configuration du tracé à adopter**

Tracé :
Valeur limite sur la bretelle pour une vitesse = 50 (Km/h).
R max = 300 (m)
R min = 100 (m)

- **Analyse :**

L'échangeur a deux types :

- **Trèfle complet** quand il y a quatre branches à raccorder.

- **Bifurcation** « Y » quand il y a trois branches à raccorder.

X.7.3Conclusion du choix du type d'échangeur :

Après l'analyse deux types d'échangeur à proposer, on a trouvé que l'échangeur le plus avantageux c'est l'échangeur de type **Bifurcation**.

Donc la solution adoptée est :**Bifurcation.**

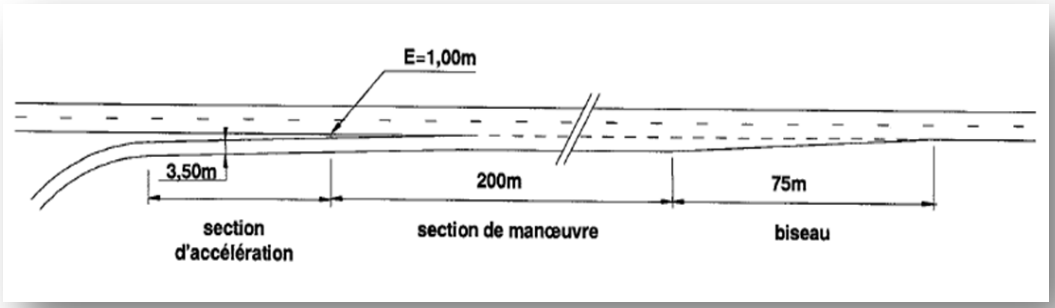


Figure X.2. échangeur bifurcation

X.7.4 Valeurs limites des rayons du tracé en plan

Rayon (catégorie 1-2)	Symbole	Environnement E_2
Vitesse de base	V_B (Km/h)	50
Rayon minimal absolu	RHM (7 %)	78.74
Rayon minimal normal	RHN (7 %)	79.37
Rayon au dévers minimal	RHd (2.5%)	393.7
Rayon non déversé	RHnd (-2.5 %)	562.4

Tableau X.2: Valeurs limites des rayons du tracé en plan.

X.7.5-Profil en long

X.7.5.1.Rayons saillants

Ils sont déterminés par la distance d'arrêt sur un obstacle pour les vitesses pratiquées dans les bretelles. Il est calculé par la formule suivante :

$$\mathbf{RVm_1 = a \times d_1^2 \times (V_r)}$$ Avec : a= 0.24 pour catégorie (1 et 2)

d =16m (a partir de règlement B 40)

X.7.5.2 Rayons rentrants

Sont déterminés principalement par la condition de confort. Il est calculé par la formule suivante :

$$R'Vm = \frac{d_1^2 \times V_r}{1.5 + 0.35\, d_1 \times (V_r)}$$

X.7.5.3 Déclivités

Sur tout le tracé des bretelles on ne doit pas avoir de déclivité supérieure à :

- **Entrée** 5% (rampe), 8% (pente).
- **Sortie** 7% (rampe), 6% (pente).

X.7.5.4 Dévers

Il doit être le même pour la partie commune des chaussées on évitant les dévers supérieurs a 5% en particulier dans les petits rayons.

- Et dans le tableau qui suit les valeurs limites des rayons qui doivent être appliqué sur l'échangeur :

Vitesse de référence (km /h)		50
Rayon en angle saillant (Rv1)	Rayon minimal admissible (R vm1	3090.72
Rayon en angle rentrant (R' v2)	Rayon minimal admissible (R' vm2)	7334.45

Tableau X.3 : Valeurs limites des rayons du profil en long.

XI.1.INTODUCTION :

La signalisation routière joue un rôle important dans la mesure où elle permet à la circulation de se développer dans de très bonnes conditions (vitesse, sécurité).

Elle doit être uniforme, continue et homogène afin de ne pas fatiguer l'attention de l'usager par une utilisation abusive de signaux.

XI.2.OBJECTIFS DE SIGNALISATION ROUTIERE :

La signalisation routière a pour rôles :

- De rendre plus sur et plus facile la circulation routière.
- De rappeler certaine prescription du code de la route.
- De donner des informations relatives à l'usager de la route.

XI.3.TYPES DE SIGNALISATION:

On distingue :

- la signalisation par panneau
- la signalisation par feux
- la signalisation par marquage
- la signalisation par balisage
- la signalisation par bornage

XI.4.LES CRITERES DE CONCEPTION DE LA SIGNALISATION :

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation tout en respectant les critères suivants :

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéités).
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Simplicité : elle s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatigue l'attention de l'usager.
- Eviter la publicité irrégulière

XI.5. TYPE DE SIGNALISATION :

On distingue deux types de signalisation :

XI.5.1 : Signalisation vertical :

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme, on distingue :

- Signalisation avancée.
- Signalisation de position.
- Signalisation de direction.

Elles peuvent être classées en quatre classes

a) Signaux de danger :

Ces signaux annoncent les différents dangers de la route, et imposent aux usagés de la route une vigilance particulière, leur forme est triangulaire, et ils sont placé à 150m avant l'obstacle

b) Les signaux de prescription :

C'est des panneaux de forme circulaire, qui signalise :

- Signaux d'interdiction : il mette en relief les différentes interdictions ou restriction
- Signaux d'obligation : il indique aux usagers de la route et différente obligation
- Signaux de fin de prescription : en générale ils succèdent les panneaux cité si dessus, pour annoncé leur fin.

c) Signaux de simple indication :

Leur forme est en général rectangulaire, Il offre un supplément d'information pour les usagers de la route.

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

XI.5.2 : Signalisation horizontal :

Se sont toutes les marques peinte sur la chaussée indiquent les différentes parties de la route ainsi que les voies affectées au multiple sens de circulation. La signalisation horizontale est destinée à régler la circulation, guider et avertir les usagers de la route. Elle est employée soit seul, soit en complément à d'autre moyens de signalisation. Toutes les marques de signalisation horizontale sont de couleur blanche, sauf celle qui indique un emplacement de stationnement. Ces derniers peuvent être bleu et celle utilisée pour une signalisation temporaire sont de couleur jaune.

On distingue deux types marquage :

XI.5.2.1 : Marquage longitudinal :

-Ligne continue : elle est destinée pour annoncée au conducteur l'interdiction de changée de voie

-Ligne discontinues : les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir

XI.5.2.2 : Marquage transversal :

Lignes transversales continues : éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient marquer un temps d'arrêt (stop)

Lignes transversales discontinues : éventuellement tracées à la limite ou les conducteur devaient céder le passage aux intersections

XI.5.3 : Autre marquage :

a-Fleche de rabattement : une flèche légèrement incurve signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie située du coté quelle indique.

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

XI.5.4 : Largeur des lignes :

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

U=7.5cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.

U=6cm sur les route et voies urbaines.

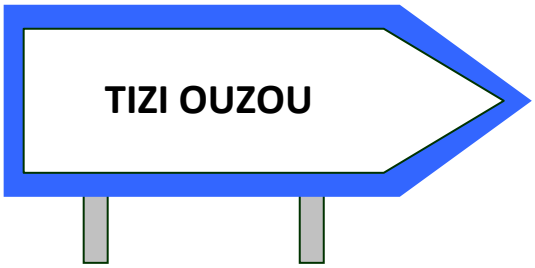
U=5cm sur les autre routes.

XI.6.APPLICATION :

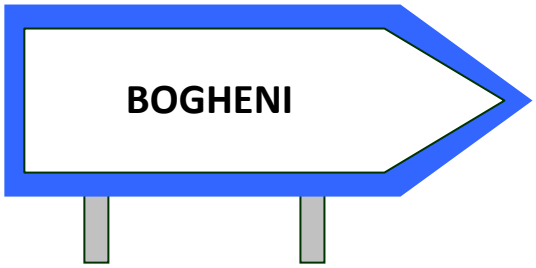
Dans le cadre de notre étude tout en respectant les critères énoncés ainsi que la réglementation routière algérienne, les différents types des panneaux de signalisation utilisés pour notre projet sont les suivant :

XI.6.1 : Signaux d'obligations :

SIGNALISATION DE DIRECTION (TYPE E4)



SIGNALISATION DE DIRECTION (TYPE E4)



SIGNALISATION DE DIRECTION (TYPE E4)

XI.6.2 : Signalisations d'avertissement :

Double virage premier à droite

Danger virage à gauche

Danger virage à droite

XI.6.3.Signaux d'interdiction

Dépassement interdit

Vitesse limité

VI.7.CONCLUSION :

Nous avons vue dans ce chapitre les différentes catégorie et les types de signalisations ainsi leur importance dans la réalisation de tout projet routier, mais malgré toutes les dispositions prises lors de la réalisation, il y aura toujours des risques pour les usagers si les normes ne sont pas respectées.

XII.1. ECLAIRAGE

XII.1.1-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 la nuit avec une sécurité et confort aussi élevé que possible.

XII.1.2-CATEGORIES D'ECLAIRAGE :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

XII.1.3-PARAMETRES 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.

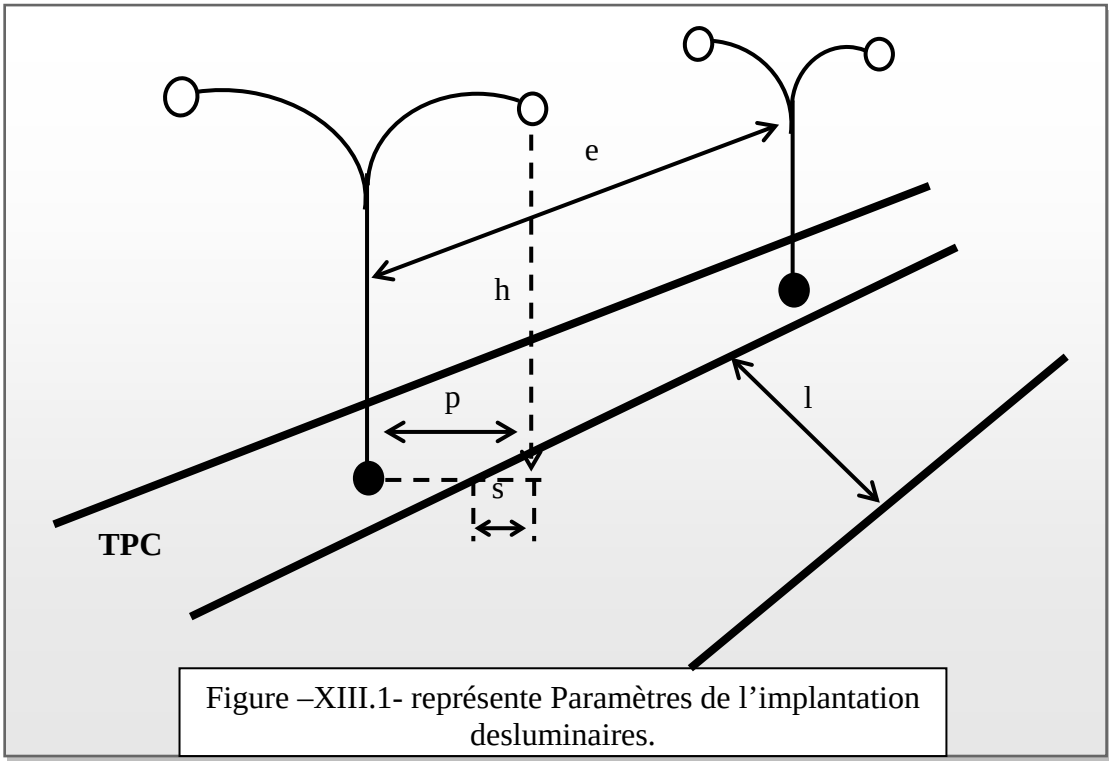


Figure –XIII.1- représente Paramètres de l'implantation desluminaires.

XII.1.4-APPLICATION AU PROJET :

Pour le système d'éclairage adopté à notre projet, uniquement certain points particuliers seront traité par un éclairage composé par des lampadaires disposé selon un espacement des supports variant entre 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre route (la voie express).

XII.1.5. CONCLUSION :

L'éclairage permet de garantir aux usagers de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible.

XII.2. EQUIPEMENTS DE LA ROUTE

XII.2.1.INTRODUCNTION:

Après avoir fini la partie conception d'un projet routier (étude géotechnique, géométrique et le dimensionnement du corps de chaussée), maintenant c'est le tour de rendre le parcoure de tout en long de la route plus sécurisé et cela avec l'aide des équipements de la route qui permettent pour certains d'améliorer la sécurité, pour d'autres d'informer et de guider l'automobiliste.

Les paragraphes qui suivent décrivent brièvement les principaux types d'équipement.

XII.2.2. BARRIERES DE SECURITE :

On prévoit des séparateurs en béton de type GBA (glissière en béton adhérent) sur les TPC (voir figure X.1) et des glissières de sécurité métalliques à droite de la chaussée pour chaque bretelle (voir figure X.2).

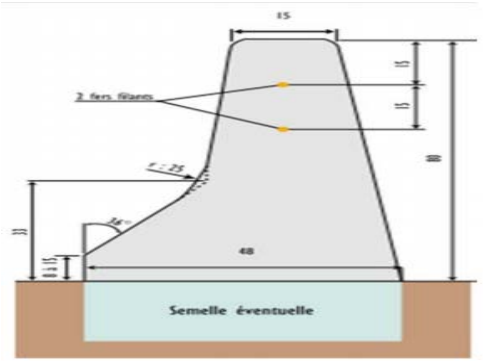


Figure XII.1 **:** Séparateur en béton de type GBA

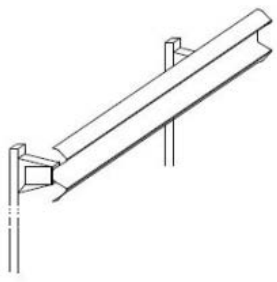


Figure XII.2 **:** Glissières métalliques.

XIII.1.INTRODUCTION :

L'analyse des effets du projet sur l'environnement est la phase centrale de toute étude d'impact. Cette analyse est faite par superposition des actions du projet sur les milieux affectés et projection des effets possibles sur les caractéristiques de ces milieux. Et cela se fait conformément au décret n° 90-78 du 27 février 1978, 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

. XIII.2 : IMPACT DE NOTRE PROJET

La réalisation de CW 128 (pont noir vers boghni, engendrera des effets des conséquences sur l'environnement aussi bien positifs que négatifs.

XIII.2.1 : Impacts positifs :

Cependant, il existe comme certain effet positif due à la construction d'une route, qu'il faut optimisée au maximum

- Une réponse aux besoins de confort, et de la sécurité dans le déplacement
- Une contribution au développement touristique.
- La stimulation des activités économiques dans la région traversée .
- Un meilleur accès aux régions isolées .

XIII.2.2 : Impacts négatifs du projet :

- **Impacts sur le milieu physique**
  - Pollution atmosphérique
  - Déboisement qui peut déclencher des glissements de terrain

- **L'impact sur les ressources hydrique**

Les réseaux routiers peuvent modifier les écoulements et la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines, entrainant parfois un risque accru d'inondation, d'érosion et de dépôts.

Pour évitée la pollution à court ou à long termes des eaux superficiel et souterraines, la conception de bassins antipollution ou de merlons anti déversement est un moyen assez efficace pour réduire ou bien supprimer ce types de nuisance. Aussi le drainage des route soit conçu de façon à retenir l'eau dans des micro-bassin pour une utilisation ultérieure soit par l'homme soit par la nature, ou bien pour réduire le risque des eaux stagnantes et d'inondation.

- **Impact sur le paysage**

L'infrastructure routière a un impact sérieux sur le paysage qu'elle traverse, même si dans certains cas les effets sont minimisés par l'existence de talus et par le relief.

Les principaux impacts est :

- Les tronçons qui sont à l'origine d'une défiguration du paysage pour la raison : de l'installation de la route en remblai à l'intérieur d'une zone ou le terrain naturel qui sera clairement visible d'une distance éloignée.

- **L'impact sur la sécurité**

Lorsque un tronçon routier traverse une agglomération il faut prendre en compte le risque potentiel des piétons que peuvent traversée la voie

Pour assurer leur sécurité on doit :

- Installés des passerelles au niveau des centre qui génèrent les mouvements de foules
- Installés des trottoirs tout le long de la route

- **L'impact sur les structures existantes**

la destruction touche en général les bâtis qui ont été construits sans la permission du service d'urbanisme de la commune ainsi que par le plan directeur d'architecture et d'urbanisme, et aussi la destruction de certaine structure de faible valeur tell que les clôtures qui gênent la route

XIII.3 : MESURES PRISES POUR MINIMISES LES IMPACTS NEGATIFS

Il est important de définir de manière détaillée et opérationnelle les mesures qui seront prises pour prévenir, atténuer ou réparer les conséquences dommageables du projet sur l'environnement. Les mesures que ces impacts sont susceptibles d'entraîner sont résumées dans le tableau suivant :

- Etanchéité des fossés.
- Etanchéité de la plate forme.
- Rétablissement des cheminements.
- Installation des clôtures.
- Construction des chemins.
- Installation de clôture de limitation de chantier.
- Rétablissement des cheminements de la faune.
- Reboisements.

XIII.4. CONCLUSION :

Notre projet n’a pas un grand impact sur l’environnement. Car il traverse une région montagneuse sans aucune agglomération ni de terrain agricole. Donc il ne nécessite pas de dispositif spécial sur ce point, telle que : les passerelles ou la destruction de structure existante.

L’impact sur les réseaux hydraulique naturelle reste assez important d’où la réalisation d’ouvrage d’évacuation, telle que : dalot et ouvrage buse.

Cependant, il y’a lieu de précisé qu’avec la réalisation de cette déviation, le temps de parcoure est diminuer, ce qui réduit considérablement la pollution et la consommation en carburent des véhicules.

CONCLUSION GENERALE

Au cours de ce travail, nous avons essayé de respecter toutes les contraintes et les normes existantes en considération, le confort, la sécurité des usagers, l'économie et l'environnement.

Cette étude (pénétrante nord de Bouira) nous a permis de chercher des solutions à tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter lors d'une étude d'un projet routier, pour cette raison nous avons :

Tout d'abord fait une étude de la cinématique des véhicules, ainsi qu'une étude du trafic capacité de la route)

Ensuite nous avons dimensionné la chaussée, présenté le logiciel piste 5et déterminé les caractéristiques géométriques à savoir le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers.

De même nous avons étudié l'assainissement, le terrassement les ouvrages d'arts, l'aménagement des carrefours et échangeurs.

Enfin, nous avons vu les dispositifs de signalisation et éclairage et fait une étude d'impact sur l'environnement.

Tout cela en application avec le règlement algérien (B40) et les données suivantes :

La Vitesse de référence : Vr = 80 Km/h

- Le trafic moyenne journalier : TMJA = 5970 V/J
- Pourcentage du poids lourds :PL = 35 %
- Taux de croissance annuel : $\tau = 0.2\%$
- L'horizon : n = 20 ans
- Indice de portance californien du terrain naturel : ICBR = 4

En employant ces données, tout en respectant le règlement algérien (B40) on a aboutit aux caractéristiques suivantes :

- Une chaussée de 2×2voies, de 3.5 m chacune.
- Un accotement de 1.5 m par chaque coté
- Une couche de roulement *(BB)* de ***6 cm*** *;*
- Une couche de base *(GB)* de ***15 cm*** *;*
- Une couche de fondation *(GC)* de ***30 cm***
- VD = 624899 m^3 ; VR = 2924044 m^3

Pour conclure notre travail, On notera qu'une chaussée construite doit vérifier quelques critères supplémentaires à savoir :

- Un module élevé (bonne résistance mécanique ou bonne capacité à faire effet de dalle).
- Une bonne résistance à la fatigue (une bonne résistance à la flexion et à la traction dues aux passages de véhicules)
- Une bonne résistance à l'orniérage (la chaussée doit résister aux effets du trafic).

Ce projet a été une opportunité pour nous de concrétiser nos connaissances théoriques acquises pendant notre cycle de formation à l'université MOLOUD MAMMERI de Tizi-Ouzou .IL était aussi une grande occasion pour saisir le déroulement d'un projet d'ouvrage d'art en général, et un projet routier en particulier. Son élaboration à nécessité la maitrise de l'outil informatique en l'occurrence les logiciels : PISTE5 et L'AUTOCAD.

- PISTE 5 : pour le calcul géométrique (tracé en plan –profil en long – profil en travers et cubatures) .
- AUTOCAD : pour le dessin des planches.
- ALIZE III : pour le dimensionnement du corps de chaussée.

Ce projet nous a mené à profiter de l'expérience des personnes du domaine, d'apprendre une méthodologie rationnelle, et d'acquérir une patience de recherche pour un but donné.
Finalement et après avoir jugé ce travail on se permet de le prendre comme bagage préliminaire pour entamer une autre étape dans ce vaste domaine.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU

Faculté du génie de la construction
Département de génie civil

Mémoire de fin d'études

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER EN GENIE CIVIL
Option : Voies et Ouvrages d'Art

THEME

ETUDE DE LA LIAISON PONT NOIR VERS BOGHENI SUR 3.5 Km

Présenté par :
Mr. BEGGACHE NABIL
Mr. MOUAS Nadir

Dirigé par :

Mme OUKID

PROMOTION 2015 /2016

CHAPITRE (I)

PRESENTATION DE PROJET

- ***I.1. Introduction.***
- ***I.2.Aperçu général sur la wilaya de tizi-ouzou***
- ***I.3. description du projet***
- ***I.4.objectif et utilité du projet***
- ***1.5. Projection du tracée su la carte.***

CHAPITRE (II)

ETUDE DE TRAFIC

- ***II.1. Introduction.***
- ***II.2. Analyse du trafic.***
- ***II.3. Différents type de trafic.***
- ***II.4. Calcul de la capacité.***
- ***II.5. Application au projet.***

CHAPITRE (III)

TRACE EN PLAN

III.1. Introduction.

III.2. Règles et principes de tracé en plan.

III.3. Les éléments du tracé en plan.

III.4. Paramètres fondamentaux.

III.5. Taches effectues.

CHAPITRE (IV)

PROFIL EN LONG

IV.1. Définition.

IV.2. Règles à respecter dans le tracé du la ligne rouge.

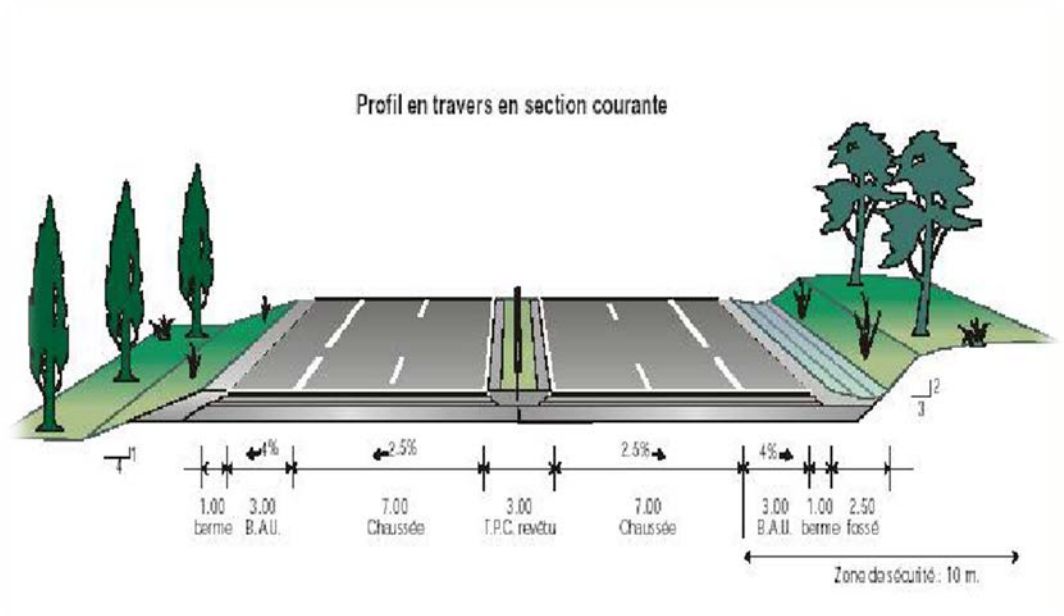
IV.3. Coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

IV.4. Déclivités.

IV.5. Les raccordements en profil en long

IV.6. Apllication au projet

CHAPITRE (V)



PROFIL EN TRAVERS

- ***V.1. Définition.***
- ***V.2. Les éléments du profil en travers.***
- ***V.3. Classification du profil en travers.***
- ***V.4. Application au projet.***
- V.5. La conception transversale sur piste

CHAPITRE (VI)

CUBATURES

- ***VI.1. Introduction.***
- ***VI.2. Définition.***
- ***VI.3. Méthodes de calcul des cubatures.***
- ***VI.4. Calcul des cubatures de terrassement.***

CHAPITRE (VII)

ETUDE GEOTECHNIQUE

- ***VII.1. Introduction.***
- ***VII.2.les moyens de reconnaissance.***
- ***VII.3.les différents essais en laboratoires***
- ***VII.4. objectifs.***
- ***VII.5. les essais d identifications.***
- ***VII.6. les essais in situ***
- ***VII.7.condition d' utilisations des sols en remblais***

CHAPITRE (VIII)

DIMENSINNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

- ***VIII.1. Introduction.***
- ***VIII.2 principe de la constitution des chaussées.***
- ***VIII.3. Les différents types de chaussées.***
- ***VIII.4. Méthodes de dimensionnement***
- ***VIII.5. Application au projet.***
- ***VIII.6. Conclusion.***

CHAPITRE (IX)

ASSAINISSEMENT

- ***IX.1. Introduction .***
-
- ***IX.2.objectifs de l'assainissement.***
- ***IX.3. Définitions des termes hydrauliques.***
- ***IX .4 .Assainissement de la chaussée .***
- ***IX.5. Dimensionnement de réseau d'assainissement .***
- ***IX.5. Application au projet.***
- ***IX.6 Conclusion***

CHAPITRE (X)

CHOIX ET CONCEPTION D'ECHANGEUR

X.1. Introduction.

X.2. Règles de conception.

X.3. Définition et le rôle d'un échangeur.

X.4. Les différents types d'échangeurs.

X.5. Caractéristiques géométriques des échangeurs.

X.6. Choix de type d'échangeur.

X.7. application au projet.

CHAPITRE (XI)

SIGNALISATION

- ***XI.1.Introduction.***
- ***XI.2.Objectif de la signalisation routière.***
- ***XI.3.Types de signalisation.***
- ***XI.4.Les critères de conception de la signalisation.***
- ***XI.5.Type de signalisation***
- ***XI.6 Application***
- ***XI.7. Conclusion.***

CHAPITRE (XIII)

ECLAIRAGE ET EQUIPEMENTS DE LA ROUTE

- ***XII.1. Eclairage***

- ***XII.1.1.Introduction***
- ***XII.1.2.Catégories d'éclairages.***
- ***XII.1.3.Paramètres de l'implantation des luminaires.***
- ***XII.1.4.Application au projet.***
- *XII.1.5. Conclusion*
- ***XII.2. Equipements de la route***
- XII.2.1. *Introduction*
- *XII.2.2. Barrières de sécurité*

CHAPITRE (XIII)

ETUDE D'IMPACT SUR LENVERONEMENT

- ***XIII.1. Introduction.***
- ***XIII.2. Impacts de notre projet***
- ***XIII.3. Mesures prises pour minimises les impacts négatifs .***
- ***XIII.4. conclusion.***

SOMMAIRE

Introduction général.……...……...01

Chapitre : I -Présentation du projet

I.1. Introduction……... ……02

I.2.Aperçu général sur la wilaya de tizi-ouzou…….02

I.3.Description générale du projet …….…..02

I.4. Objectif et utilité du projet.. …….….03

I.5.Projection du tracé sur la carte ……..…..03

Chapitre : II -Etude du trafic

II.1.Introduction ……04

II.2.Analyse du trafic ……..……..04

II.3.Différentes types de trafic …….06

II.4. Calcul de la capacité…….……....07

II.5. Application au projet……09

Chapitre : III -Tracé en plan

III.1.Introduction…….…...…12

III.2.Règles et principes du tracé en plan…….12

III.3.Les éléments du tracé en plan…….…….…….12

III.4.Paramètres fondamentaux (B40)…….……..…19

III.5. Tache effectues (logiciel piste)……..……20

Chapitre : IV -Profil en long

IV.1.Définition…….……...…….25

IV.2.Règles a respecter dans le trace de la ligne rouge……...…..……..25

IV.3.Coordination entre le trace en plan et le profil en long ……..25

IV.4.Déclivités……..……26

IV.5.Les raccordement en profil en long…….…….……26

IV.6. Application au projet …….…….28

Chapitre : V -Profil en travers

V.1.Définition……..…32

V.2.Les éléments du profil en travers ……..……...……32

V.3.Classification de profil en travers……..…..……..33

V.4 Application au projet…...……...…….…….34

V.5. La conception transversale sur logiciel piste……..…….34

Chapitre : VI- Cubatures

VI.1.Introduction ……..……..38

VI.2.Définition des cubatures…….……38

VI.3.Méthodes de calcul des cubatures……..…….……..38

VI.4.Calcul des cubatures de terrassement …….……..40

Chapitre : VII -Etude géotechnique

VII.1.Introduction…….41

VII.2.Les moyens de la reconnaissance……..…….41

VII.3.Les différents essais en laboratoires…….…….41

VII.4.Objectifs …….42

VII.5.Les essais d’identification…….……..…42

VII.6.Les essais in situ……...……..44

Chapitre : VIII - Dimensionnement du corps de chaussée

VIII.1.Introduction……...…46

VIII.2.Principe de la constitution des chaussées……..…46

VIII.3.Les différents types de chaussées ……...……...…46

VIII.4.Méthodes de dimensionnement ……..…….…….48

VIII.5. Application au projet ……...….51

VIII.6. METHODE D’ ALIZE III…….62

VIII.7. Conclusion ……63

Chapitre IX – Assainissement

IX.1.Introduction ……64

IX.2.Objectifs de l' assainissement ……64

IX.3.Définition des termes hydraulique……..……..……...…65

IX.4.Assainissement de la chaussée ……66

IX.5.Dimensionnement de réseau d' assainissement ……..…..……69

IX.6. Application au projet …….……..73

IX.7. Conclusion……...…….83

Chapitre X – Echangeur

X.1.Introduction……84

X.2. Règles de conception ……84

X.3. définition et le rôle d' un échangeur ……84

X.4. Les déférentes types d' échangeurs……..….85

X.5. Les caractéristiques géométriques des échangeurs ……..86

X.6. Choix du type d' échangeur ……..87

X.7. Application au projet ……...…….88

Chapitre XI - Signalisation

XI.1. Introduction……92

XI.2. Objectifs de la signalisation routière ……92

XI.3. Type de signalisation routier……..……...….92

XI.4. Les critères de conception de la signalisation……...…92

XI.5. Type de signalisation….…….……..93

XI.6. Application…….……94

XI.7. conclusion ……..96

Chapitre XII. Eclairage et équipements de la route

XII.1 Eclairage

XII.1.1.Introduction …….97

XII.1.2 Catégorie d' éclairage… ……..……97

XII.1.3 Paramètre d' implantation des lumières ……..97

XII.1.4 Application au projet ……99

XII.1.5 Conclusion ……99

Equipements de la route

XII.2.1. Introduction ……..…….……..99

XII.2.2. Barriere de sécurité ….……..……99

Chapitre XIII. Environnement

XIII.1. Introduction ……..100

XIII.2. Impact de notre projet ……..100

XIII.3. Mesures prises pour minimisés les impacts négatifs …….…..102

XIII.4. Conclusion …….…….102

Conclusion générale …….103

INTRODUCTION GENERALE

Notre système de transport est basé essentiellement sur le réseau routier, ce dernier doit supporter un volume important de transport soit de marchandise ou bien de passager, ce qui le rend très important pour le développent socio-économique de notre pays.

Le schéma directeur routier national a prévu une pénétrante Nord-sud, de la ville de Tizi-Ouzou RN25 à la ville de boghni RN30

. Le point de départ de notre tracé se situe au niveau de pont noir (PK 0+000 au pk 4+000) avec conception d'un échangeur (carrefour).

Les données nécessaires à notre projet (levée topographiques, trafic,…etc.) Sont fournie par la DTP de TIZI OUZOU (direction des travaux publics).

L'essentiel de notre étude a porté sur les éléments suivants :

- Détermination du nombre de voie à l'aide des données relatif au trafic
- La conception d'un tracé en plan, profil en long et en travers de la route avec les logiciels PISTE.5 et AUTOCAD.
- Le dimensionnement du corps de chaussée.
- L'assainissement de la route
- Calcul des volumes remblais et déblais.

.I.1. INTRODUCTION :

Dans le cadre du développement de l'infrastructure de base de la wilaya de Tizi-Ouzou et pour dynamiser les échanges interrégionaux, le schéma directeur routier national a prévu une pénétrante Nord-sud, de la ville de Tizi-Ouzou (RN25) à la ville de boghni (RN30)

L'intensification du trafic routier assure la liaison entre pont noire (RN25) et la ville de boghni (RN30), nécessite un aménagement en axe autoroutier

Notre travail consiste à étudier un tronçon de la dite pénétrante, en respectant le couloir établit et approuvé par la direction des travaux publiques de Tizi-Ouzou

I.2. APERÇU GENERAL SUR LA WILAYA DE TIZI-OUZOU :

Tizi-Ouzou, ville d'Algérie est située à l'est de la capitale Alger, distante de 100Km. Cette ville nordique d'Algérie se trouve à environs 40 Km de l'autoroute est-ouest.

I.3. DESCRIPTION DU PROJET :

- ***Itinéraire Du Projet :***

Le point de départ de notre tracé se situe au niveau de pont noir (PK 0+000) à proximité de l'échangeur de la rocade entre (RN25) et le CW128 (figure I.1).

Nous avons essayé d'adapter l'axe à l'allure du chemin de Wilaya CW128 qui mène de pont noir (RN25)vers la ville de boghni (RN30) de façon à permettre d' évités la chaussée existante .

Au niveau du PK 0+000 on a conçu un échangeur qui permet le rétablissement de communication entre le projet CW128 et RN25 (qui mène à DEM).

Du PK 0+000 au PK 1+000 on a adopté un tracé droit qui n'as pas beaucoup de courbes serrés.

Du PK 1+140 au PK 3+450 on a adopté un nouveau tracé as beaucoup de virages serrés.

Du PK 3+450 au PK 4+000 on a adopté un tracé droit qui n'as pas beaucoup de virages serrés.

I.4. OBJECTIF ET UTILITE DU PROJET :

Ce projet s'inscrit dans le cadre de la réalisation du schéma directeur national et constituera une pénétrante pont noire vers la ville de boghni et permettra d'améliorer les échanges dans toute la région et facilitera les conditions de circulation sur les principales routes nationales RN25 et RN30 et offrira aussi un nouvel axe de développement et réduira considérablement les coûts de transport.

I.5. PROJECTION DU TRACE SUR LA CARTE :

Figure I.1 présentation du tracé sur la carte

II.1 INTRODUCTION :

Pour résoudre la plupart des problèmes d'aménagement ou d'exploitation routiers, il est insuffisant de connaître la circulation en un point donné sur une route existante, il est souvent nécessaire de connaître les différents courants de circulation, leurs formations, leurs aboutissements, en d'autres termes de connaître l'origine et la destination des différents véhicules.

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

II.2. ANALYSE DU TRAFIC :

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

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

II.2.1.Les comptages :

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

- Les comptages automatiques.
- Les comptages manuels.

a- Les comptages automatiques :

On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires. Les comptages permanents sont réalisés en certains points choisis pour leur

représentativité sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et le chemin de Wilaya les plus circulés.
Les comptages temporaires s'effectuent une fois par an durant un mois pendant la période ou le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournant.

b- Les comptages manuels:

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

II.2.2. La Connaissance des flux (les enquêtes):

Il est plus souvent opportun de compléter les informations recueillies à travers des comptages par des données relatives à la nature de 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 interzonaux, en définissant leur origine et destination.

Il existe plusieurs types d'enquêtes :

a) les enquêtes papillons ou distribution :

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 de jour comme de nuit.

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

b) Relevé des plaques minéralogiques :

On relève, par enregistrement sur un magnétophone, en différents ponts (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.

c) Les enquêteurs à domicile -enquête ménage :

Un échantillon de ménages sélectionné à partir d'un fichier fait l'objet d'un inter-vieux à son domicile par une personne qualifiée, le temps n'étant plus limité comme dans le cas des inter-vieux 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.

II.3. DIFFERENTS TYPE DE TRAFICS :

On distingue quatre types de trafic :

a- Trafic normal :

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

b- Trafic induit :

C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.

c- Trafic dévié :

C'est le trafic qui résulte :

- 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 couts de production et de vente due une facilitée apportée par le nouvel aménagement routier.

d- Trafic total :

C'est la somme du trafic induit et du trafic dévié.

II.4. CALCUL DE LA CAPACITE :

II.4.1. Définition de la capacité :

La capacité est le nombre de véhicules qui peuvent raisonnablement passer par une direction de la route « ou deux directions » avec des caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propre durant une période bien déterminé. La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

II.4.2. Calcul du (TJMA) horizon :

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

$$TJMA_h = TJMA_o\,(1+\tau)^{\,n}$$

- **$TJMA_h$** : le trafic à l'année horizon.
- **$TJMA_o$** : le trafic à l'année de référence.
- **n :** nombre d'année.
- **τ :** taux d'accroissement du trafic (%).

II.4.3. Calcul des trafics effectifs:

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (**U.V.P**) en fonction de :

Type de route et de l'environnement :

Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les **PL** en (**U.V.P**).

Le trafic effectif donné par la relation :

$$T_{eff} = [(1 - Z) + PZ].\ TJMA_h$$

- **T_{eff} :** trafic effectif à l'horizon en (UVP/J)
- **Z :** pourcentage de poids lourds (%).
- **P:** coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route (nombres de voies et de l'environnement).

Le tableau si dessous nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence« P »pour poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de notre route.

Environnement	E_1	E_2	E_3
Route à bonne caractéristique	2-3	**4-6**	8-16
Route étroite	3-6	6-12	16-24

Tableau II.1 Coefficient d'équivalence.

II.4.4. Débit de pointe horaire normale:

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

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

- **Q** : débit de pointe horaire
- **n** : nombre d'heure, (en général n=8 heures).
- T_{eff} : trafic effectif.

II.4.5. Débit horaire admissible :

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

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

- K_1 **:** coefficient lié à l'environnement.
- K_2 **:** coefficient de réduction de capacité.
- C_{th} **:** capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable. Avec :

Environnement	E_1	E_2	E_3
K_1	0,75	**0,85**	O, 9 à 0, 95

Tableau II.2 Valeurs de K_1.

	Catégorie				
Environnement	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
E_1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E_2	0,99	**0,99**	0,99	0,98	0,98
E_3	0,91	0,95	0,97	0,98	0,98

Tableau II.3 Valeurs de K_2.

	Capacité théorique (uvp /h)
Route à 2 voies de 3 ,5m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3 ,5m	2400 à 3200
Route à 2 chaussées séparées	**1500 à 1800**

Tableau II.4 : Valeurs de la capacité théorique C_{th}.

II.4.6. Calcul du nombre de voies:

a- Cas D'une Chaussée Bidirectionnelle :

On compare **Q** à $\mathbf{Q_{adm}}$ et on prend le profil permettant d'avoir : $\mathbf{Q_{adm} \leq Q}$

b- Cas D'une Chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport :

$$\mathbf{n = S.\ Q/Q_{adm}}$$

Avec **:**

- **S** **:** coefficient de dissymétrie en général égale à **2/3**
- $\mathbf{Q_{adm}}$ **:** débit admissible par voie

II.5. APPLICATION AU PROJET

II.5.1 Données de trafic :

En se basant sur les données de trafic effectuées par le C.T.T.P (année 2007) pour la région de Tizi ouzou, s'agissant de CW 128, les données sont les suivantes :

- Le trafic à l'année 2007 $TJMA_{2007}$ = 5970 (v/j).
- Le taux d'accroissement annuel du trafic τ =0.2%.
- La vitesse de base sur le tracé V_B= 80 (Km/h).
- Le pourcentage de poids lourds PL= 35 %.
- L'année de mise en service sera en 2018.
- La durée de vie estimée est de 20 ans.
- Le coefficient d'équivalence de poids lourd : Pour une route à bonne caractéristique et un environnement E2 on a P=6 (t)
- Les coefficients correcteurs : K1=0.85 pour E2.
  K2= 0.99 pour E2 et C2.

II.5.2 Projection future du projet :

L'année de mise en service (2018).

$$\mathbf{TJMA_h = TJMA_0\,(1+\tau)^n}$$

- **$TJMA_h$:** le trafic à l'année horizon (année de mise en service 2018).
- **$TJMA_o$:** le trafic à l'année de référence (origine 2007).

$TJMA_{2018} = 5970 \,.\, (1 + 0{,}02)^{11} = 7423$ (v /j).
Donc **: $TJMA_{2018}$= 7423 (v /j).**

Trafic a l'année (2038) pour une durée de vie de 20 ans.

$TJMA_{2038} = 7423.\ (1 + 0{,}02)^{20} = 11030$ (v /j).
Donc : **$TJMA_{2038}$= 11030 (v /j).**

II.5.3 Calcul du trafic effectif :

$$\mathbf{Teff = [(1 - Z) + PZ].\ TJMA_h}$$

- **P:** coefficient d'équivalence pour le poids lourds. Pour une route à bonne caractéristique et un environnement **E_2**, on a **P=6 (***tableau II.1)*
- **Z :** pourcentage de poids lourds est égale à 35 (%).

$T_{eff} = [(1 - 0,35) + 6 \,.0,35].11030 = 30333$ (unv /j).
Donc : **T_{eff} = 30333 (unv /j).**

II.5.4 Débit de pointe horaire normale :

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

Avec : **(1 /n) :** coefficient de pointe horaire pris est égale a 0 ,12.
$Q = 0{,}12 \times 30333 = 3640$(uvp/h).
Donc: **Q= 3640 (uvp/h).**

II.5.5 Débit admissible :

Le débit que supporte une section donnée :

$$\mathbf{Q_{adm} = K_1.K_2.\ C_{th}}$$

- **K_1 :** coefficient correcteur pris égal à 0,85 pour E_2. *tableau (02*)
- **K_2 :** coefficient correcteur pris égal à 0,99 pour environnement (E_2) et catégorie (C_2).

- **C_{th} :** capacité effective par voie. D'après (B40) on adopte pour l'évitement un profil à 2 chaussées séparées.
- On prend :C_{th}=1800 (uvp/h).

Q_{adm} = 0, 85 x 0, 99 x 1800= 1 515 (uvp/h).

Donc: **Q_{adm}= 1 515 (uvp/h).**

II.5.6 Le nombre de voies:

On a : n = S. Q/Q_{adm} = (2 / 3) × (3640 /1515) =1,60 ≈ 2.

Donc: **n= 2 voies /sens**

❖ **Résultats de calcul :**

$TJMA_{2007}$ (v /j)	**$TJMA_{2018}$ (v /j)**	**$TJMA_{2038}$ (v /j)**	**$Teff_{2038}$ (uvp/h)**	**Q_{2038} (uvp/h)**	**Q_{adm} (uvp/h)**	N^{bre} des voies par sens
5970	7423	11030	30333	3640	1515	2

Tableau II.5 résultats de calcul

II.5.7 Calcul de l'année de saturation :

On a :

$Teff_{2018}$= [(1 – 0, 35) + 6 .0, 35].7423 = 20 414 (uvp/j).

$Teff_{2018}$=20 414 (uvp/j).

Q_{2018}= 0,12 × 20 414= 2 450 (uvp/j).

Donc : **$Q_{Saturation} = 4 \times Q_{adm}$**

$Q_{Saturation}$= 4 × 1515= 6 060 (uvp/j).

$Q_{Saturation} = (1+\tau)^{n} \times Q_{2018} \Rightarrow n = \log (Q_{Saturation} / Q_{2018}) / \log (1+\tau)$

n = log (6 060 / 2 450) / log (1+0 ,02) = 45,73 ≈46 ans.

Donc l'année de saturation = 2018+46=2064.

III.1.INTRODUCTION :

La route est un ouvrage spatial, représenté en trois dimensions, la projection de la route sur les trois plans de l'espace nous permet d'avoir les trois principales représentations graphiques de la route à l'aide de logiciel piste :

- Le tracé en plan.
- Le profil en long.
- Le profil en travers.

III.2.REGLES ET PRINCIPES DU TRACE EN PLAN :

- Respecter les normes de la ARP (l'aménagement des routes principales).
- Adapter le trace au terrain naturel afin d'éviter les grands mouvements de terre (les terrassements important).
- Se raccordé au réseau routier existant.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et zones forestiers.
- Eviter les sites qui sont sujet à des problèmes géologiques (présence de failles ou des matériaux présentant des caractéristiques très médiocres)
- Recourir de préférence à des alignements droits (au moins 50 % du linéaire pour permettre l'implantation de carrefours et de visibilité de déplacement dans de bonnes conditions) alternant avec des courbes moyennes (de rayon supérieur au rayon minimal sans dépasser le rayon non déverse).

III.3.LES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN :

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments:

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

III.3.1.Les droites (alignements):

La droite est l'élément géométrique le plus simple, mais les grands alignements droits sont déconseillés.

Une longueur maximale Lmax est prise égale à la distance parcourue pendant soixante (60) secondes.

Lmax = $T.V_B$ T = 60 sec

$$Lmax = 60 \times \frac{V_B}{3.6}$$

V_B: vitesse de base en km/h

Quant à La longueur minimale (courbe même sens) elle ne doit pas être inférieure à la distance parcourue avec la vitesse de base durant un temps d'adaptation qui est égale à 5 secondes.

Lmin = $T.V_B$ T= 5 sec

$$Lmin = 5 \times \frac{V_B}{3.6}$$

Pour raisons de sécurité de circulation et d'esthétique, on évitera les cas particuliers suivants **:**

- Réunion de 2 Longues courbes par un alignement court .
- Réunion de 2 Longues alignements par une courbe courte s'est à dire de faible rayon .

III.3.2.Les arcs de cercle:

Il est bien de rappeler que pour une route de catégorie donnée, il n'y a aucun rayon inferieur a RHm (rayon minimum absolue), on utilise alors autant que possible des valeurs supérieures ou égale a RHm.

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

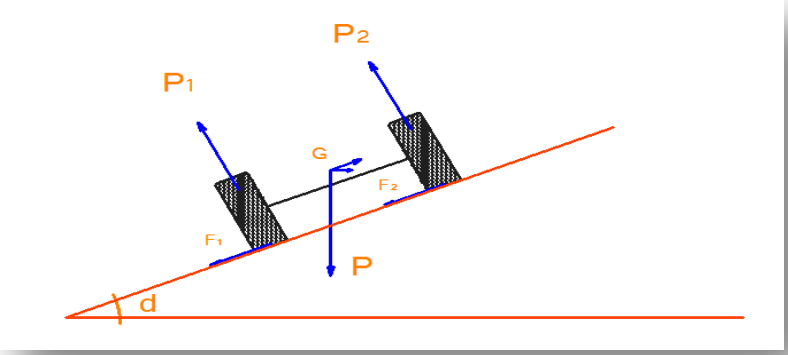
- Stabilité des véhicules en courbe.
- Visibilité en courbe.
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

a-Stabilité en courbe :

Dans un virage de rayon R un véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui sert à provoquer une instabilité du système, afin de réduire l'effet de la force centrifuge on incline la chaussée transversalement vers l'intérieure du virage (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite devers exprimée par sa tangente.

-L'équilibre des forces agissant sur le véhicule nous amène à la conclusion suivante :

$$RHm=\frac{V_B^2}{127.(f_t+d)}$$



NB :

- « d » ne doit pas être trop grand (risque de glissement à faible vitesse par temps pluvieux ou verglas)
- « d » ne doit pas être trop faible pour assurer un bon écoulement des eaux et la stabilité du véhicule .

Ceci nous conduit à la série de couples (R, d).
Au devers maximum correspond le rayon minimum absolu RHm .
Selon le reglement B40 d_{max} est fixé comme suit :

- d_{max} = 7% pour les catégories (1– 2) ;
- d_{max} = 8% pour les catégories (3 – 4) ;
- d_{max} = 9% pour la catégorie 5.

Conséquences :

➢ Rayon horizontal minimal absolu :

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

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

F_t : coefficient de frottement transversal

V_b = 80 km /h ↔ f_t=0 ,13 (tableau 5 coefficient frottement B40)

- **Rayon minimal normal :**

$$RHn=\frac{V_B^2+20}{127.(ft+d_{max})}$$

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

- **Rayon au dévers minimal :**

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse V_B serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit. Dévers associé d_{min} = 2.5%.

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

V_B : vitesse de base.

- **Rayon minimal non déversé :**

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

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

Pour: Cat 1-2

$$RHm=\frac{V_B^2}{127.(f''-0,03)}$$

Pour : Cat 3-4-5

Avec :
f'' : coefficient de frottement transversal.
f''= 0.07 cat 3
f''= 0.075 cat 4 -5

Pour notre projet est situé dans un environnement E_2, et classé en catégorie C_2 avec une vitesse de base V_B=80 Km /h, le règlement (B40) préconise les rayons suivant :

Paramètres	symboles	Valeurs
Vitesse (km/h)	V_B	80
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (7%)	252
Rayon horizontal normal (m)	RHN (5%)	281
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5%)	1008
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (-2.5%)	1440

Tableau III.1 :Rayons en plan et devers associés (E2 - C2).

b- visibilité en courbe :

Pour assurer une bonne visibilité en courbe, on opte pour l'augmentation de rayon de virage .

c-Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayons faibles :

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

Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une sur-largeur S par rapport à sa largeur normale en alignement donnée par la formule suivante :

$$S = L^2 / 2R$$

- L : longueur du véhicule (valeur moyenne L = 10m).
- R : rayon de la courbe de l'axe de la route.

III.3.3.les courbes de raccordement :

Le fait que le tracé soit constitué d'alignement et d'arc ne suffit pas, il faut donc prévoir des raccordements à courbure progressif, qui permettent d'éviter la variation brusque de la courbe lors du passage d'un alignement à un cercle ou entre deux courbes circulaires et ça pour assurer :

- La stabilité transversale du véhicule.
- Confort des passagers du véhicule.
- Transition de la forme de la chaussée.
- Un tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

III.3.3.1-Type de courbes de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues, nous avons retenu les trois courbes suivantes :

- **Parabole cubique** : est définie par l'équation suivante : $y = c.x^3$, elle est utilisée en raison de sa courbure vite atteinte (utilisée surtout dans le tracé de chemin de fer).

- **Lemniscate** : est définie par l'équation : $K.F = (1/R)$, sa courbe est proportionnelle à la longueur du rayon vecteur F.

- **Clothoïde** : est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul, la courbure de la clothoïde est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.

➢ Expression mathématique de la Clothoïde :

Courbure K linéairement proportionnellement à la longueur curviligne.

K = C.L
On pose: **$1/C = A^2 \Rightarrow L.R = A^2$**

➢ Eléments de la Clothoïde:

- **R**: rayon de cercle.
- **L**: longueur de la branche de Clothoïde.
- **A**: paramètre de la Clothoïde.

- **KA** : origine de la Clothoïde.
- **KE** : extrémité de la Clothoïde.

- **ΔR** : ripage.
- ***τ***: angle des tangentes.
- **TC** : tangente courte.
- **TL** : tangente langue.
- **S** : angle polaire.
- **S_L**: corde KE – KA.
- **M :** centre du cercle d'abscisse X.
- **X_M** : abscisse du centre du cercle de M à partir de KA.
- **Y_M** : ordonnée du centre du cercle M à partir de KA

.

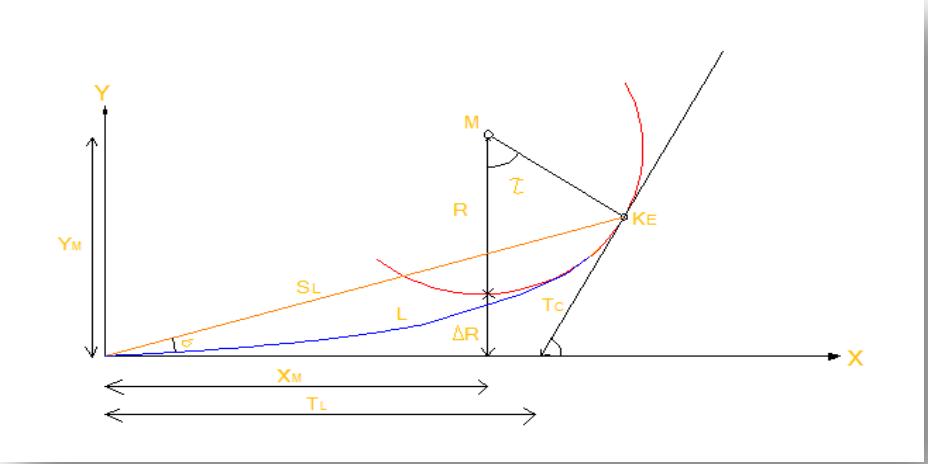


Figure III .1 Elément de la Clothoïde

❖ **Le choix d'une Clothoïde doit respecter les conditions suivantes :**

➢ **Condition optique :**

La Clothoïde doit aider la lisibilité de la route on amorce le virage, la rotation de la tangente doit être $\leq 3°$pour être perceptible à l' œil.

$R > A \geq R/3$

Règle générale (B40):

- $R \leq 1500m$ $\Rightarrow \Delta R = 1m$ (éventuellement 0, 5 m) $L = \sqrt{24.R.\Delta R}$

- $1500 < R \leq 5000m \quad \Rightarrow \quad L \geq R/9.$
- $R > 5000m \quad \Rightarrow \Delta R = 2,5m \quad L = 7,75\sqrt{R}$

➢ **Condition de confort dynamique :**

Cette condition consiste à éviter la variation trop brutale de l'accélération transversale, est imposé à une variation limitée.

$$\mathbf{L \geq \frac{V_B^2}{18}\left(\frac{V_B^2}{127.R} - \Delta d\right)}$$

R : rayon en (m).
Δd : variation de dévers.

➢ **Condition de gauchissement :**

La demi chaussée extérieur au virage de C.R est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule .le raccordement doit assurer à la voieun aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation des dévers.
A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversé et de son axe de tel sorte que $\Delta p < 0,5/V_B$.

$$\mathbf{L \geq l.\ \Delta d.\ V_B}$$

- L : longueur de raccordement.
- l : largeur de la chaussée.
- Δd : variation de dévers.

Remarque :

La vérification des deux conditions de gauchissement et au confort dynamique, peut ce faire à l'aide d'une seule condition qui sert à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation par unité de temps, du dévers de la demi-chaussée extérieure au virage. Cette variation est limitée à 2%.

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

III.4.PARAMETRES FONDAMENTAUX (B40) :

Pour le cas de notre projet la vitesse de base est du 80 km/h ; le tableau suivant illustre l'ensemble de la caractéristique des différents éléments.

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse de base (km/h)	V_B	80
Longueur minimale (m)	L_{min}	111,11
Longueur maximale (m)	L_{max}	1333,33
Divers minimale (%)	d_{min}	2,5
Divers maximale (%)	d_{max}	7
Temps de perception réaction (s)	Tpr	2
Coefficient de Frottement longitudinal	f_L	0 ,39
Coefficient de Frottement transversal	f_t	0,13

Tableau III.02: Paramètres fondamentaux (B40).

III.5. TACHES EFFECTUES :

Nous allons procéder à la conception du projet avec le logiciel PISTE 5 en suivant les étapes suivantes :

III.5.1-Construction de terrain :

a-construction du fichier fond de plan :

-ouvrir piste en clique sur fichier ⟶ nouveau

-choisir fond de plan **TPL (seg)** ⟶ ok

Une boite de dialogue va apparaitre, donner un nom au nouveau fichier (ex : terrain), puis ouvrir et confirmer la création du nouveau fichier

III.5.2. chargement du fichier géométrique :

Fichier ⟶ lire ⟶ on aura le nom donne au point topographique ⟶

Ouvrir, on aura un nuage de point

Maintenant il nous reste à exploiter le fichier ouvert pour tracer notre axe en plan

III.5.3. Triangulation du terrain :

Elle permet de construire un modèle surfacique du terrain à partir du fichier géométrique précédent.

Calcul ⟶ trianguler ⟶ ok ⟶ triangulation effectuée

Calcul ⟶ courbe de niveau (nombre de pas), ok

Calcul ⟶ point hauts et bas

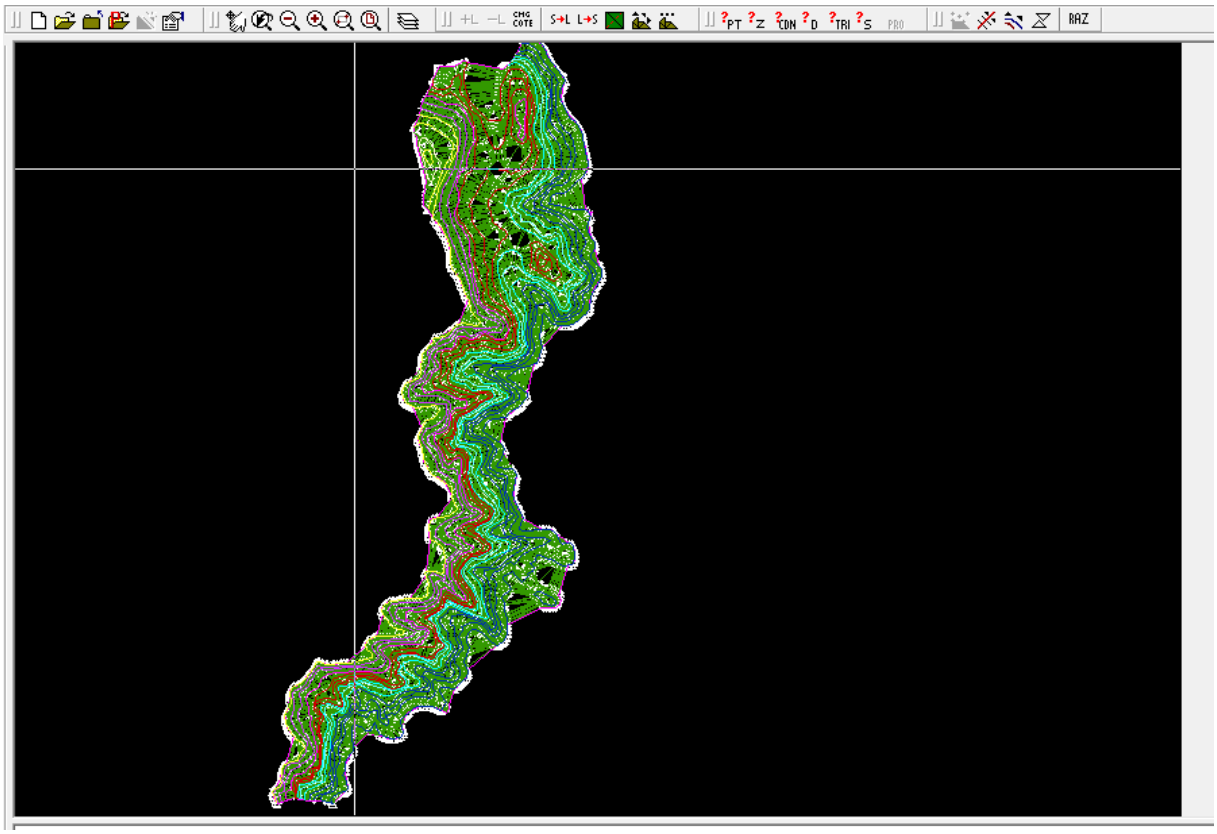


Figure III.2: Triangulation du terrain.

III.5.4. Définition de l'axe en plan et tabulation :

Fichier ⟶ nouveau, donner un nom (ex : axe en plan), et choisir : ‘’conception plane (dap)’’puis ouvrir, ok

Fichier ⟶ fond de plan ⟶ ouvrir

III.5.5.Définition les éléments de l'axe (points , droits , cercles)

-**Points** :

Élément ⟶ point ⟶ nom d'élément : en bas de la page de terrain on écrit (poi p1) ⟶ graphiquement, on sélectionne le premier point sur le graphique exécuté

Élément ⟶ point ⟶ nom d'élément : en bas de la page de terrain on écrit (Poi P2) ⟶ graphiquement, on sélectionne le deuxième point sur le graphe, ⟶ exécuté

Même chose pour les autres points

-**Droites** :(liaison entre deux points)

Elément ⟶ droite ⟶ nom d'élément : on donne un nom pour la droite en bas du graphe (DRO D1 P1P2)

⟶ Entrer

Elément ⟶ droite ⟶ nom d'élément : on donne un nom pour la droite en bas du graphe (DRO D2 P2 P3) ⟶ Entrer

Même chose pour les autres droites

- **Cercles** : (deux droites et un rayon)

On détermine d'abord le rayon

-Le rayon :

Elément ⟶ distance en bas du graphe : Dis R1 (ex : +40) ⟶ Entrer

On détermine un autre rayon s'il existe en tenant compte le signe

Et on passe au cercle

Elément ⟶ cercle : on écrit bas du graphe CER C1 D1 D2 R1 ⟶ Exécuter

Même chose pour les autres cercles

III.5.6. construction de l'axe :

Elément ⟶ axe ⟶ nom d'élément (Axe Ax)

⟶ Point (on clique sur le point P1) ⟶ fin automatique

⟶ Exécuter : on aura notre axe rouge

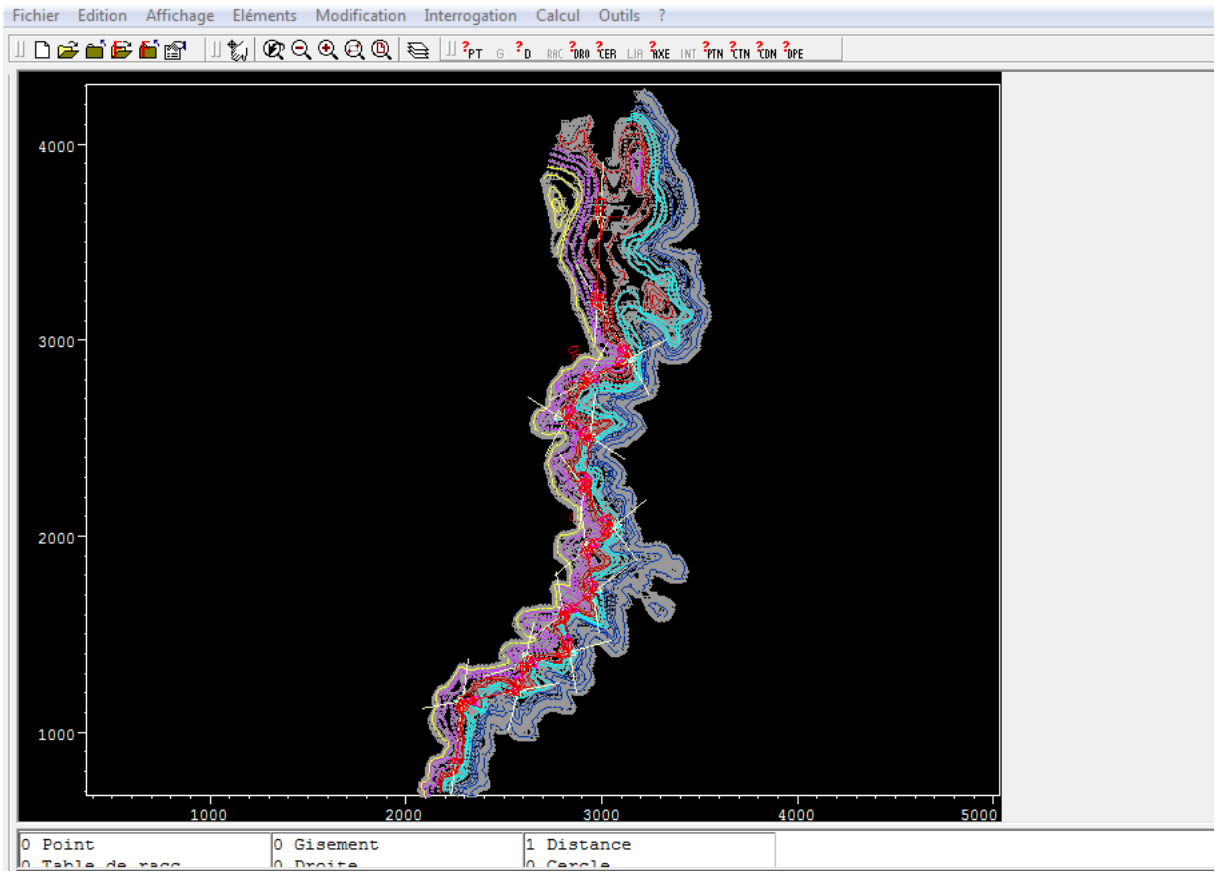


Figure III.3 : Axe en plan

III.5.7. tabulation de l'axe :

Calcul ⟶ zone ⟶ Axe : on sélectionne sur le graphe « Ax » et on donne des valeurs (Ex : de 0 à 20), pour que le logiciel nous donne les résultats chaque 20 m ⟶ Exécuter

-un clic sur F2 nous permet de voir les résultats en mode texte

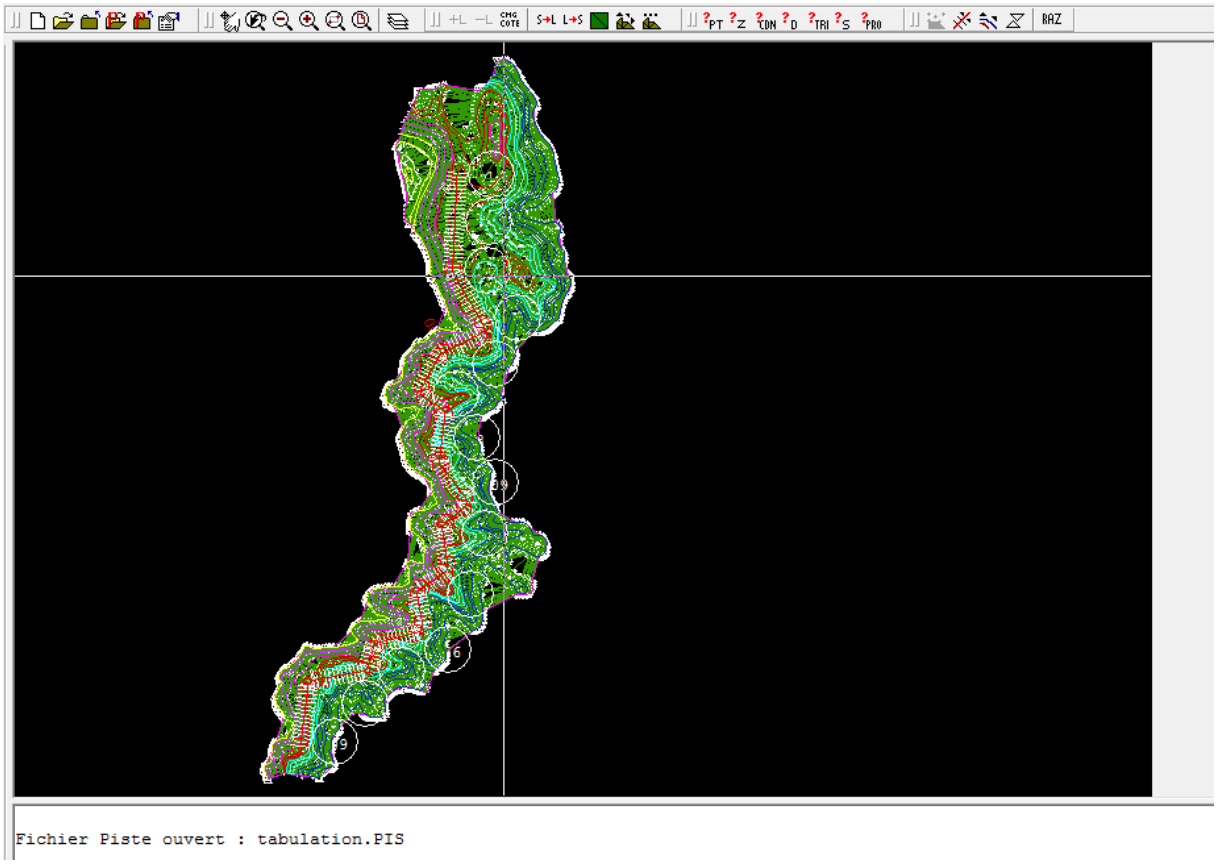


Figure III.4 : Tabulation axe en plan.

IV.1. DEFINITION :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développée et représentée sur un plan à une certaine échelle. C'est en général une succession d'alignements droits (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires.

Pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

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

IV.2. REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE DE LA LIGNE ROUGE :

Le tracé de la ligne rouge doit répondre à plusieurs conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux pluviales. Pour cela il faut :

- Minimiser les terrassements, en recherchant l'équilibre adéquat entre le volume de remblais et de déblais.
- De ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les règlements.
- D'éviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance.
- D'éviter les hauteurs excessives de remblais.
- Prévoir le raccordement avec les réseaux existants.
- Au changement de déclivité (butte ou creux) on raccordera les alignements droits par des courbes paraboliques.
- D'assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

IV.3. COORDINATION ENTRE LE TRACE EN PLAN ET LE PROFIL EN LONG :

La coordination du tracé en plan et du profil en long doit faire l'objet d'une étude d'ensemble, afin d'assurer une bonne insertion dans le site, respecter les règles de visibilité et autant que possible, un certain confort visuel; ces objectifs incite à :

- Associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important.
- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :

R vertical > 6 × R horizontal, pour éviter un défaut d'inflexion.

IV.4. DECLIVITES:

La déclivité d'une route est la tangente des segments de profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nom de pente pour les descentes et le nom rampe pour les montées.

IV.4.1.Déclivité minimum :

Les tronçons de route absolument horizontaux, dits « paliers » sont à éviter si c'est possible, pour la raison de l'écoulement des eaux pluviales. La pente transversale seule de la chaussée ne suffit pas, il faut encore que l'eau accumulée latéralement s'évacue longitudinalement avec facilité par des fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante.

Déclivité min : i_{min} = 0,5 %, de préférence 1 %

IV.4.2.Déclivité maximum :

Du point de vue technique, la déclivité max dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée, ainsi que la réduction des vitesses qu'elle provoque. Le problème de l'adhérence concerne tous les véhicules, tandis que pour la réduction des vitesses ce sont les camions (poids lourds PL) qui sont déterminants, car la plupart des PL ont une grande réserve de puissance.
Donc Il est conseillé d'éviter les pentes supérieures à 7%.

IV.5. LES RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG :

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

Il y a deux types de raccordements :

IV.5.1.Raccordements convexes (angles saillants):

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants, sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain,

des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité. Leur conception doit satisfaire les condition suivantes :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

a- Condition de confort :

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

V_2 /Rv < g /40 avec $g = 10\ (m/s^2)$ et $v = V/3.6$

D'ou :

$Rv \geq 0,30\ V^2$ (cat 1-2).

$Rv \geq 0,23\ V^2$ (cat 3-4-5).

Tel que :

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

V : vitesse de référence (km /h).

b- Condition de visibilité :

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

Il faut deux véhicules circulent en sens opposes puissent s'apercevoir a une distance double de la distance d'arrêt minimum.

Le rayon de raccordement est donne par la formule suivante :

$$R_V \geq \frac{d^2}{2.(h_0 + h_1 + 2.\sqrt{h_0 . h_1})} \approx 0,27\ D^2$$

- **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 par les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix unidirectionnelle et pour une vitesse de bas V_r=80 (Km/h) et pour la catégorie 2 on à :

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R_{Vm1}	2 500
Min- normal	R_{VN1}	6 000
Dépassement	R_{VD}	11 000

Tableau IV.1 : Rayons convexes (angle saillant) (B40).

IV.5.2.Raccordements concaves (angle rentrant):

Ces rayons ne posent pas de problèmes de sécurité majeurs mais leur dimensionnement est essentiellement conditionné par des contraintes de confort dynamiques, les conditions de visibilité nocturnes et l'évacuation des eaux de ruissellement. La présence d'un passage supérieur au droit d'un angle rentrant mérite un examen particulier.

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 :

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

Pour une vitesse V_r = 80 km/h et catégorie 2 on a le tableau suivant :

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R'_{Vm}	2 400
Min –normal	R'_{VN}	3 000

Tableau IV.2 : rayons concaves (angle rentrant) (B40).

IV.6. APPLICATION AU PROJET :

Tout comme le tracé en plan on utilise le logiciel PISTE 5

Le fichier est déjà ouvert et interpoler

Visualisation de l'axe :

⟶ Fichier⟶ projet piste ⟶ ouvrir (on cherche notre axe « axe projeté » ouvrir ⟶ on aura le terrain avec les profils

Création du profil en long :

Fichier ⟶ nouveau ⟶ conception longitudinal ⟶ ok

(Donner un nom exp : profil en long) ⟶ ouvrir ⟶ ok

⟶ Bouton droit ⟶ zoom tout

L »axe longitudinalement :

Fichier ⟶ projet piste : on cherche notre axe « axe projeté » ⟶ ouvrir : on aura le profil en long

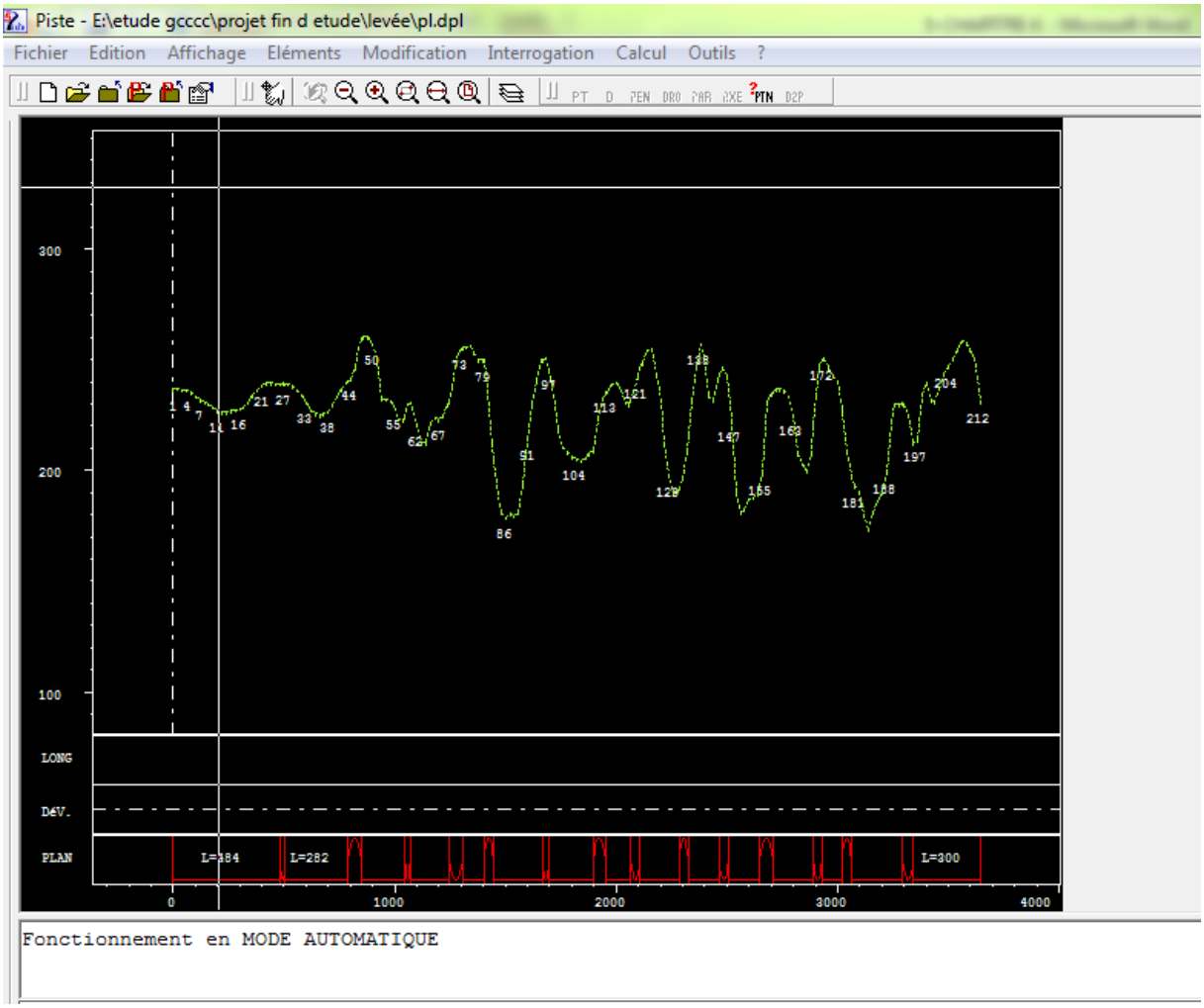


Figure IV.1 : Profil en long

Conception des éléments du profil en long :

-Point :

Elément ⟶ point ⟶ nom d'élément ⟶ graphiquement ⟶ profil terrain : on sélectionne sur le graphe « profil n 1 » et on sélectionne ⟶ exécuter

2^{eme} point

Elément ⟶ point ⟶ graphiquement : écrire p2 en bas et sélectionner sur le graphe un point ⟶ exécuté

La même chose avec les autres points

Le dernier point : comme le premier point : au lieu de sélectionner un « p » graphiquement on sélectionne "profil terrain"

-Droites :

Elément ⟶ droite ⟶ nom d'élément : on écrit D1 et sélectionner sur le graphe entre P1 et P2 ⟶ Exécuter

On fait la même chose avec le reste des droites

-Parabole (cercle) :

Elément ⟶ distance : R1 ⟶ donner sa valeur avec considération du signe, Exécute

Elément ⟶ parabole ⟶ nom d'élément ⟶ PARA 1

Et sur le graphe on sélectionne D1 et D2 et distance R1 ⟶ ok ⟶ exécuter

La même chose avec les autres paraboles si existent

-Dessiner l'axe :

Elément ⟶ Axe : sélectionner ⟶ point P1 sur le graphe ⟶ fin automatique exécuté : on aura l'axe en rouge

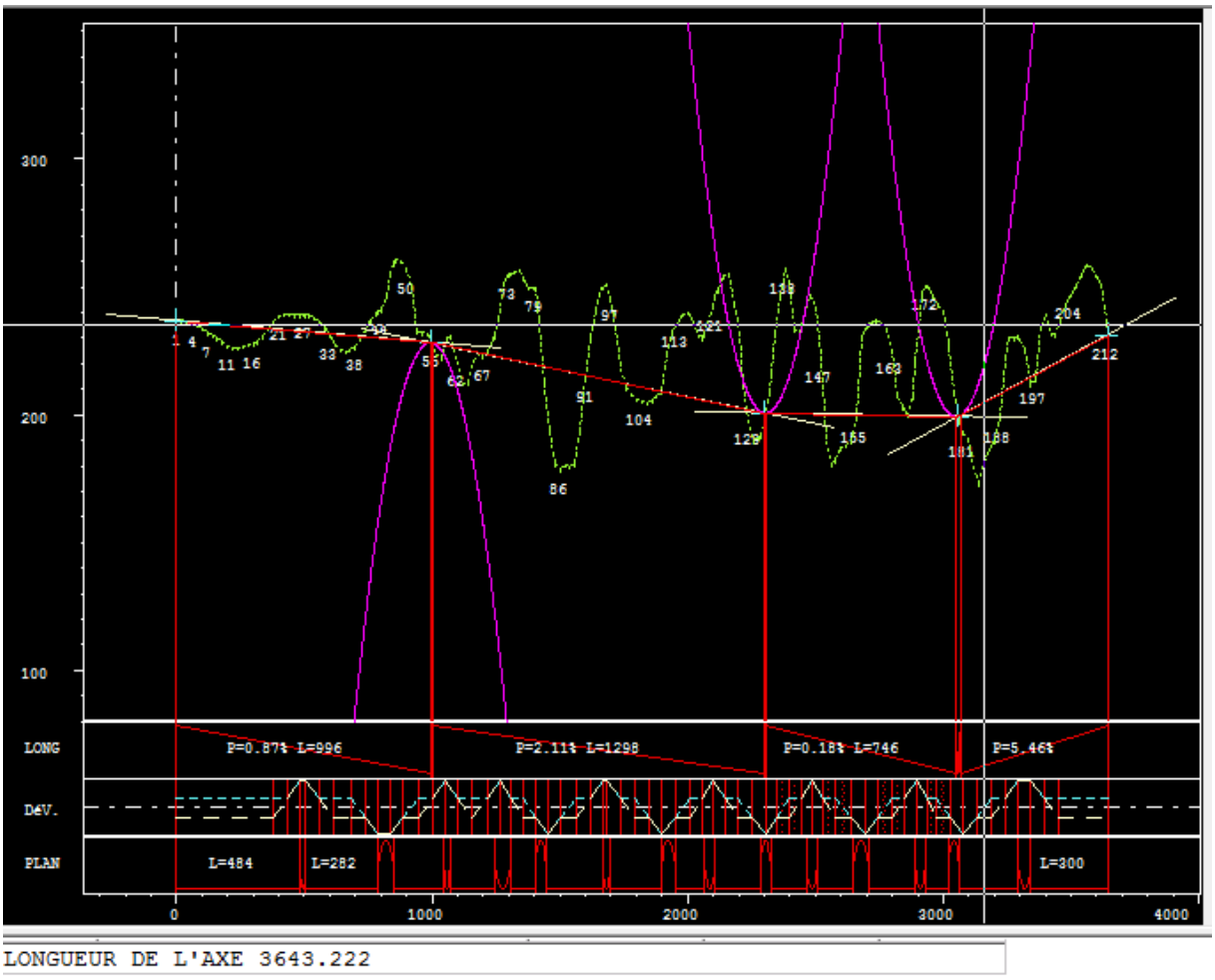


Figure IV.2 : Eléments du profil en long

-Calculer les zones et tabuler :

Calcul ⟶ zone ⟶ saisir une valeur

Ex : tabuler l'axe ⟶ (Ac) compléter.

BIBLIOGRAPHIE

- **B40** (normes techniques d'aménagement des routes).
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (**C .T.T.P.**).
- **I.C.T.A.A.L** (instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison).
- Thèses de fin d'études précédentes à l'UMMTO et à l'école nationale supérieure des travaux publics (ENSTP).
- Cours de routes 1ère année master UMMTO.
- Code algérien de la route.
- Recommandation pour l'assainissement routier (SETRA).
- La direction des travaux publics (DTP) de la wilaya de Tizi-Ouzou
- **ARP** aménagement des routes principales (recommandations techniques (**aout-1994**))
- RPA99/version 2003
- SITE internet : www.SETRA.com
- CTTP, 2001, Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :
  fascicule1
  fascicule2
  fascicule3

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail aux deux personnes les plus chères au monde, ma mère et mon père qui m'ont soutenu et aidé pour arriver là ou j'en suis aujourd'hui.

À mes grand-mère.

À mes frères samir et mouhamed.

A tout mas famille

A tout les amis

À mon binôme nadir ainsi que leurs familles.

À tous mes amis et camarades de la promotion Génie Civil

Nabil.

Dédicaces

À mes chers parents à qui je dois tout.

À la mémoire de mon père.

À mon frère et mes sœurs.

À ma grande famille, en particulier mes oncles.

À mon binôme NABIL avec qui j'ai partagé ce travail.

À mes copains de chambre L07 (hessnaoua).

À tous mes amis avec qui j'ai partagé des moments précieux.

NADIR

REMERCIEMENTS

Louange à ALLAH le saint tout puissant miséricordieux de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Nous adressons nos remerciements à notre encadreur madame OUKID, de nous avoir guidé pour la réalisation de ce travail, à la fois présent et disponible, il a encouragé nos initiatives à travers la grande liberté d'action qu'il nous a octroyée.

Nous voudrons remercier les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, et qu'ils nous feront l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.

Nous remercions également l'ensemble des enseignants de l'UMMTO qui ont contribué à notre formation.

Nos vifs remerciements vont aussi aux ingénieurs de la DTP