

Chapitre I

Présentation du projet

I- Introduction :

Etant donnée la nature et l'importance des échanges commerciaux et les flux du trafic routier de la willaya de Tizi-Ouzou, il est primordial de dynamiser et de renforcer les infrastructures routières.

Dans l'optique de relier la RN12, à la RN24 en passant par le futur barrage d'Azeffoune, la **Direction des Travaux Publiques « DTP »** de la willaya de Tizi-Ouzou a prévu la conception d'une AutoRoute express pour favoriser le développement et les échanges entre ces deux régions. Le point de départ de ce projet est le carrefour de la pénétrante de FREHA et le point d'arrivée est le futur barrage d'Azeffoune. Ceci en attendant la future liaison barrage vers la RN24.

II- Description de projet :

➤ Cadre d'étude :

Notre projet à pour objectif de concevoir en phase **Avant Projet Détaillé « APD »** la continuité de la pénétrante qui reliera la RN12 à la RN 24. Notre projet commence du **PK 12+070** jusqu'au **PK 19+321** en traversant par le **Chemin Willaya CW158**.

➤ La pénétrante :

C'est une autoroute express à chaussée séparée de **2x2** voies en cours de réalisation. L'aménagement en axe autoroutier de la RN12 entre la commune de Freha et Azeffoun et s'inscrit dans le projet de dynamiser l'économie de la région (voir figure 1).

La RN12 est un axe central de circulation qui traverse les willayas d'EST en OUEST sur une longueur de 30 km, il dessert les grands centres urbains : Yakouren, Azazga, Tizi-Ouzou ville et Tadmait et dessert la RN5 au niveau de la willaya de Boumerdes.

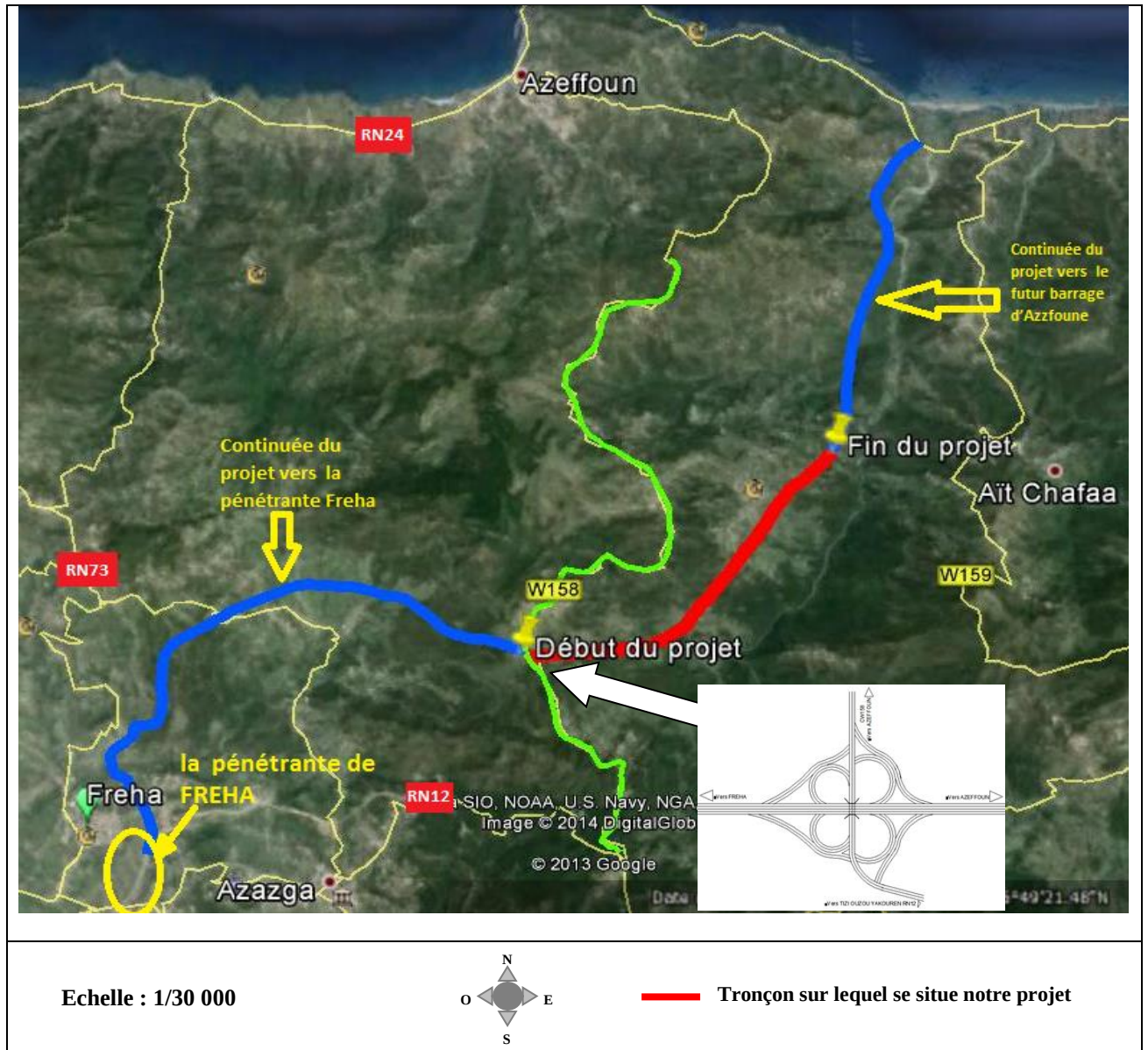


Figure I.1 : Photo satellite de la région d'étude

III-I- L'objectif et l'utilité du projet :

L'objectif principal de notre projet est d'alléger le trafic présent et futur en raison du développement rapide des activités économiques de la région d'Azazga et le potentiel futur du trafic dans la période estivale.

L'utilité sera le gain de temps pour les usagés de la route par le décongestionnement du trafic des zones urbaines et aussi réduire le nombre d'accidents et améliorer le cadre de vie des citoyennes de la région

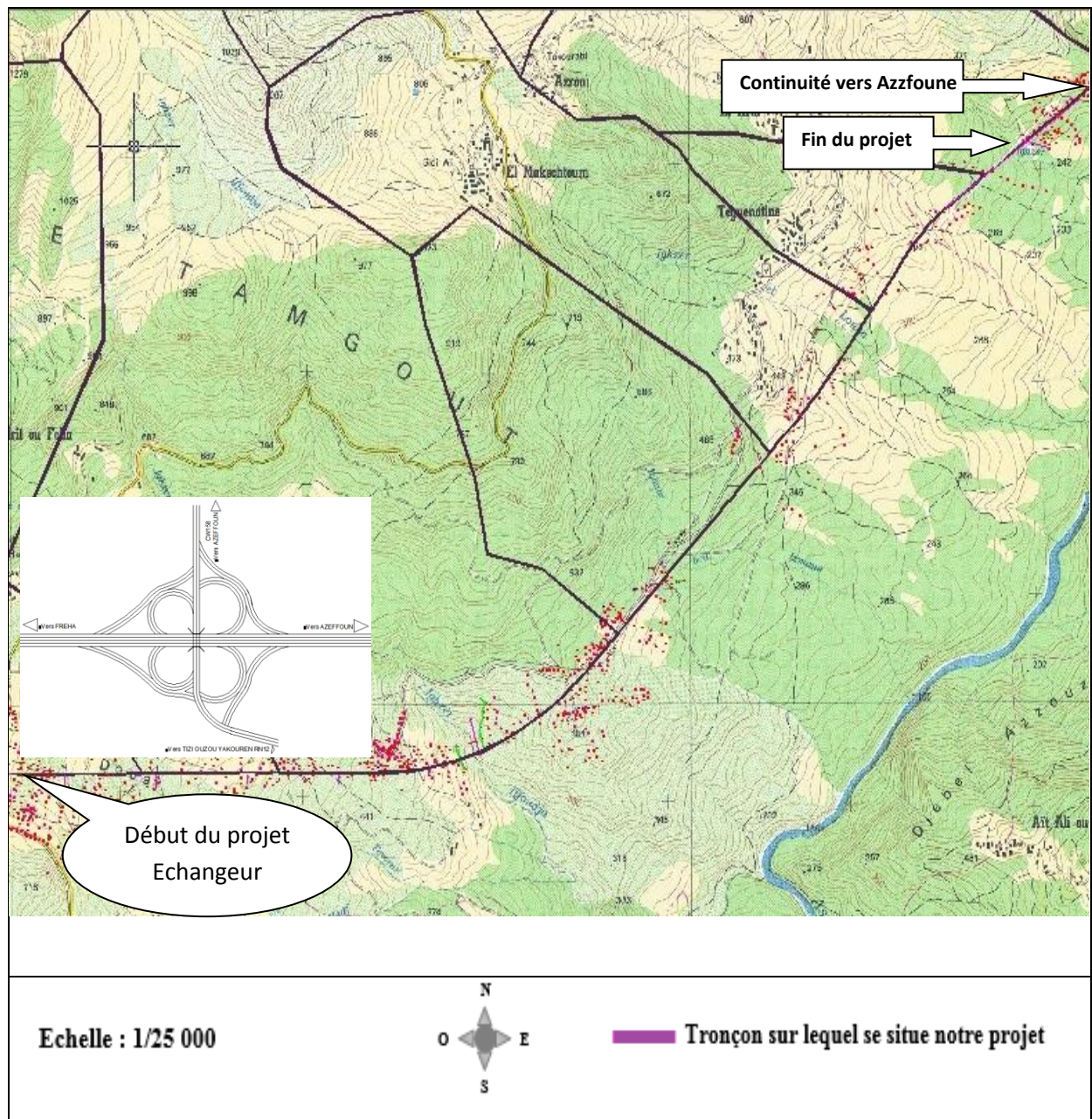


Figure I.2 : Carte d'état-major de la région d'étude

Conclusion :

Notre projet a pour rôle de concevoir une nouvelle voie qui va relier la RN12 à la RN24. Afin d'assurer la fluidité de la circulation et la stabilité de notre voie, nous allons veiller à respecter les points suivants :

- ✓ Réalisation du meilleur tracé possible.
- ✓ Etude de l'assainissement.
- ✓ Dimensionnement du corps de chaussée.

Chapitre II

Etude du trafic

I- Introduction :

L'étude du trafic est une étape primordiale dans toute réflexion relative à un projet routier. Cette étude constitue un moyen très important de saisie des grands flux à travers un pays ou bien une région.

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.

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

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

II-Analyse du trafic :

Afin de déterminer en un point et en un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage qui nécessite une logistique et une organisation appropriée. Pour obtenir le trafic, on peut recourir à divers procédés qui sont :

- La statistique générale.
- Le comptage sur route (manuel ou automatique).
- Une enquête de circulation.

III- Différents types de trafic :

On distingue quatre types de trafic :

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

2) Trafic induit : C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.

3) Trafic dévié : C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée.

4) Trafic total : C'est la somme du trafic induit et du trafic dévié.

IV- Modèle de présentation du trafic :

La première étape de ce type d'étude est le recensement de l'existant. Ce recensement permettra de hiérarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure, et de mettre en évidence les difficultés dans l'écoulement du trafic et de ses conséquences sur l'activité humaine. Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le futur sont:

- ✓ Prolongation de l'évolution passée.
- ✓ Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques.
- ✓ Modèle gravitaire.
- ✓ Modèle de facteur de croissance.

IV-1-Corrélation entre le trafic et les paramètres économiques:

Elle consiste à rechercher dans le passé une corrélation entre le niveau de trafic d'une part et certains indicateurs macro-économiques :

- ✓ Produit national brut (PNB).
- ✓ Produits des carburants, d'autres part, si on pense que cette corrélation restera à vérifier dans le taux de croissance du trafic, mais cette méthode nécessite l'utilisation d'un modèle de simulation, ce qui sort du cadre de notre étude.

IV-2- Modèle gravitaire:

Il est nécessaire pour la résolution des problèmes concernant les trafics actuels au futur proche, mais il se prête mal à la projection.

IV-3- Modèle de facteurs de croissance:

Ce type de modèle nous permet de projeter une matrice origine destination. La méthode la plus utilisée est celle de FRATAR qui prend en considération les facteurs suivants:

- ✓ Le taux de motorisation des véhicules légers et leur utilisation.
- ✓ Le nombre d'emploi.
- ✓ La population de la zone.

Cette méthode nécessite des statistiques précises et une recherche approfondie de la zone à étudier.

V- Hypothèse de calcul :

On définit la capacité de la route par le nombre maximal des véhicules pouvant raisonnablement passer sur une section donnée d'une voie dans une direction (ou deux directions) avec des caractéristiques géométriques et de circulation pendant une période de temps bien déterminée. La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

V-1- Trafic à un horizon donné:

Du fait de la croissance annuelle du trafic, le trafic journalier moyen à un horizon donné s'exprime comme suit :

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

Tel que:

- ✓ TJMA_n : trafic journalier moyen à l'année n.
- ✓ TJMA₀: trafic journalier moyen à l'année 0 (référence).
- ✓ τ : taux d'accroissement annuel.
- ✓ n : nombre d'année à partir de l'année d'origine.

V-2-Trafic effectif:

C'est le trafic par unité de véhicule, il est déterminé en fonction du type de route et de l'environnement.

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

Tel que :

Z : le pourcentage de poids lourds.

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

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

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

Tableau II-1 : Valeurs du coefficient d'équivalence « P »

V-3- Evaluation de la demande:

C'est le nombre de véhicules susceptibles d'emprunter la route à l'année d'horizon.

$$Q = (1/n) \cdot T_{\text{eff}}(\text{uvp/h})$$

Avec :

Q : débit de pointe horaire.

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

T_{eff} : trafic effectif.

V-4- Evaluation de l'offre:

C'est le débit admissible que peut supporter une route :

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

Tel que :

C_{th}: la capacité théorique.

K₁:coefficient qui dépend de l'environnement.

K₂:coefficient qui tient compte de l'environnement et de la catégorie de la route.

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau II-2 : Valeurs du coefficient « K₁ »

	Catégorie de la route				
Environnement	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau II-3 : Valeurs du coefficient « K₂ »

	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3.5 m	1500 à 2000 uvp/h
Route à 3 voies de 3.5 m	2400 à 3200 uvp/h
Route à chaussées séparées	1500 à 1800 uvp/h

Tableau II-4 : Valeurs de la capacité théorique « C_{th} »

V-5-Détermination du nombre de voies :**✓ Chaussée bidirectionnelle :**

On compare le débit de pointe horaire Q à Q_{adm} pour les divers types de routes et on prend le profil permettant d'avoir :

$$Q \leq Q_{adm}$$

✓ Chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voies par chaussée est le nombre le plus proche du « N » avec :

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

Tel que :

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

Q_{adm} : débit admissible par voie.

VI- Application au projet :

Le tronçon de route qui nous a été attribué par la **D**irection des **T**ravaux **P**ublique de la wilaya Tizi-Ouzou débute du croisement de 1^{er} tronçon commençant par la **RN 12** en traversant la **RN 73** pour arriver au **CW 158** qui mène vers le futur barrage. Ce dernier tronçon fera l'objet de notre étude.

1) Environnement de la route :

Vu la nature du terrain « moyen vallonné » et conformément au B40, la classe de l'environnement de notre route est E2

2) Catégorie de la route :

La route nationale RN12 est un axe routier important qui relie les deux wilayas Tizi - Ouzou vers Bejaïa et de ce fait, c'est un axe de transition entre les villes du centre et les villes côtières. Le prolongement de cette liaison constitue une pénétrante qui reliera l'autoroute RN12 au futur barrage d'Azeffoun, ce qui la classe en catégorie **C2**.

3) Données du trafic :

Le trafic que draine la RN12 est estimé à partir du comptage du trafic de 2011 avec un taux d'accroissement Annuel de 4% et un $TJMA_0 = 27600$ uvp/j.

4) Affectation du trafic :

L'affectation du trafic est effectuée sur la base de la campagne de comptages de 2011 réalisée par les services de la « DTP ». Le résultat de 27600 concerne la RN12 ainsi compte tenu des aménagements existants au alentour de notre projet (évitement d'azzazga, CW158..) et compte tenu du fait que pour le moment l'activité dans la région n'est pas très développée, nous considérons que le trafic affecté à notre projet est de l'ordre de 10000.

Le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est donné par la formule suivante :

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

Avec :

- ✓ Le trafic à l'année 2011. $TJMA_{2011} = 10000 \text{ v/j}$
- ✓ Le taux d'accroissement annuel de trafic note $\tau = 4\%$
- ✓ La vitesse de base sur le tracé $V_B = 80 \text{ Km /h}$
- ✓ Le pourcentage de poids lourds $Z = 10\%$
- ✓ L'année de mise en service sera en **2015**
- ✓ La durée de vie estimée est de **20 ans**
- ✓ Catégorie **C2**
- ✓ L'environnement **E2**

Projection future de trafic :

L'année de mise en service prévue est 2015

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

Avec :

TJMA_h: trafic à l'horizon (année de mise en service 2015)

TJMA₀: trafic à l'année zéro (origine 2011)

$$TJMA_{2015} = 10000 (1 + 0,04)^4 = 11698 \text{ v/j.}$$

$$TJMA_{2015} = 11698 \text{ v/j}$$

Trafic à l'année (2035) pour une durée de vie de 20 ans

$$TJMA_{2035} = 11698 \times (1 + 0,04)^{20} = 25631 \text{ v/j.}$$

$$TJMA_{2035} = 25631 \text{ v/j}$$

- ✓ **Calcul du trafic effectif :**

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

Avec:

- **P:** coefficient d'équivalence. Pris pour convertir le poids lourds.
- **Z:** le pourcentage de poids lourds.
- **P = 4** (Catégorie C2, environnement E2).

$$T_{\text{eff}} = [(1 - 0, 10) + (4 \times 0,10)]25631 = 33320 \text{ uvp/j.}$$

$$T_{\text{eff}} = 33320 \text{ uvp/j}$$

✓ **Débit de pointe horaire normale :**

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

Avec:

1/n: coefficient de pointe horaire pris est égal à 0.12.

A.N :

$$Q = 0.12 \times 33320 = 3998 \text{ uvp/h}$$

$$Q = 3998 \text{ uvp/j}$$

Ce débit prévisible doit être inférieur au débit maximal que notre route peut offrir, c'est le débit admissible.

$$Q \leq Q_{\text{adm}}$$

Tel que :

$$Q \leq K1. K2. C_{\text{th}}$$

Et :

$$C_{\text{th}} \geq Q / (K1 \times K2)$$

On à :

Catégorie C2	}	K1= 0.85
Environnement E2	}	K2= 0.99

$$\Rightarrow C_{\text{th}} \geq Q/K1.K2=3998/0.85 \times 0.99$$

D'ou:

$$C_{\text{th}} \geq 4752 \text{ uvp/h}$$

Le débit que supporte une section donnée

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

K1: coefficient correcteur pris égal à 0.85 pour C2

K2: coefficient correcteur pris égal à 0.99 pour environnement (E2) et catégorie (C2)

C_{th}: capacité théorique

C_{th} = 1800 uvp/h d'après le document de B40

$$Q_{adm} = 0,85 \times 0,99 \times 1800 = 1515$$

Le nombre des voies :

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

$$N_{VOIES} = (2/3 \times 3998) / (1515) = 1.76$$

On prend :

$$N_{VOIES} = 2 \text{ voie /sens.}$$

Le récapitulatif des calculs effectués est présenté dans le tableau suivant :

TJMA2011	TJMA2015	TJMA2035	T _{eff}	Q	N
(v/j)	(v/j)	(v/j)	(uvp/j)	(uvp/j)	
10 000	11 698	25 631	33 320	3 998	2

Tableau II-5 : Récapitulatif des calculs du trafic

Compte tenu des résultats obtenus et conformément aux recommandations du B40, nous proposons la coupe transversale suivante pour notre chaussée :

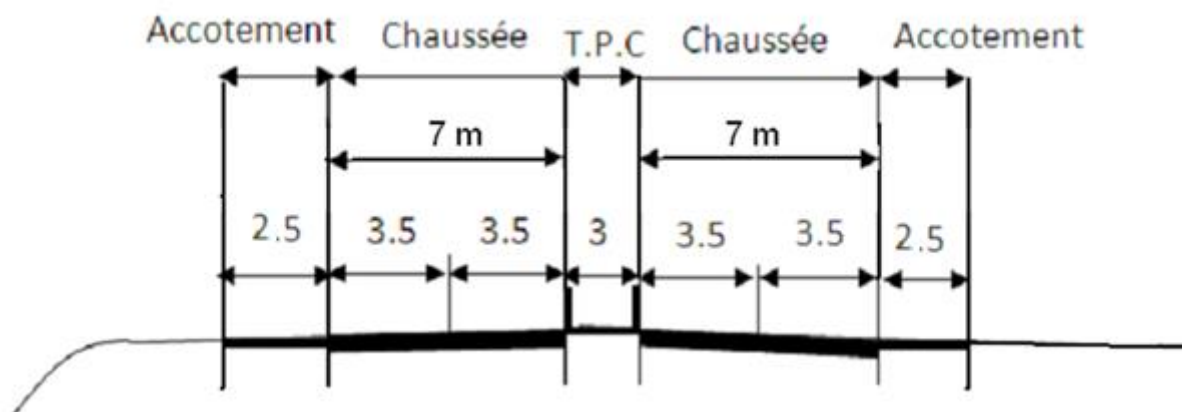


Figure II-1 : Schéma explicatif d'une Coupe transversale de la chaussée

VII. Calcul de l'année de saturation de 2×2voie :

$$T_{\text{eff}}(2015) = [(1 - z) + p \times z] \times TJMA_{2015}$$

$$T_{\text{eff}}(2015) = [(1 - 0,1) + 4 \times 0,1] \times 11\,698$$

$$T_{\text{eff}}(2015) = 15\,207 \text{ uvp/j.}$$

$$Q_{2015} = 0,12 \times 15\,207 = 1\,825 \text{ uvp/h.}$$

$$Q_{\text{saturation}} = 4 \times Q_{2015} = 4 \times 1\,825 = 7\,300 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{\text{saturation}} = 7300 \text{ uvp/h}$$

Avec :

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

$$Q_{\text{saturation}} = (1 + \tau)^n$$

D'où :

$$N = \frac{\ln(Q_{\text{saturation}} / Q_{2015})}{\ln(1 + \tau)} \Rightarrow N = \frac{\ln(\frac{7300}{1825})}{\ln(1+0.04)} = 35$$

Donc :

La saturation surviendra **35 ans** après l'année de mise en service soit en 2050.

Conclusion :

En vue des résultats obtenus après calcul conformément aux normes du B40 (règlement en vigueur en Algérie) notre chaussée est de :

- Chaussée bidirectionnelle (2x2) voies de 3,50m
- Accotement de 2.5m de chaque côté
- Terrain plein central (TPC) de 3m

Chapitre III

Dimensionnement du corps de chaussée

I- Introduction :

Le réseau routier joue un rôle vital dans l'économie du pays, ainsi l'état de son infrastructure, est crucial. Cet état est étroitement lié au moyen de transport routier. Le dimensionnement de la chaussée a pour mission de supporter la circulation du trafic, Il est défini comme étant l'épaisseur des différentes couches et matériaux qui seront mise en place pour constituer le corps de chaussée.

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

- Le trafic représentant l'importance de la circulation et surtout l'intensité du trafic en poids Lourds.
- La portance du sol support désignée par son indice C.B.R (**California – Bearing – Ratio**).
- La durée de service.
- Climat et environnement : influence de la température de l'eau et vieillissement du bitume

Du point de vue du comportement mécanique de la chaussée, on distingue principalement trois types de chaussées (voir figure III.1) qui sont :

- Les chaussées souples.
- Les chaussées rigides.
- Les chaussées semi-rigides.

II- La chaussée :

II-1- Définition :

- **Au sens géométrique:** la surface aménagée de la route sur la quelle circule les véhicules.
- **Au sens structurel:** l'ensemble des couches des matériaux superposées qui permettent la reprise des charges.

II-2- Différentes catégories de chaussée :

- Les chaussées classiques (souples et rigides)
- Les chaussées inverses (mixtes ou semi-rigides)

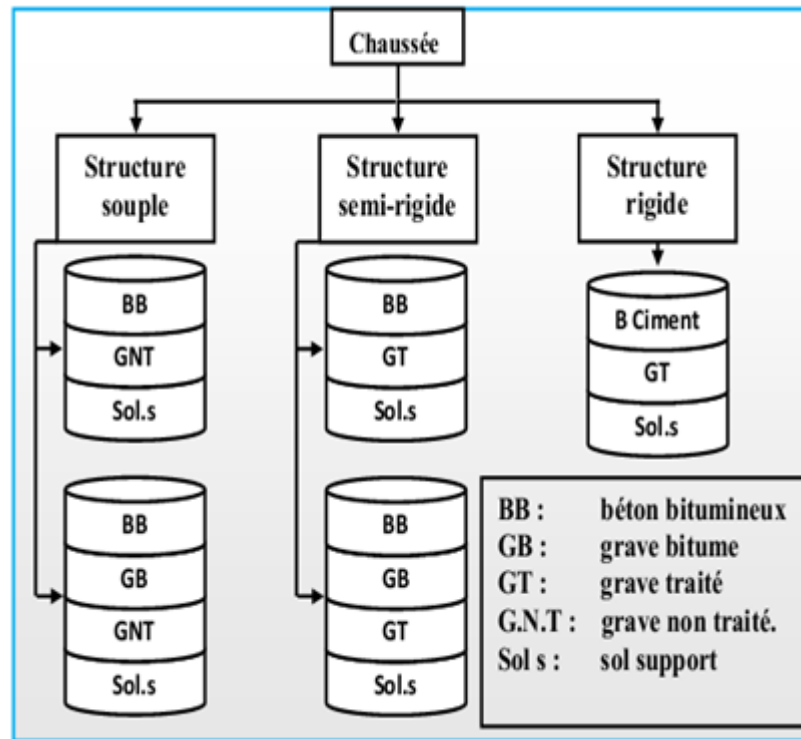


Figure III-1- Schéma récapitulatif

II-2-a- Chaussée souple :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

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

La chaussée souple se compose généralement de trois couches différentes:

❖ Couche de roulement (surface) :

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

- D'imperméabiliser la surface de chaussée.
- D'assurer la sécurité (par l'adhérence) et le confort des usagés (diminution de bruit).

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

❖ **Couche de base :**

Elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

❖ **Couche de fondation :**

Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

❖ **Couche de forme:**

Elle est prévue pour répondre à certains objectifs à court terme. Elle est constituée de :

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

On tient compte de cette couche dans le cas d'amélioration de la portance du sol support à long terme.

Couche de Surface	Couche de roulement. Couche de liaison.
Corps de Chaussée	Couche de base. Couche de fondation. Sous couche (éventuellement.) Couche de forme (éventuellement.)

II-2-b- Chaussée rigide :

Une chaussée est dite rigide si elle comporte 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.

Généralement, elle repose sur une couche de fondation en matériau non traité et éventuellement sur une sous-couche entre la couche de fondation et le terrain naturel.

II-2-c- Chaussée semi-rigide :

C'est un cas intermédiaire entre les chaussées souples et les chaussées rigides.

On peut le retrouver dans les chaussées renforcées, qui comportent une couche de base en matériaux traités avec un liant hydrocarboné.

III- Méthodes de dimensionnement des chaussées :

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

III-1- Méthode 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 modifié sur une épaisseur d'eau de moins de 15 cm.

Le CBR retenu finalement est la valeur 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 :

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

En tenant compte de l'influence du trafic, l'épaisseur est donnée par la formule suivante :

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

Tel que :

e: épaisseur équivalente

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

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

I : indice portant C.B.R.

Log: logarithme décimal.

III-1-1- Coefficient d'équivalence :

La notion de l'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques des différentes couches de matériaux par la formule suivants :

$$e = \sum a_i e_i$$

Le tableau ci-dessous indique les coefficients d'équivalence pour chaque matériau :

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concasse ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume	1.50 à 1.70
Tuf	0.60

Tableau III.1 : Coefficient d'équivalence

L'épaisseur totale à donner à la chaussée est :

$$e = a_1.e_1 + a_2.e_2 + a_3.e_3$$

Telle que :

a₁.e₁ : couche de roulement

a₂.e₂ : couche de base

a₃.e₃ : couche de fondation

Ou :

a₁, a₂, a₃ : sont des coefficients d'équivalence.

e₁, e₂, e₃ : épaisseurs réelles des couches.

Remarque :

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée, on fixe e₁, e₂, et on calcule e₃ telle que :

e₁ : couche de roulement (5-8cm)

e₂ : couche de base (10-25cm)

e₃ : couche de fondation (15-35cm)

III-2- Méthode des catalogues des structures :

Cette méthode découle du règlement algérien [02A] et consiste à déterminer la classe du trafic des poids lourds à la 20^{ème} année et la classification du sol support. Une grille combinant les deux données oriente le projeteur sur le type de chaussée qui lui correspond.

III-2-1- Détermination de la classe du trafic :

Le trafic est caractérisé par le nombre de poids lourds de charge utile supérieure à 50 KN par jour sur la voie la plus chargée.

Classe du trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 20
T ₁	$T < 7.3 \times 10^5$
T ₂	$7.3 \times 10^5 < T < 2 \times 10^6$
T ₃	$2 \times 10^6 < T < 7.3 \times 10^6$
T ₄	$7.3 \times 10^6 < T < 4 \times 10^7$
T ₅	$T > 4 \times 10^7$

Tableau III-2- Classe du trafic

On commence par la détermination du trafic de poids lourds cumulé sur 20 ans et classer dans l'une des classes définies précédemment.

Le trafic cumulé est donné par la formule :

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

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

τ : Taux d'accroissement annuel.

n : durée de vie (n = 20 ans).

III-2-2- Présentation des classes de portance des sols :

Le sol doit être classée selon la valeur de l'indice CBR. Les différentes catégories sont données par le tableau indique les classe de sols :

Classe du sol (Si)	Indice CBR
S1	25-40
S2	10-25
S3	5-10
S4	< 5

Tableau III.3- Le classement des sols**III-2-3- Amélioration de la portance du sol support :**

La couche de forme a pour but d'améliorer la portance du sol support, Le (CTTP) a fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de la Couche de forme, le mode de sa mise en place (nombre de couches) et la nature du matériau utilisé (les plus répandus en Algérie) pour la réalisation de la couche de forme.

Les résultats de ces recherches sont résumés dans le tableau suivant :

Portance de sol	Matériau de CF	Epaisseur de CF E _{cf}	Portance visée
< S4	Non traité	50cm (2couches)	S3
S4	Non traité	35cm	S3
S4	Non traité	60cm (2couches)	S2
S3	Non traité	40cm (2couches)	S2
S3	Non traité	70cm (2couches)	S1

Tableau III-4-les résultats des différentes épaisseurs de la couche de forme**III-3- Méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) :**

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

$$T_{eq} = \left[\frac{TJMA.a [(1+\tau)^n - 1] 0.75 P 365}{(1+\tau) - 1} \right]$$

Telle que :

- T_{eq} : trafic équivalent par essieu de 13t.
- $TJMA$: trafic à la mise en service de la route.
- a : coefficient qui dépend du nombre de voies.
- τ : taux d'accroissement annuel.
- n : durée de vie de la route.
- p : pourcentage de poids lourds.

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

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

IV- Application au projet :

Pour notre projet, nous optons pour l'application des deux méthodes (**CBR et CTTP**).

➤ Méthode CBR :

- | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| ✓ Le trafic à l'horizon | $TJMA_{2035} = 25631 \text{ V/j}$ |
| ✓ Le pourcentage (%) des poids lourds | $PL = 10 \%$ |
| ✓ Taux d'accroissement annuel | $\tau = 4 \%$ |
| ✓ Indice CBR | 5 |
| ✓ La charge par roue (essieu) | $P = 6.5t$ |
| ✓ Log : logarithme décimal | |

$$TJMA_{2035} = 25631 \text{ v/j}$$

$$N = (0.10 \times 25631) / 2 \text{ pl/j/s}$$

$$N = 1281.55 \text{ p/j/s}$$

Avec :

N : le nombre de camions par jour de plus 1.5t.

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5} (75 + 50 \log \frac{1281.55}{10})}{5 + 5}$$

D'après les calculs on trouve :

$$e = 55.99 \text{ cm}$$

Avec :

$$e_{eq} = \sum_{i=1}^3 a_i \times e_i = a_1 e_1 + a_2 e_2 + a_3 e_3$$

On prend:

$$e_{eq} = 60 \text{ cm}$$

Telle que les coefficients d'équivalence des matériaux utilisés sont :

- ✓ Couche de roulement BB $a_1 = 2.00$
- ✓ Couche de base GB $a_2 = 1.50$
- ✓ Couche de fondation GC $a_3 = 1.00$

Dans notre calcul on fixe la couche de roulement BB = 6 cm et la couche de base GB=15cm, puis on calcule l'épaisseur de la couche de fondation.

On a alors :

$$60 = 2 \times 6 + 1.5 \times 15 + 1 \times e_3$$

Donc :

$$e_3 = 60 - (12+22) / 1$$

D'où :

$$e_3 = 26 \text{ cm}$$

On à:

$$e_{eq} = 60 \text{ cm}$$

$$e_{reel} = 26 + 22 + 6 = 54 \text{ cm}$$

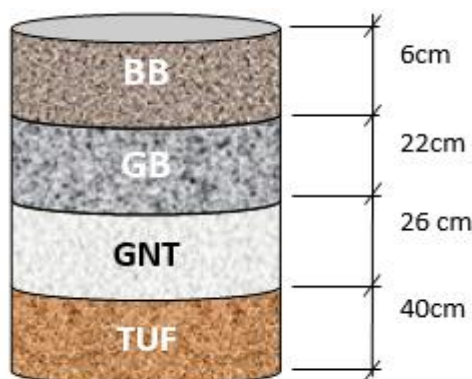


Figure III.2. Schéma de différentes couches obtenues

Remarque:

6BB + 22 GB + 26 GC avec couche de forme (40cm en TUF).

Conclusion :

Après calcul et vérification de l'admissibilité des déformations à la base de la couche **GB** et du sol support, La structure de chaussée adoptée est la suivante :

- Couche de roulement : 6 cm en **BB**.
- Couche de base : 22 cm en **GB**.
- Couche de fondation : 26 cm en **GC**.
- Couche de forme : 40 cm en **TUF**.

➤ **Méthode des catalogues des structures :**❖ **Classement de la route dans les réseaux principaux :**

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

Réseau principale	Trafic (véhicule / jour)
RP1	> 1500
RP2	< 1500

Tableau III- 5 Les réseaux principaux

Notre projet est un tronçon de la nouvelle autoroute express qui reliera la RN12 à la RN24, il est classé dans le réseau principale RP1.

$TJMA_{2015} = 11698$ v/j (à l'année de mise en service).

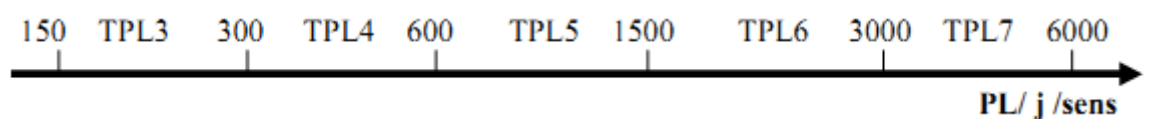
❖ **Détermination de la classe du trafic :**

$N_0 = 11698$ v/j.

$N_{pl} = 11698 \times 10\% = 1169.8$ pl/j.

D'où :

$TPL_i = 1169.8$ pl/j

➤ **Classe TPL_i pour RP1 :**

D'après les résultats qu'on a trouvés, notre trafic est classé en TPL5 (entre 600 et 1500 PL).

❖ Classe de portance du sol support :

Elle est déterminée sur la base du module $E = 5CBR$.

Avec :

$CBR = 5$; $E = 5 \times 5 = 25 MPa$, la classe du sol support est S3 (tableau 2, page 11) [03].

❖ Sur classement du sol support :

Le passage de S3 à S2 nécessite la mise en place d'une couche de forme de 40 cm en TUF en deux couches de 20cm pour chacune (tableau 5, page 13) [03].

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

6 BB+20 GB+30 GNT+ 40 TUF (page 13) [03].

❖ Durée de vie :

La durée de vie fixée par niveau de réseau principal RP1 et par matériaux types est synthétisée dans le tableau 4 , page 13 [03].

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

❖ 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 tableau 5, page 14 [03].

- Alors soit : **$r = 10\%$**

❖ Données climatiques :

La région d'étude est située au nord d'Algérie, caractérisée par un climat très humide, d'une pluviométrie supérieure à 600 mm/an.

- Alors d'après le tableau 7, page 15 [03].

Notre projet est situé dans la **zone climatique I**.

❖ 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 tableau 8, page 15 [03].

Alors:

$\theta_{eq} = 20^\circ C$.

❖ **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 tableau 11, page 17 [03]. Elle est en fonction du niveau de réseau principal.

Alors:

$$A=0.6$$

❖ **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.

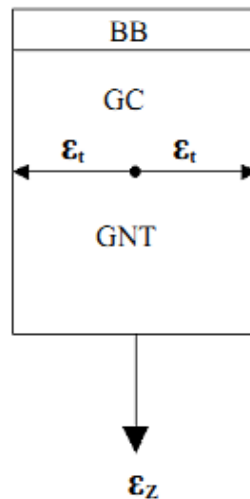
Et d'après le tableau 3, page 11 [03]:

Toutes les interfaces sont **collées**.

❖ **Mode de fonctionnement pour le type de structure :**

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

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

❖ **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 0.04 dans le calcul de dimensionnement).

n : durée de vie considérée, ($n=20$ ans).

$$TCi = 1169.8 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04}$$

$$TCi = 1.2 \times 10^7 \text{ PL}$$

❖ **Calcul du trafic cumulé équivalent (TCEi) :**

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

$$TCi = 1169.8 \times 365 \times 0.6 \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04}$$

$$TCi = 7.6 \times 10^6 \text{ PL}$$

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

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

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

$$\epsilon_{z,ad} = 22 \times 10^{-3} (7.6 \times 10^6)^{-0.235} = 531 \times 10^{-6}$$

$$\epsilon_{z,ad} = 531 \times 10^{-6}$$

Remarque :

- ✓ Pour chaque valeur de ($TPLi$), il correspond une valeur de $\epsilon_{z,ad}$.
- ✓ La vérification $\epsilon_z < \epsilon_{z,ad}$ sera surtout à faire dans le cas des chaussées à matériaux non traité, car c'est le critère prépondérant dans le calcul de dimensionnement.
- ✓ Dans le cas des chaussées traitées au bitume hydraulique, la pression sur sol support sera tellement faible que le critère $\epsilon_z < \epsilon_{z,ad}$ sera pratiquement toujours vérifié.

❖ **Calcul des déformations admissibles à la base des couches bitumineuses ($\epsilon_{t,ad}$) :**

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

$$\varepsilon_{t,ad} = \varepsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25 \text{ Hz}) \cdot k_{ne} \cdot k_\theta \cdot k_r \cdot K_c$$

Où :

- **$\varepsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25 \text{ Hz})$** : déformation limite au bout de 10^6 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25 Hz (essai de fatigue).
- **k_{ne}** : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.
- **k_θ** : facteur lié à la température.
- **k_r** : facteur lié au risque et aux dispersions.
- **k_c** : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec comportement observé sur chaussées.

Avec :

$$k_{ne} = \left(\frac{TCEi}{10^6} \right)^b ; \quad k_\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C}, 10\text{Hz})}{E(\theta_{eq}, 10\text{Hz})}} ; \quad k_r = 10^{-tb\delta}$$

D'où :

$$\varepsilon_{t,ad} = \varepsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25 \text{ Hz}) \cdot \left(\frac{TCEi}{10^6} \right)^b \cdot \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C}, 10\text{Hz})}{E(\theta_{eq}, 10\text{Hz})}} \cdot 10^{-tb\delta} k_c$$

Avec :

- **TCEi**: trafic en nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur durée de vie considérée.
- **b** : pente de droite de fatigue ($b < 0$).
- **$E(10^\circ\text{C})$** : module complexe du matériau bitumineux à 10°C .
- **$E(\theta_{eq})$** : module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est en fonction de la zone climatique considérée.

$$\delta : f(\text{dispersion}) \quad \Longrightarrow \quad \delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} \times Sh \right)^2}$$

Telle que :

- 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 tableau 13 , page 18 [03]:**

- **$\varepsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25 \text{ Hz}) = 100 \times 10^{-6}$** : (déformation sous la grave bitume).
- **$b = -0.146$** : $\left(-\frac{1}{b} = 6.84 \Rightarrow b = -\frac{1}{6.84} \Rightarrow b = -0.146\right)$.
- **$E(10^\circ\text{C}, 10\text{Hz}) = 12500 \text{ MPa}$; $E(\theta_{eq}, 10\text{Hz}) = 7000 \text{ MPa}$.**

- SN = 0.45 (GB).
- Sh = 3 cm (GB).
- Kc = 1.3 (GB).

$$\checkmark \quad k_{ne} = \left(\frac{7.6 \times 10^6}{10^6} \right)^{-0.146} = 0.743 \quad \text{avec: } -\frac{1}{b} = 6.84 \Rightarrow b = -0.146$$

$$\Rightarrow \quad \mathbf{k_{ne} = 0.743}$$

$$\checkmark \quad k_{\theta} = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1.33$$

$$\mathbf{k_{\theta} = 1.33}$$

➤ D'après le tableau 16, page 20 [03] :

- $t = -1.282 : (r = 10 \%)$.

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

$$\mathbf{\delta = 0.61}$$

$$\checkmark \quad k_r = 10^{-1.282 \times 0.146 \times 0.61} = 0.76$$

$$\mathbf{K_r = 0.76}$$

D'où:

$$\epsilon_{t,ad} = 100 \cdot 10^{-6} \times 0.728 \times 1.33 \times 0.76 \times 1.3 = 956 \cdot 10^{-7}$$

$$\mathbf{\epsilon_{t,ad} = 95.6 \times 10^{-6}}$$

➤ Présentation de logiciel ALIZE III :

ALIZE III est un programme issu du laboratoire central des ponts et chaussées en France (PARIS 1975) il permet de déterminer à partir d'un model multicouche élastique fondé sur l'hypothèse de BURMISTER. Les contraintes et les déformations $\sigma_t, \epsilon_z, \sigma_z$, aux différentes interfaces de la structure ayant jusqu'à six couches supposées infinies en plan. 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. Le problème est traité en coordonnées cylindriques.

La modélisation de la structure est donnée au tableau suivant :

	e (cm)	E (MPa)	ν
Couche de roulement en BB	6	4000	0.35
Couche de base en GB	20	7000	0.35
Couche de fondation en GNT	15	500	0.25
	15	500	0.25
Couche de forme en TUF	20	500	0.25
	20	500	0.25
Sol support	Infinie	25	0.35

Tableau III.6 : Modélisation de la structure

Les résultats de calculs :

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

variante 1: Durée= 00:01sec

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μ def)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μ def)	SigmaZ (MPa)
0,060	4000,0	0,350	0,000	34,7	0,297	31,9	0,660
	collé		0,060	17,5	0,255	70,9	0,606
0,200	7000,0	0,350	0,060	17,5	0,427	30,4	0,606
	collé		0,260	-62,1	-0,547	80,1	0,074
0,150	500,0	0,250	0,260	-62,1	-0,013	156,3	0,074
	collé		0,410	-45,5	-0,014	101,5	0,045
0,150	500,0	0,250	0,410	-45,5	-0,014	101,5	0,045
	collé		0,560	-41,0	-0,018	69,6	0,026
0,200	500,0	0,250	0,560	-41,0	-0,018	69,6	0,026
	collé		0,760	-46,9	-0,027	48,6	0,011
0,200	500,0	0,250	0,760	-46,9	-0,027	48,6	0,011
	collé		0,960	-69,4	-0,044	52,6	0,004
infini	25,0	0,350	0,960	-69,4	0,000	183,4	0,004

Grandeurs affichées:

- ☒ tableau 1
- ☐ tableau 2
- ☐ tableau 3
- ☐ tableau 4
- ☐ tableau 5
- ☐ tableau 6
- ☐ tableau 7
- ☐ tableau 8

Déflexion = 50,2 mm/100
entre-jumelage

Rdc = 1057,2 m

Imprimer Enregistrer

Voir Chargt. Fermer

Tableau III .7 : Résultats écran ALIZE III

Résultats de simulation :

	ϵ_z (sol support)	ϵ_t (à la base de la GB)
Déformations calculées ALIZE III	$183.4 * 10^{-6}$	$62.1 * 10^{-6}$
Déformations admissibles	$531 * 10^{-6}$	$95.6 * 10^{-6}$

Tableau III .8 : Résultats de simulation

➤ La structure 6BB + 20GB + 30GNT + 40TUF est donc vérifiée puisque :

- ✓ $\epsilon_t < \epsilon_{t,adm}$
- ✓ $\epsilon_z < \epsilon_{z,adm}$

Conclusion :

L'épaisseur du corps de chaussée obtenue avec la méthode du catalogue des structures est plus importante que celle calculée avec la méthode CBR

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

- Elle fait appel aux spécificités géologique et climatique du pays
- Elle tient compte des ressources en matériaux disponibles pour chaque région
- Elle donne ainsi la possibilité au projeteur de faire un choix entre plusieurs variantes de structures de dimensionnement, selon les données technico-économiques locales et régionales relatives au projet.

Chapitre IV

Présentation de logiciel piste

I- Introduction :

Le logiciel piste développé par la DTITM Direction Technique Infrastructures de Transports et Matériaux (ex SETRA Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements) est l'un des logiciels les plus utilisés dans la conception routière depuis près de 25 ans. Il est basé sur la méthode française de conception géométrique des routes à partir des éléments connus :

- Axe en Plan noté AP
- Profil en long noté PL
- Profils en travers noté PT

L'utilisation de ce logiciel suppose connue les normes géométriques de conception routière telles que :

- Aménagement des routes principales ou ARP
- Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines ou ICTAVRU
- Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison ou ICTAAL

II- Présentation du logiciel Piste +5 :

❖ L'interface utilisateur :

L'évolution du logiciel a donné une interface plus souple et plus fiable aux utilisateurs. Piste 5 travaille sous Windows et son interface est organisée autour d'un système de menus déroulants permettant d'accéder aux différentes fonctions.

III- Organisation de l'application :

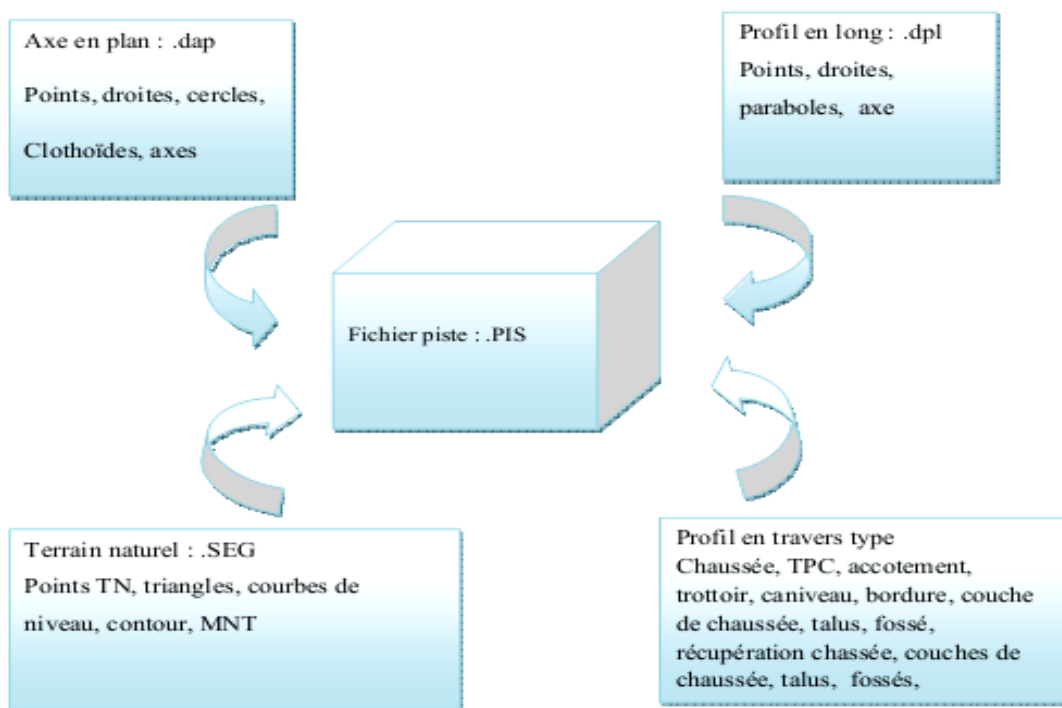
❖ Un projet piste :

Un projet au sens de Piste 5 est constitué par un fichier principal appelé fichier Piste. Ce fichier est organisé par profils en travers, contient toutes les informations nécessaires à l'étude. Il est reconnu par l'extension .PIS qui est associé à un ensemble de fichiers dont le nombre peut varier en fonction des données qu'il contient :

- ✓ **PIS:** Données transversales (tabulation, lieu géométrique, décalages, lignes projet terrain naturel, assise, forme et base).
- ✓ **PTG :** Profils en travers géologiques.
- ✓ **APL :** Eléments de l'axe en plan et zones de variation de dévers.
- ✓ **PEL :** Eléments du profil en long.
- ✓ **PLG :** Profil en long géologique.
- ✓ **PER :** Perspectives.

NB : Ces fichiers sont indissociables et correspondent à un seul projet piste.

Le schéma suivant résume l'interaction entre les fichiers principaux du logiciel piste 5.



Principe de fonctionnement du logiciel piste

❖ Description du fichier piste :

❖ Organisation :

Le fichier Piste est organisé par profils en travers le long d'un axe réel ou fictif. Nous serons donc amenés à créer un fichier Piste pour chacun des axes de notre projet.

❖ Contenu :

Chaque profil en travers est défini par son abscisse curviligne (c'est la seule donnée obligatoire, le numéro du profil n'est que le numéro d'ordre du profil dans le fichier).

❖ Terrain naturel :

Le terrain naturel est défini par 40 points maximum par profil pouvant être éventuellement complétés par le positionnement de segments de chaussée existante (projets de renforcement).

Le terrain naturel n'est donc connu dans Piste 5 que par les profils en travers terrain. Le profil en long terrain étant déterminé automatiquement par l'ensemble des cotes terrain à l'axe.

La prise en compte du terrain dans un projet Piste consiste donc, à partir des données terrain disponibles, à générer les différents profils en travers terrain.

❖ Projet :

Le profil projet est constitué de 1 à 4 lignes de 40 points maximum chacune.

- **Projet** : ligne supérieure du projet
- **Assise** : ligne de fond de forme permettant de déterminer les quantités de terrassement
- **Forme** : ligne intermédiaire délimitant une première couche de la structure
- **Base** : ligne intermédiaire délimitant une seconde couche de la structure

Le nombre de lignes à définir dépend de la nature du projet et de la décomposition désirée du corps de chaussée.

IV- Création d'un projet :

L'initialisation d'un projet Piste peut s'effectuer de trois façons différentes :

❖ A partir d'un axe en plan (tabulation) :

Une fois l'axe en plan calculé, les profils en travers peuvent être déterminés de trois façons :

- Zones d'équidistance
- Abscisses imposées
- Profils de tangence

La tabulation crée dans le fichier Piste un profil en travers pour chaque abscisse ainsi définie et calcule, à partir de l'axe en plan choisi, son lieu géométrique.

Cette méthode « classique » est essentiellement utilisée pour les projets dont on désire imposer l'axe en plan (projets neufs et réhabilitation avec amélioration des caractéristiques géométriques).

❖ Par importation directe des profils :

Trois types de fichiers de profils peuvent être importés par cette méthode :

- Numéro et abscisse :

Pour chaque profil, seule est connue l'abscisse curviligne. Le lieu géométrique est donc positionné automatiquement le long d'une droite fictive située sur l'axe des X.

Ce type de fichier est utilisé lorsque le lieu géométrique n'a pas à être connu (renforcement sur l'axe existant) ou pour mettre en place des profils à des abscisses quelconques connues.

- Numéro, X, Y et cote projet éventuellement :

Dans ce type de fichier, l'abscisse de chaque profil n'est pas connue. Elle est donc déterminée automatiquement par Piste 5 au moyen d'un lissage cubique.

Les profils levés doivent donc l'être judicieusement et régulièrement pour obtenir un bon calcul de l'abscisse de chaque profil.

Ce type de fichier est utilisé principalement dans les projets de renforcement respectant largement l'axe existant.

- Numéro, abscisse, X, Y, cote projet et angle éventuellement :

Ce type de fichier comporte l'intégralité des données nécessaires à la définition des profils mais il est coûteux à générer et peut présenter des problèmes de cohérence des données entre elles. Il est donc de ce fait très peu utilisé.

NB : Chaque profil peut être complété par les données du profil en travers terrain.

❖ A partir d'un profil en long (tabulation) :

Une fois le profil en long calculé, les profils en travers peuvent être déterminés de trois façons :

- ✓ Zones d'équidistance
- ✓ Abscisses imposées
- ✓ Profils de tangence.

V- Conception plane :

Le module de conception plane permet la mise au point et le calcul de la projection horizontale des axes d'une route, d'une voie de chemin de fer ou d'autres projets d'infrastructures. Le module de conception plane offre les fonctionnalités suivantes :

- ❖ Définition d'éléments de base (points, distances, angles, tables de raccordement).
- ❖ Calcul d'éléments géométriques (cercles et droites) et d'éléments de liaison (clothoïdes, courbes en S, courbes en C et courbes à sommet).
- ❖ Calcul d'axes en plan définis par l'assemblage d'éléments préalablement définis et définition de leurs options de tabulation.
- ❖ Création pour chacun des axes d'un projet (fichier Piste) par la mise en place des profils en travers lors d'une tabulation.

- ❖ Calcul de déport d'axe facilitant l'étude d'équilibrage de chaussée.
- ❖ Impression des résultats à l'écran, sur imprimante ou dans un fichier.

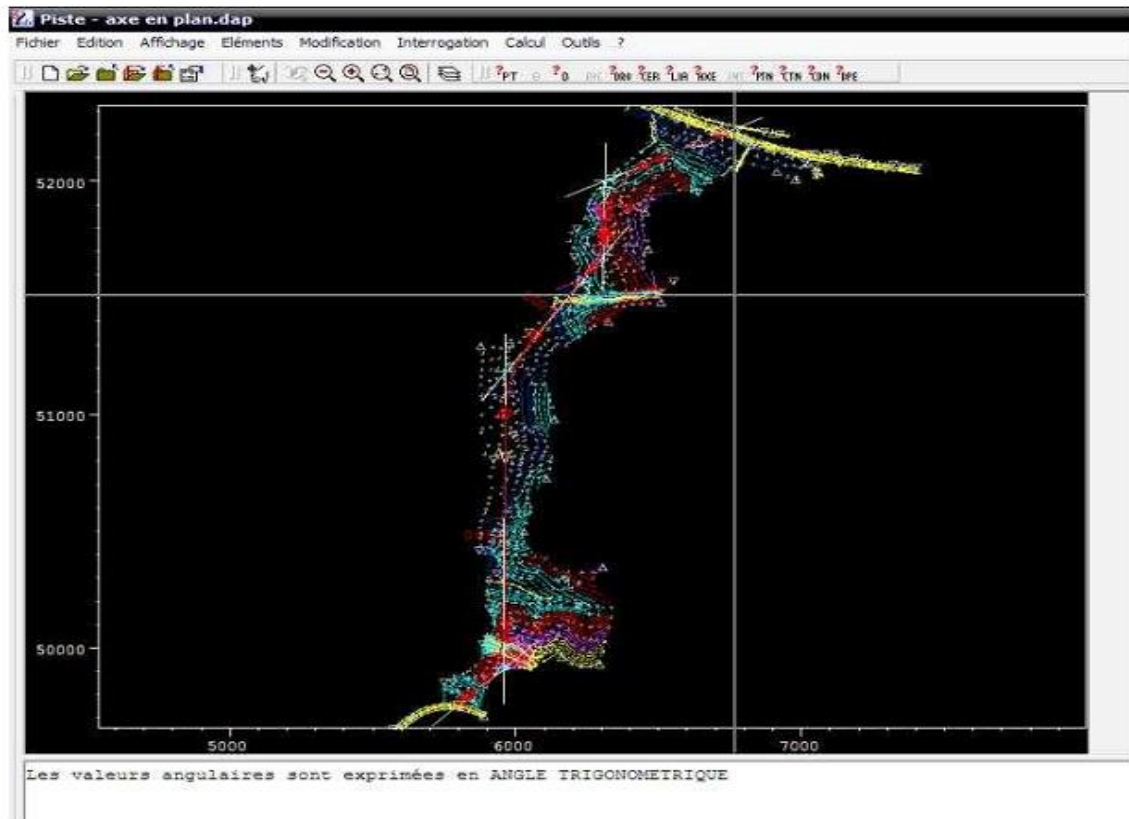


Fig IV.1 : Conception axe en plan

VI-Conception longitudinale :

Le module de conception longitudinale permet la mise au point et le calcul de la coupe verticale de l'axe en plan d'une route, d'une voie de chemin de fer ou d'autres projets d'infrastructures.



Fig IV.2 : Profil en long

Le module de conception longitudinale offre les fonctionnalités suivantes :

- Définition et calcul d'éléments géométriques : points, rayons, pentes, paraboles et droites.
- Calcul d'un profil en long défini par l'assemblage d'éléments géométriques préalablement définis ou de sections de courbes cubiques définies par des points de passage.
- Mise à jour des cotes projet au droit de l'axe ou définition et calcul d'une tabulation déterminant la mise en place des profils en travers.
- Calcul de déports d'axe facilitant l'étude de rééquilibrage de chaussées.
- Définition d'un axe en mode interactif.

VII- Conception transversale :

La gestion du terrain naturel, le calcul des dévers ainsi que le calcul des profils projet font partie du module de conception transversale. Ce module regroupe les fonctions liées à un fichier Piste existant qui doit être sélectionné à l'entrée.

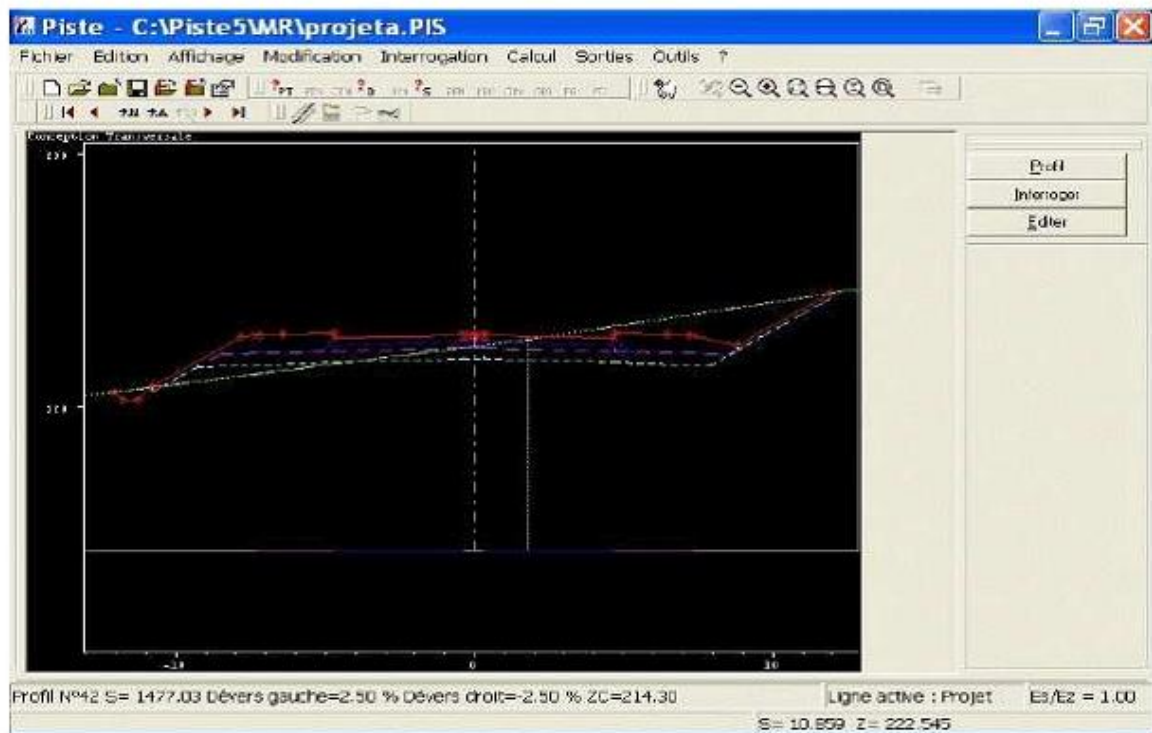


Figure IV. 3 : Profil en travers

VIII- Profil projet :

Ce module a pour objet :

- ✓ La définition des profils en travers type
- ✓ L'optimisation du profil en long en cas de récupération de la chaussée existante
- ✓ Le calcul des profils en travers projet

Il est organisé autour d'une boîte de dialogue permettant par divers boutons d'accéder aux différentes fonctions.

➤ Profils types :

La construction d'un profil type consiste à décrire seulement les éléments constitutifs d'un demi-profil à droite d'un axe fictif (de la gauche vers la droite : terre-plein central, chaussée, accotements et talus). Mais, bien entendu, ce demi- profil type pourra être appliqué indifféremment à gauche ou à droite de l'axe au moment du calcul.

Un profil type est constitué de segments définis par leur longueur horizontale et leur pente signée.

Les profils type sont stockés dans un fichier (portant l'extension .TYP) qui peut être commun à plusieurs projets. Il peut contenir un maximum de 700 profils type.

1. Définition d'un profil type :

Un profil en travers type est défini grâce à une saisie de paramètres se trouvant dans différentes boîtes de dialogue accessibles par les boutons plate-forme, déblai, remblai, assise, forme, base, et récupération de chaussée.

Le profil type en cours est visualisé dans la fenêtre graphique.

La touche Entrée permet de basculer la visualisation (déblai, remblai, déblai / remblai).

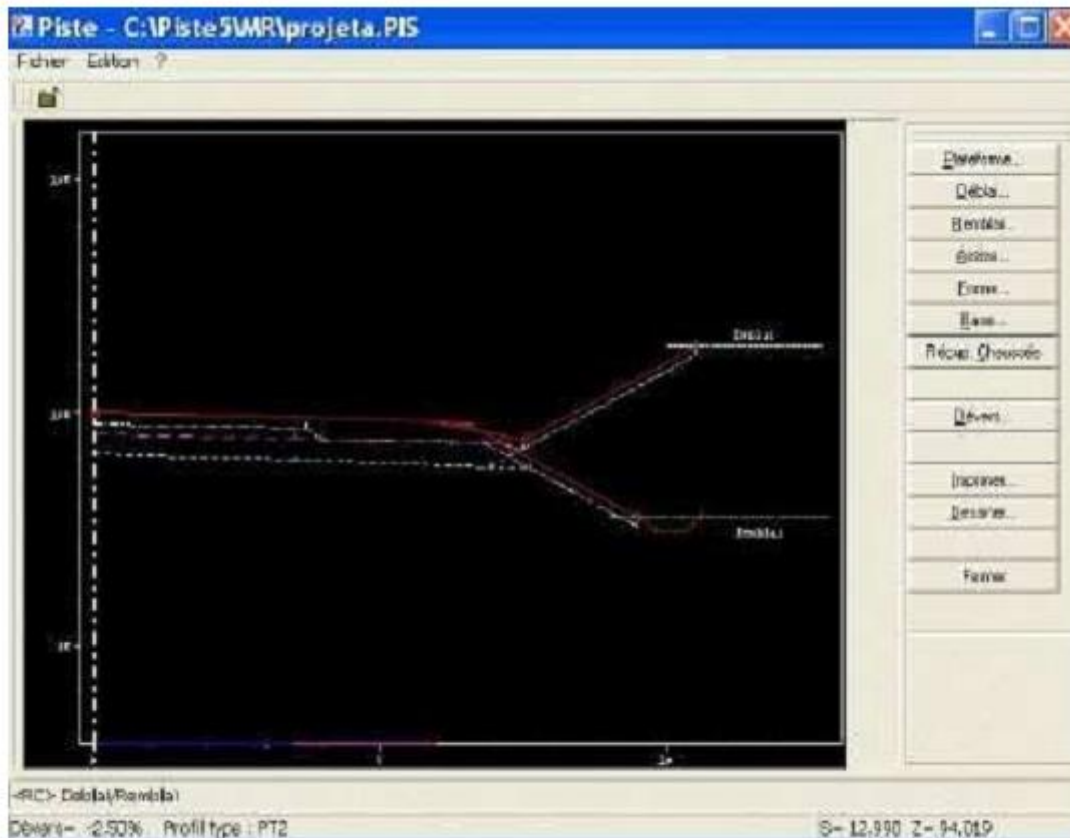


Fig IV.4 : Profil en travers type.

2. Fonctionnement :

Le module de conception transversale est organisé autour d'un système de menus déroulants permettant d'accéder aux différentes fonctions.



Fig IV.5 : Fenêtre d'information

3. Positionnement dans le programme :

On peut accéder à ce module dès qu'on a créé le fichier Piste pour le compléter, le visualiser ou exécuter des sorties.

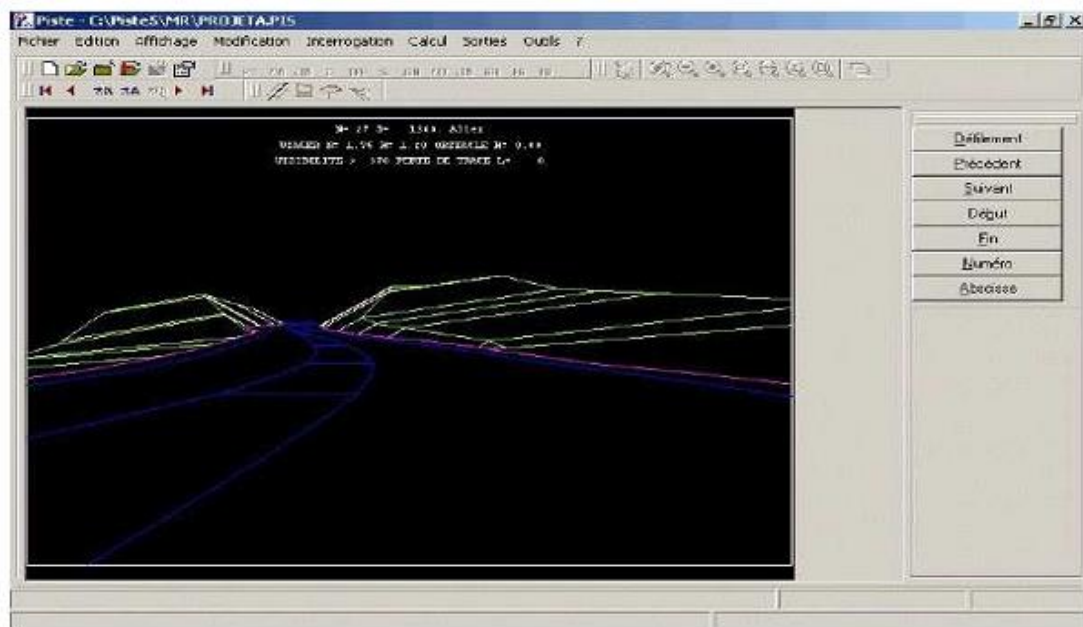


Fig IV.6 : Perspective

4. Dévers :

Ce module a pour but de déterminer pour chaque profil les pentes transversales des demi-chaussées gauche et droite.

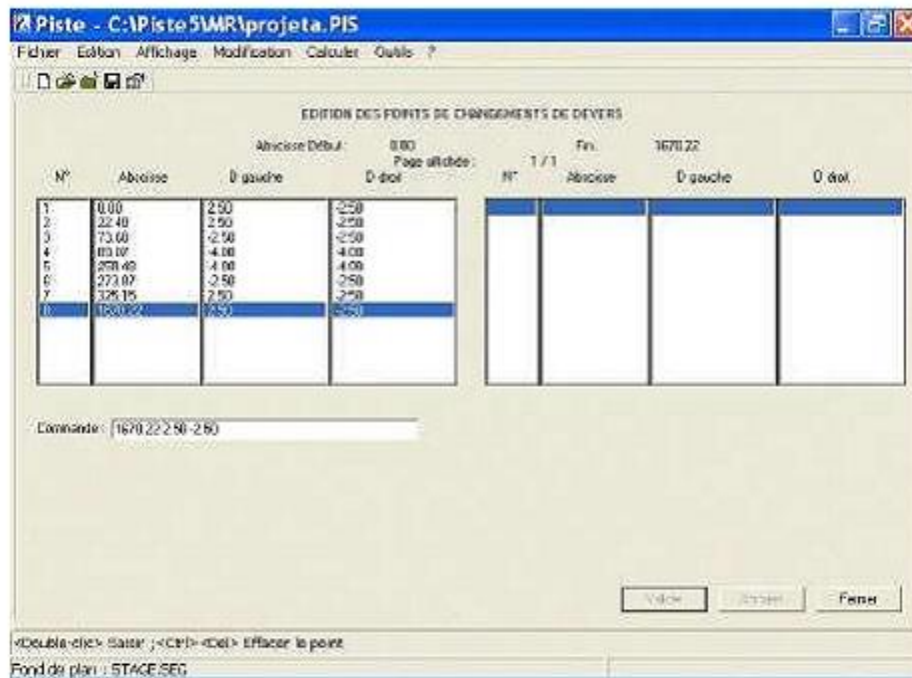


Fig IV.7: Calcul

Il est organisé autour de l'éditeur des points de changement de dévers et les différentes options sont accessibles grâce à un enchaînement de menus déroulants.

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons essayé de présenter les grands points du logiciel piste 5. Les détails de l'utilisation de piste 5 seront présentés dans le chapitre consacré à l'étude géométrique de notre projet.

Chapitre V

Etude géométrique

I- Introduction :

Lors de l'élaboration de tout projet routier l'ingénieur s'appuie sur les études préliminaires et en particulier les données recueillies au cours des études d'environnement sous forme de contraintes. Différentes considérations sont à prendre en compte.

Autrefois, le tracé d'une route n'était arrêté qu'en fonction des normes de l'époque et de la topographie. Puis la recherche de l'équilibre des terres déblais remblais a été intégrée, ensuite le trafic, et en fin l'économie.

Aujourd'hui, c'est l'environnement : faune, flore, sources, forêts, esthétique et bruit, toutes ces considérations sont à prendre en compte dès le début de l'étude, ce qui conduit à travailler par approches successives, en affinant les échelles au fur et à mesure des dossiers, depuis l'inscription jusqu'au projet détaillé.

De ces éléments se dégagent 5 aspects essentiels :

- ✓ L'Aspect Génie Civil : c'est l'art du Volume.
- ✓ L'Aspect Fonctionnel : c'est l'art de la Surface.
- ✓ L'Aspect Economique : c'est l'art du Compromis.
- ✓ L'Aspect Environnement : c'est l'art de l'Ouverture.
- ✓ L'Aspect Politique : c'est l'art du Réalisme.

II- Tracé en plan :

II-1- Définition :

Le tracé en plan d'une route est, avec le profil en travers et le profil en long, un des trois éléments qui permettent de caractériser la géométrie d'une route. Il est constitué par la projection horizontale sur un repère cartésien topographique de l'ensemble des points définissant le tracé de la route.

Le tracé en plan comme illustré sur la figure V-1 comporte :

- ✓ des alignements droits.
- ✓ des arcs de cercle.
- ✓ des arcs de courbe à courbure progressive : essentiellement des arcs de clothoïde.

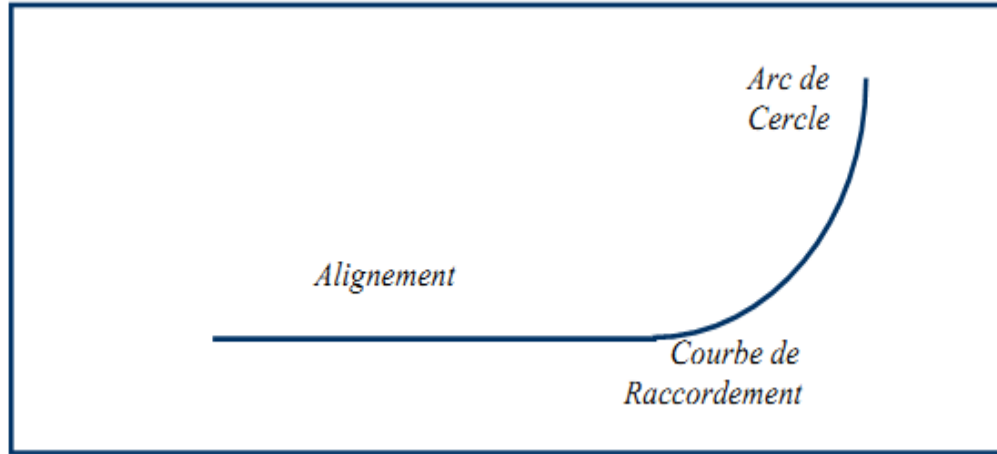


Figure V-1- Les éléments du tracé en plan

II-2 - Les règles à respecté pour le trace en plan :

- ✓ Eviter de passer sur les terrains agricoles si possibles.
- ✓ Eviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement.
- ✓ Adapter au maximum au terrain naturel.
- ✓ Appliquer les normes du B40 si c'est possible.
- ✓ Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- ✓ Respecter la cote des plus hautes eaux.
- ✓ Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- ✓ Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.
- ✓ Se raccorder sur les réseaux existants.
- ✓ S'inscrire dans le couloir choisi.

II-3- Eléments du tracé en plan :

II-3-1- Les alignements :

C'est le meilleur tracé qui convient aux voies ferrées sur le plan technique mais qui a des inconvénients dans le domaine routier.

a- Avantages :

- ✓ L'alignement droit c'est le plus court chemin.
- ✓ Bonnes conditions de visibilité.
- ✓ Construction facile.
- ✓ Absence de la force centrifuge.
- ✓ Dépassements aisés.

b- Inconvénients :

- ✓ Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents.
- ✓ La vitesse est excessive.
- ✓ La longueur des alignements dépend de :
 - La vitesse de base V_B , plus précisément de la durée du parcours rectiligne.
 - Des sinuosités précédentes et suivant l'alignement.
 - Du rayon de courbure de ces sinuosités.

II-3-1-1- Règles concernant les alignements :**❖ Longueur minimale :**

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

$$L_{\min} = t.v$$

Avec : $t=5$ seconde

v : Vitesse véhicule (m/s).

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

Avec : $V_B=80\text{Km/h}$: vitesse de base en (km/h).

$$L_{\min} = 5 V$$

❖ Longueur maximale :

Celle qui correspond à un chemin parcouru pendant (01) minute à la vitesse v .

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

Avec : $V_B=80\text{Km/h}$: vitesse de base en (km/h).

$$L_{\max} = 60V$$

Remarque :

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

II-3-2- Arc de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

- ✓ La stabilité des véhicules.
- ✓ L'inscription de véhicules longs dans les courbes de faible rayon.
- ✓ La visibilité dans les tranchées en courbe.

II-3-2-1- Stabilité en courbe :

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

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

a- Rayon horizontal minimal absolu :

C'est le plus faible rayon admissible dans une courbe, il est défini pour un dévers maximal de 7%.

$$R_{H \min} = \frac{V_B^2}{127(ft+d_{\max})}$$

ft : Coefficient de frottement transversal.

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

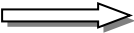
b- Rayon minimal normal :

C'est le rayon normal qui correspond au rayon minimal calculé pour une vitesse V_B , augmenté de **20Km/h**, pour plus de sécurité et de confort.

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

c) 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_r serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

- Dévers associé $d_{\min} = 2.5\%$  Catégorie 1-2
- Dévers associé $d_{\min} = 3\%$  Catégorie 3-4-5

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

d- Rayon minimal non déversé :

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

$$RHnd = \frac{(VB)^2}{127 \times 0.035} \Rightarrow \text{Catégorie 1-2}$$

$$RHnd = \frac{(VB)^2}{127(f'' - 0.03)} \Rightarrow \text{Catégories 3-4-5}$$

Avec :

$$f'' = 0.06 \Rightarrow \text{Catégorie 1-2}$$

$$f'' = 0.07 \Rightarrow \text{Catégorie 3}$$

$$f'' = 0.075 \Rightarrow \text{Catégorie 4-5}$$

II-3-2-2- Application au projet :

Notre projet est classé dans la catégorie 2 (C2), situé dans un environnement 2 (E2) avec une vitesse de base de **80 km/h**.

Donc d'après les normes algériennes [02], on obtient le tableau suivant :

Paramètres	Symboles	Valeurs(m)
Vitesse de base (km/h)	V_B	80
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (7%)	250
Rayon horizontal normal (m)	RHN (5%)	450
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (3%)	1000 (2.5%)
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (2.5%)	1400 (2.5%)

Tableau V.1: rayons du tracé en plan

Remarque :

On essaye de choisir le plus grand rayon possible en évitant de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

II-3-3- Courbe de raccordement CR :

Elle permet d'éviter la variation brusque de la courbe lors du passage d'un alignement à un cercle ou l'inverse. Elle a comme propriété essentielle : la variation progressive de la courbure.

Elle apporte des avantages très intéressants :

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

Parmi ces courbes la **clothoïde** qui est susceptible de satisfaire la condition de variation continue de rayon de courbure.

II-3-3-1- Clothoïde :**a- Définition :**

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

b- Choix de la Clothoïde :

La Clothoïde est la seule courbe qui sera appliquée dans notre étude pour les avantages suivants :

- ✓ La courbure de la Clothoïde est linéaire par rapport à la longueur d'arc.
- ✓ La Clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale.
- ✓ La variation constante de la courbure de la Clothoïde correspond pour le conducteur à une rotation constante de son volant.
- ✓ La Clothoïde satisfait également les exigences esthétiques et de confort optique, si elle est bien choisie.

c- Expression mathématique de la clothoïde :

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

$$K = C \cdot L$$

Pour l'homogénéité de la formule, on pose :

$$\frac{1}{C} = A^2$$

Alors:

$$K = \frac{1}{R} \Rightarrow L.R = \frac{1}{C} \Rightarrow \frac{1}{R} = C.L$$

On à :

L'équation fondamentale:

$$L.R = A^2$$

Avec :

R : Rayon du cercle.

L : longueur de la branche de clothoïde.

A : Paramètre de la clothoïde.

d- Les éléments de la Clothoïde:

Sur la figure ci-dessous, nous présentons les différents éléments de la clothoïde.

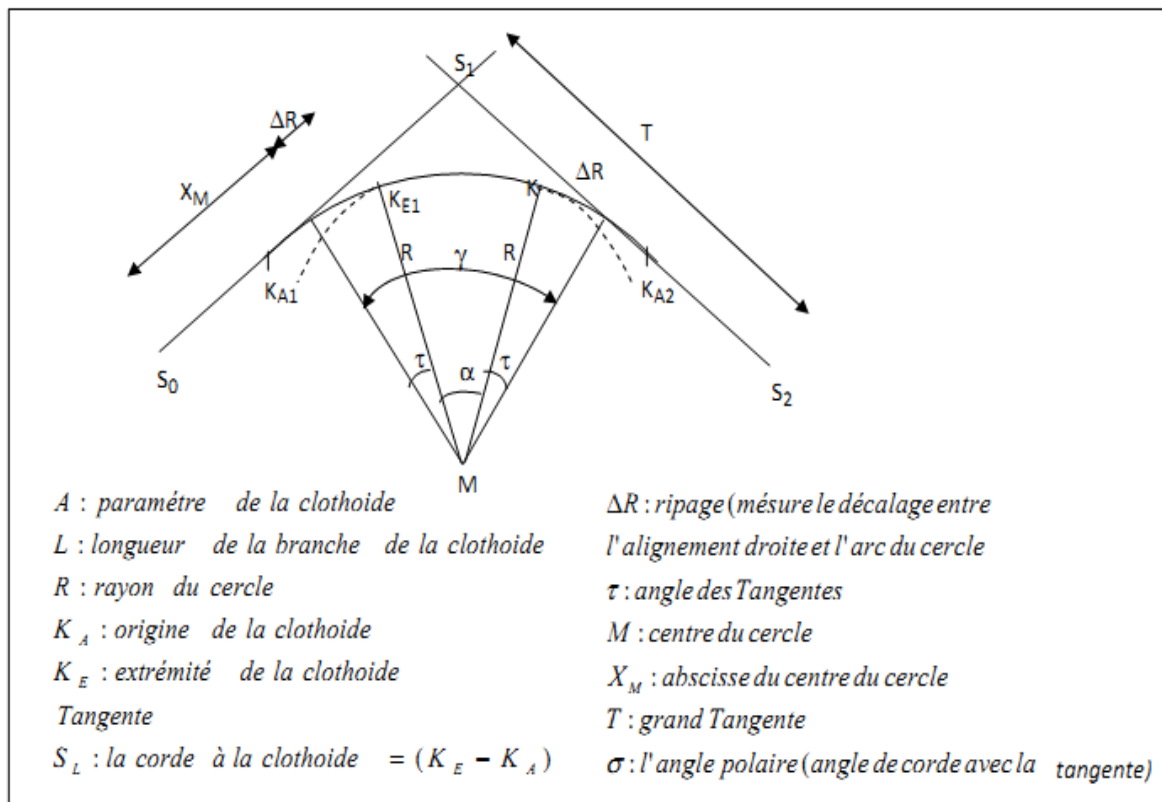


Figure V-1- Les différents éléments de la clothoïde

e- Les conditions de raccordement :

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

▪ **Condition de confort optique :**

C'est une condition qui permet d'assurer à l'usager une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels.

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

$$\tau \geq 3^\circ \quad \text{soit :} \quad \tau \geq \frac{1}{18} \text{ rad}$$

$$\tau = \frac{L}{2R} > \frac{1}{18} \text{ rad} \quad \Rightarrow \quad L \geq \frac{R}{9} \quad \text{soit :} \quad A \geq \frac{R}{3}$$

$$\frac{R}{3} \leq A \leq R$$

- Pour $R < 1500 \Rightarrow \Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement 0.5m) d'où $L_{op} = \sqrt{24 R \Delta R}$
- Pour $1500 < R < 5000 \text{ m}$ $\tau = 3^\circ$ c'est-à-dire $L_{op} = \frac{R}{9}$
- Pour $R < 5000 \Rightarrow \Delta R$ limité à 2.5m soit $L_{op} = 7.75\sqrt{R}$

▪ **Condition de confort dynamique :**

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

La variation de l'accélération transversale est :

$$\frac{V_r^2}{(R - g\Delta d)}$$

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

$$Kg = \frac{1}{0.2V_r}$$

On opte :

$$L_{cd} \geq \frac{V_r^2}{18} \left(\frac{V_r^2}{127 R} - \Delta d \right)$$

Avec :

V_r : vitesse de base en (km/h).

R : rayon en (m).

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

▪ **Condition de gauchissement :**

La demi-chaussée extérieure au virage de C.R est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule, le raccordement doit assurer un aspect satisfaisant dans les zones de variation de dévers.

A cet effet on limite la pente relative du profil en long au bord de la chaussée déversée et de son axe de telle sorte :

$$\Delta P \leq \frac{0.5}{V_r}$$

Nous avons :

$$L_{cg} = l \cdot \Delta d \cdot V_r$$

Avec :

l = largeur de la chaussée.

Nota :

La longueur de la courbe << **L** >> à prendre en considération dans le tracé en plan :

$$L = \max (L_{op}, L_{cd}, L_g)$$

Remarque :

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

On a : $\frac{\Delta d}{\Delta t}$

$$\text{Avec : } \Delta t = \frac{L}{v} \quad v = \frac{V}{3.6} \quad \text{et} \quad L \geq \frac{5 \times \Delta d \times V_r}{36}$$

Δd : exprimé en valeur réelle.

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

II- 4- Combinaison des éléments de tracé en plan

La combinaison des éléments du tracé en plan donne plusieurs types de courbes. On peut citer entre autre :

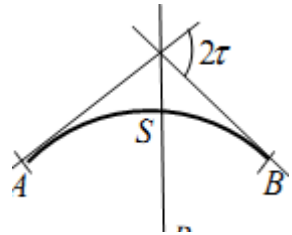
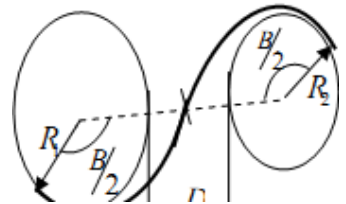
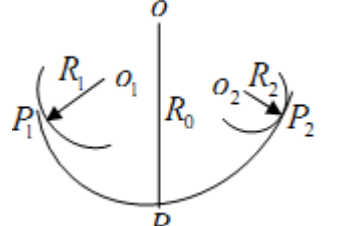
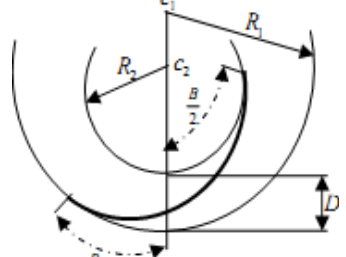
Courbe en sommet : Une courbe constituée de deux arcs clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements.	Courbe en sommet 
Courbe en S : Une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de concavité opposée tangente en leur points de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle.	Courbe en << S >> 
Courbe en C : Une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux arcs de cercles sécants ou extérieurs l'un à l'autre.	Courbe en << C >> 
Courbe en Ove : Un arc de clothoïde raccordant deux arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique.	Courbe en ovale 

Figure V.3 : Les différents types de courbes du tracé en plan

II-5- Paramètres fondamentaux :

Notre projet s'agit d'une route de catégorie **C2**, dans un environnement **E2**, avec une vitesse de base $V_B = 80$ km/h. Ces données nous aident à tirer les caractéristiques suivantes qui sont inspirées de la norme **B40 [02]**.

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse (km/h)	V	80
Longueur minimale (m)	Lmin	112
Longueur maximale (m)	Lmax	1333
Devers minimal (%)	dmin	2.5
Devers maximal (%)	dmax	7
Temps de perception réaction (s)	t ₁	2
Frottement longitudinal	f _L	0.39
Frottement transversal	f _t	0.13
Distance de freinage (m)	d ₀	65
Distance d'arrêt (m)	d ₁	109
Distance de visibilité de dépassement minimale (m)	d _m	325
Distance de visibilité de dépassement normale (m)	d _N	500
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	d _{Md}	200
RHm (m) (d'associe %)	RHm	250 (7 %)
RHN (m) (d'associe %)	RHN	450 (5 %)
RHd (m) (d'associe %)	RHd	1000(2.5 %)
RHnd (m) (d'associe %)	RHnd	1400 (-2.5 %)

Tableau V. 2: Paramètres fondamentaux du tracé en plan.

II-6- Application au projet :

Nous allons procéder à la conception du projet avec le logiciel piste. A travers ce paragraphe nous expliquerons le fonctionnement du logiciel piste5.

1- Construction du terrain :

Pour représenter le terrain sur le logiciel nous devons effectuer certaines opérations :

Copier toutes les coordonnées x,y,z de l'Excel $\Rightarrow$ tous les programmes $\Rightarrow$

Accessories: Word pad $\Rightarrow$ Edition $\Rightarrow$ Collage special $\Rightarrow$

Texte non formaté $\Rightarrow$ Ok.

Enregistrer sous $\Rightarrow$ forma type : MS DOS $\Rightarrow$ Nom : levé .xyz

Piste $\Rightarrow$ Fichier $\Rightarrow$ Nouveau $\Rightarrow$ Fond de plan TPL (seg) $\Rightarrow$ Ok.

Enregistrer $\Rightarrow$ Nom : ... $\Rightarrow$ Ok $\Rightarrow$ Ok.

Fichier $\Rightarrow$ lire (levé.xyz).

On obtient alors le nuage de point suivant :

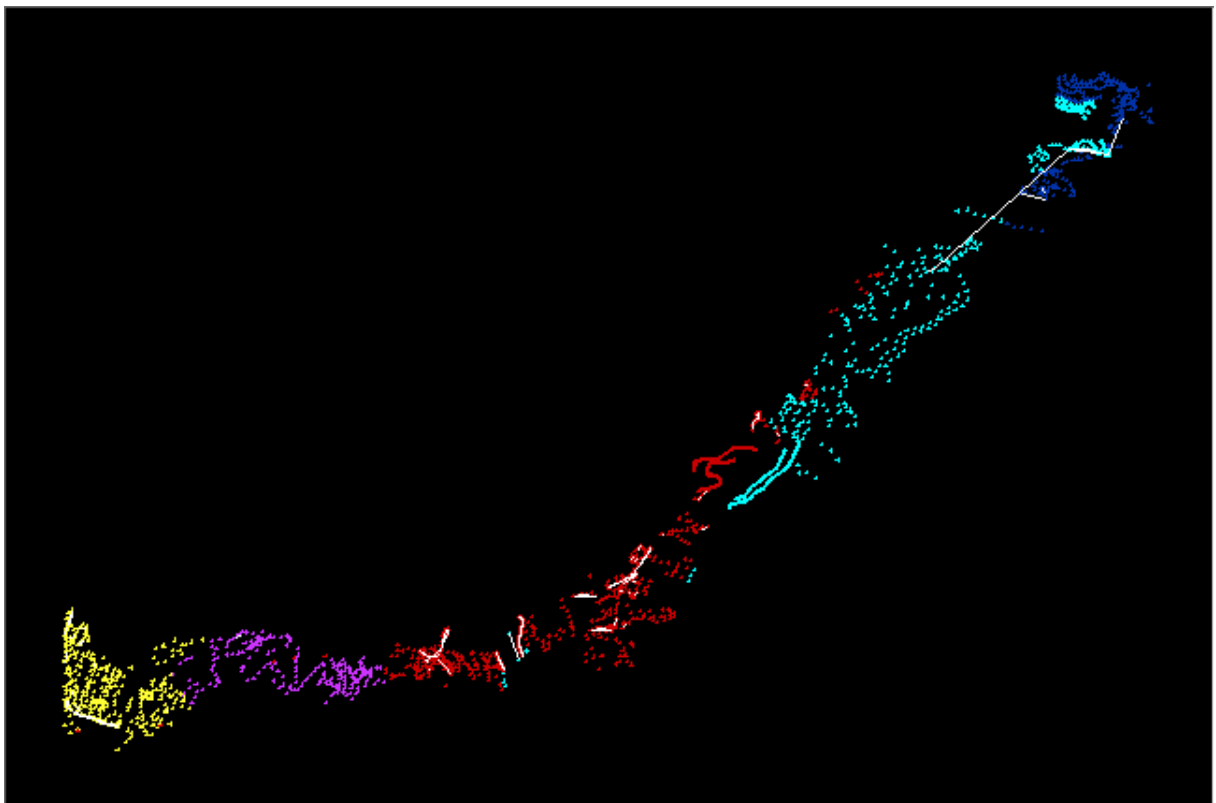


Fig. V.3 : Nuage de point

Nota :

avant d'entrée dans ce répertoire (longitudinale), il faut ouvrir le fichier.Seg où encore suivre les étapes suivantes :

Fond de plan $\Rightarrow$ Ouvrir (votre fichier.Seg).

Fon de plan TPL $\Rightarrow$ Calcul $\Rightarrow$ Trianguler.

Calcul $\Rightarrow$ Courbe (choisir valeur de Pas (ex : 2m) $\Rightarrow$ Ok.

Calcul $\Rightarrow$ Interpoler (il faut que le nombre de profils terrain soit n sur n, par exemple 48 profils terrain sur 48 ne pas, 48 sur 50).

Calcul $\Rightarrow$ haut bas.

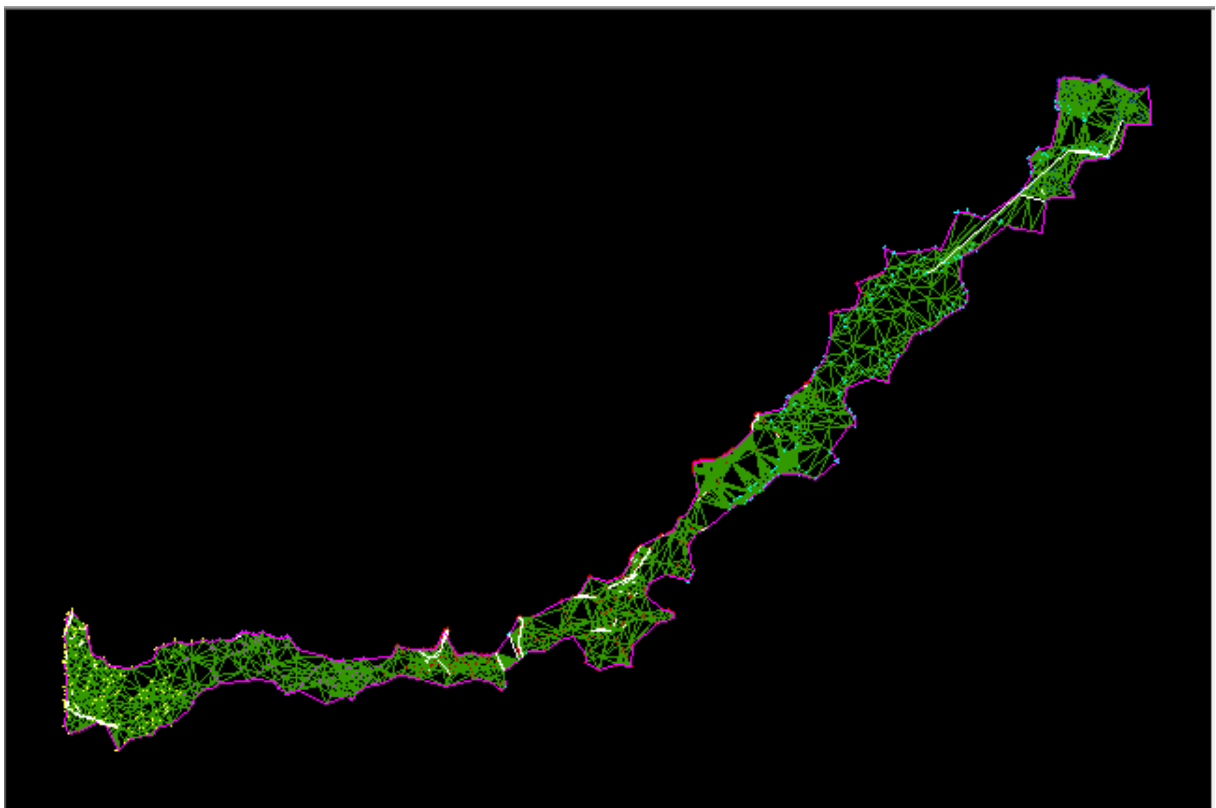


Fig. V.4 : Triangulation et calcul de courbes de niveau

2- Construction des éléments de l'axe :

Fichier $\Rightarrow$ Nouveau $\Rightarrow$ Conception plane (dap) $\Rightarrow$ (créer un fichier.DAP) $\Rightarrow$ Ouvrir le Fond de plan.

Dessiner l'axe en plan (par ordre) :

❖ **Les points :**

Point $\Rightarrow$ nom d'élément $\Rightarrow$ POI P1 $\Rightarrow$ Saisir POI P1 $\Rightarrow$ exécuté ou graphiquement, ou point terrain

❖ **Les droites :**

Droite $\Rightarrow$ nom d'élément $\Rightarrow$ D1 P1 P2 (entre 2 points).

❖ **Les liaisons :**

Distance $\Rightarrow$ nom d'élément (A1)

Distance $\Rightarrow$ nom d'élément (R1)

Liaison $\Rightarrow$ nom d'élément (L1) $\Rightarrow$ Droite (entre deux droites) $\Rightarrow$

Paramètre : Distance (A1) $\Rightarrow$ Distance (R1) $\Rightarrow$ exécuté.

Nota :

On refait ces procédures pour les autres paramètres (A2, R2, L2,...).

3- Construction de l'axe :

Axe $\Rightarrow$ Nom d'élément : AXE 1 point (Sélectionner avec la souris le point P1).

Fin automatique $\Rightarrow$ exécuté (Echappe).

Remarque :

AXE 1 Et Fin automatique $\Rightarrow$ exécuté. (Echappe).

Calcul $\Rightarrow$ Zone $\Rightarrow$ Axe $\Rightarrow$ Saisir une valeur (par exemple chaque 10 mètres, nous saisissons : Axe 1 0.00 10 $\Rightarrow$ exécuter.

Un clic sur **F2** nous permet de voir les résultats en mode texte. Les résultats ainsi obtenus sont joints en annexe.

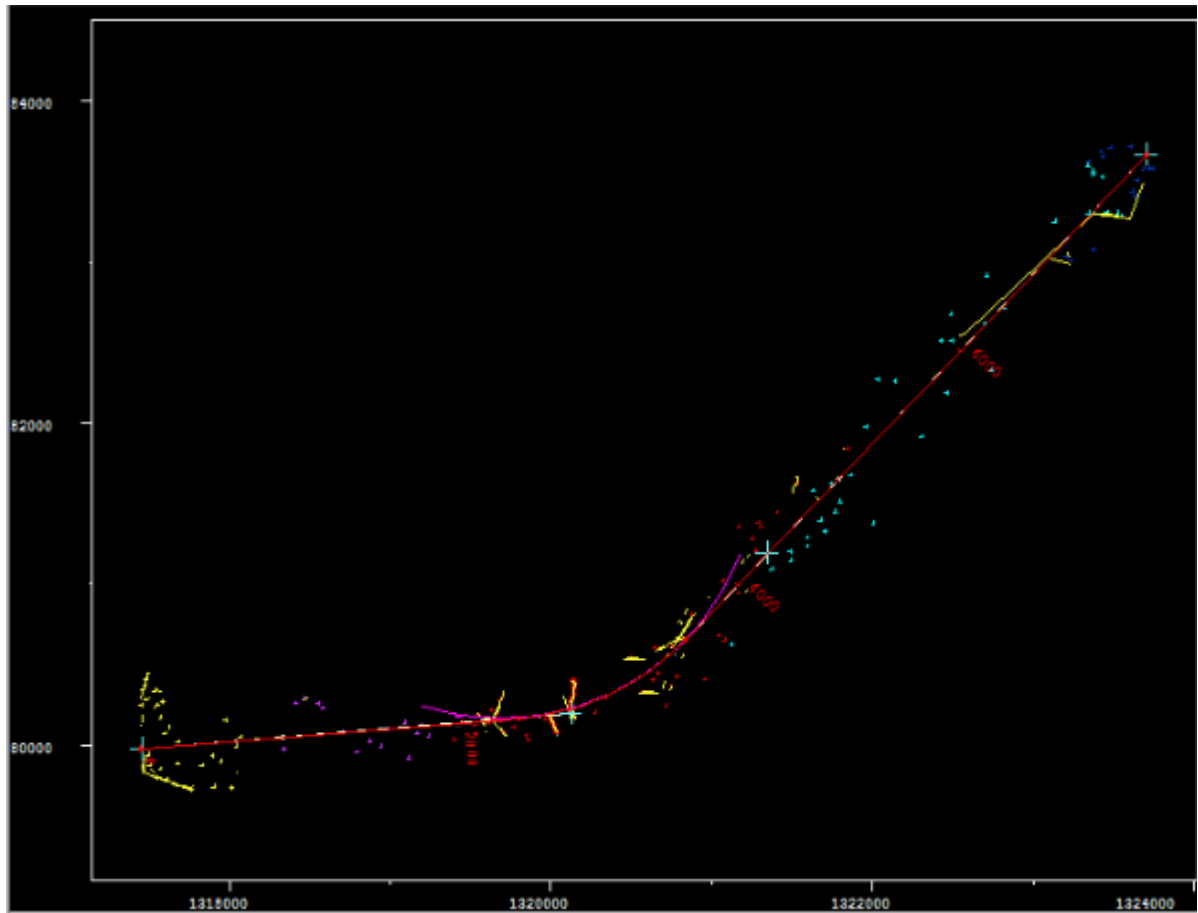


Fig. V.5 : Axe en plan

III- Profil en long :

1- Définition :

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain, suivant le plan vertical pour l'axe du tracé, il est constitué en général d'une succession d'alignements raccordés par des courbes circulaires.

Le profil fictif est le profil situé au point de rencontre de la ligne du terrain naturel et de la ligne du projet.

Le pourcentage de déclivité dans les rampes pentes est choisie de manière à :

- ✓ assurer une circulation, sans gêne pour les poids en limitant la valeur des rampes, si possibles aux valeurs de (B40).
- ✓ assurer l'assainissement de la plate forme dans les longueurs section en déblais ou dans les zones de devers nul par création de pentes longitudinale.

Pour le profil en long on à deux types de rayons :

- ✓ rayons en angle saillant (convexe).
- ✓ rayons en angle rentrant (concave).

2- Règles à respecter dans le tracé du profil en long :

Dans ce paragraphe on va citer les règles à considérer (sauf dans des cas exceptionnels) lors de la conception du profil en long. L'élaboration du tracé s'appuiera sur les règles suivantes :

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

3 - Elément géométrique du profil en long :

Le profil en long est composé d'éléments rectilignes par leur déclivité (pente ou rampe), et des raccordements paraboliques caractérisés par leur rayon.

a- Définition de la déclivité :

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

b- Déclivité minimale :

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

c- Déclivité maximale :

Elle doit être inférieure à une valeur maximale associée au niveau de service selon le **B40** on a :

Catégorie C2

Environnement E2

Donc : $P_{\max} = 6 \%$

Vr Km/h	40	60	80	100	120	140
I _{max} %	8	7	6	5	4	4

➤ Pour notre cas la vitesse $V_r=80$ Km/h donc la pente maximale **I_{max}=6%**.

4- Raccordement en profil en long :

Le changement des déclivités constitue des points particuliers au niveau du profil en long. A cet effet, le passage d'une déclivité à une autre doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire où leur conception est subordonnée à la prise en considération de la visibilité et du confort. On distingue ainsi deux types de raccordement :

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

❖ **Condition au confort :**

le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qui est limitée à 0.3 m/s^2 (soit $g/40$).

Le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$\frac{V^2}{R_v} < \frac{g}{40} \quad \text{Avec: } g = 10 \text{ m/s}^2.$$

D'où:

$$\begin{cases} R_v \geq 0,3 V^2 & \Rightarrow \text{(cat 1-2).} \\ R_v \geq 0,23 V^2 & \Rightarrow \text{(cat 3-4-5).} \end{cases}$$

Tel que :

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

V : vitesse de référence (km /h).

❖ **Condition de visibilité :**

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme condition supplémentaire à celle de condition confort. Elle stipule que deux véhicules circulant en sens opposés doivent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum.

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

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

Telle que:

D_1 : distance d'arrêt (m).

h_0 : hauteur de l'œil (m).

h_1 : hauteur de l'obstacle (m).

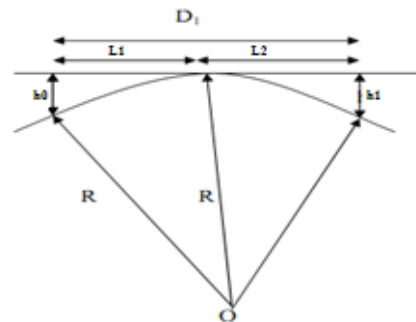


Fig. V.6 : Schéma de calcul des rayons en angle saillant

Les rayons assurant ces deux conditions sont donnés pour les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour une chaussée bidirectionnelle et une vitesse de base $V_r=80\text{Km/h}$ et la catégorie C2 on a :

Normes du B-40	Profil en long : Les rayons verticaux (convexes)		
	Rayon R_v	Symbole	Valeur
	Min-absolu	R_{vm}	4 500
	Min- normal	R_{vN}	10 000
	Dépassement	R_{vD}	11 000

❖ **Condition d'esthétique :**

Comme tout ouvrage désigné de ce nom, une grande route moderne devrait être conçue et réalisée de façon à procurer aux usagers une impression d'harmonie, d'équilibre et de beauté. Pour cela il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivité sur une distance restreinte. Pour éviter cet

effet on imposera une longueur de raccordement minimale $b > 50$ et pour des dévers $d < 10\%$ dans le cas des échangeurs.

On a :

$$R_{v \min} = 100 \times \frac{50}{\Delta d\%}$$

Telle que :

Δd : changement de dévers (%).

$R_{v \min}$: rayon vertical minimum (m).

❖ Les rayons en angles rentrants (concaves):

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. Il est donnée par la relation suivante :

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

Pour une chaussée bidirectionnelle avec une $V_r = 80$ Km/h et une catégorie C2, on a le tableau suivant :

Normes du B-40	Profil en long : Les rayons verticaux (convexes)		
	Rayon R_v	Symbole	Valeur
	Min-absolu	R'_{vm}	2 400
	Min- normal	R'_{vN}	3 000
	Dépassement	R_vD	11 000

6- Application à Notre projet:

❖ La conception longitudinale :

Pour dessiner la ligne rouge sur piste représentant l'axe de notre projet on suit les mêmes étapes que la phase conception plane pour les points et les droites.

Pour les distances, nous saisissons sauf les valeurs de ($R_1, R_2, \dots$ etc.).

Distance $\Rightarrow$ choisir une valeur de $R \Rightarrow$ exécuter. (Echappe).

Parabole $\Rightarrow$ nom d'élément : par1 D1 D2 R1 (entre deux droites).

Axe $\Rightarrow$ Point(P1) $\Rightarrow$ Fin automatique $\Rightarrow$ exécuté. (Echappe).

Calcul $\Rightarrow$ Tabuler un axe $\Rightarrow$ < RC > Compléter.

Ci-dessous nous allons voir l'image du profil en long après la tabulation.

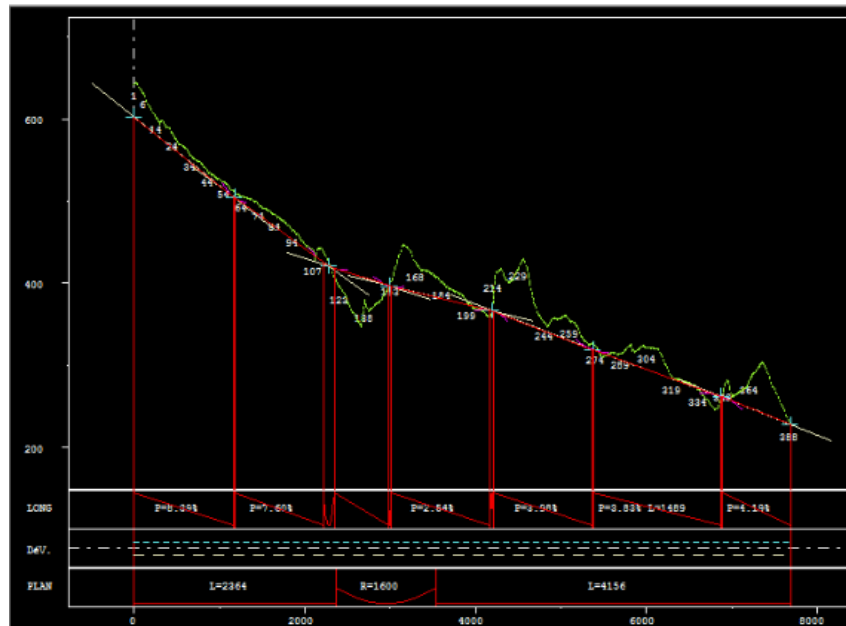


Fig. V.7: Profil en long

IV- Profil en travers type :

1- Définition :

Le profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée. Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé «profil en travers type» contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc....).

2- Les éléments 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 terre-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.

Sur la figure « Chapitre V.8 » nous présentons les différents éléments constituant le profil en travers d'une chaussée routière.

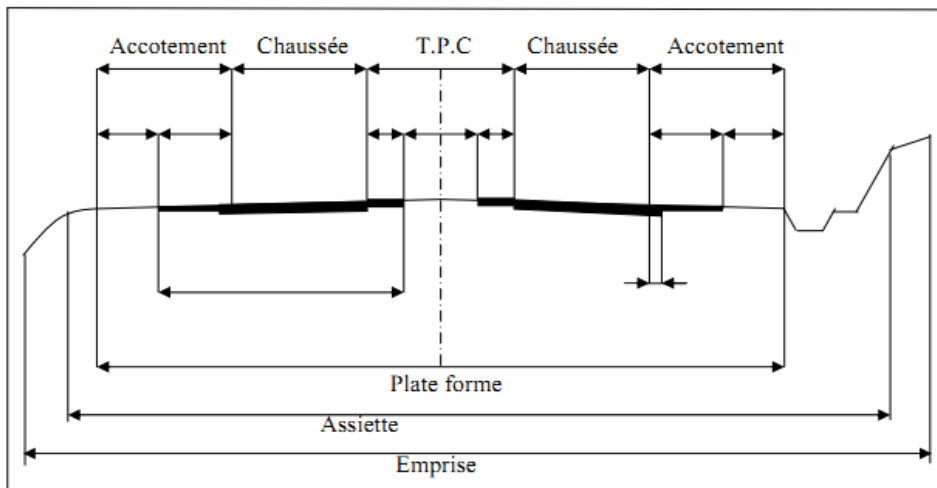


Figure V.8: Eléments constitutifs du profil en travers

3- Classification du profil en travers :

Ils existent deux types de profil :

❖ 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 régulières (10, 15, 20, 25m...), qui servent à calculer les cubatures.

4- Application au projet :

❖ La conception transversale :

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

Conception transversale ➡ non de fichier.pis (axe1.pis) ➡ Ok

Calcul ➡ Dévers ➡ Calculer ➡ Recherche semi-automatique (Compléter le tableau).

Dévers ➡ calculé ➡ fermé.

Dévers ➡ fin ➡ créer un fichier.dvt ➡ Ok.

Projet ➡ créer un fichier. Type

Profil type ➡ nom de profile type (T 1).

Créer Nouveau ➡ Ok.

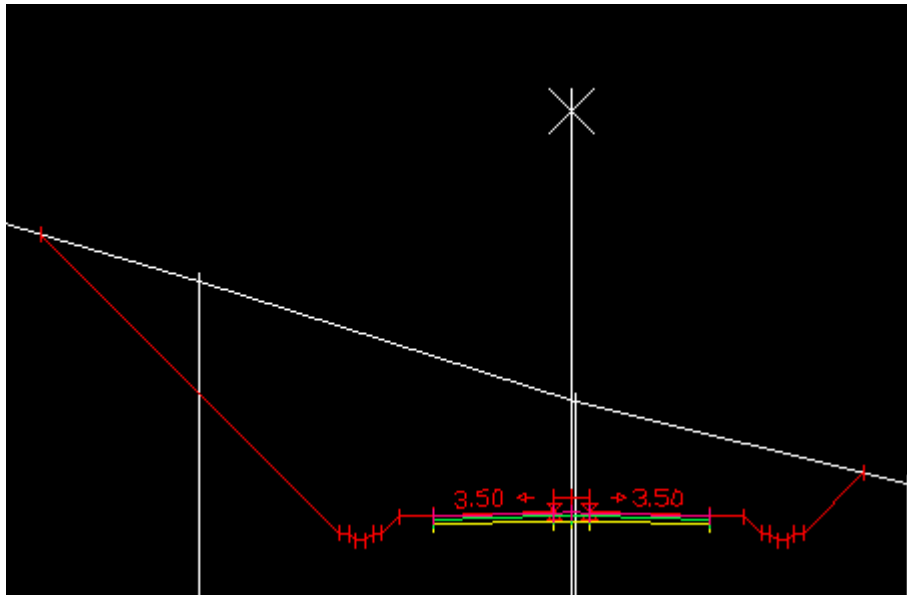


Figure V.9 : Profil en travers

❖ Le profil en travers type du notre projet :

Notre projet comportera un profil en travers type, qui contient les éléments constructifs suivants :

- ✓ Deux chaussées de deux voies de 3.5m chacune: $(2 \times 3.5) \times 2 = 14.00\text{m}$
- ✓ Un Terre – Plein Central < TPC > de 3 m
- ✓ Une bande d'arrêt d'urgence de 2.5m pour chaque coté: $2.5 \times 2 = 5.00 \text{ m}$

Donc notre tronçon de route possède une largeur de 22m.

Conclusion :

Ce chapitre est consacré aux différents éléments du tracée géométrique d'un projet routier ; le tracé en plan, le profil en long, le profil en travers.

A travers cette étude géométrique, d'une part nous avons essayé de respecter les conditions pour obtenir les différents tracés et d'autre part nous avons illustré les différentes étapes de ce tracé.

Nous rappelons que nous avons fait appel au logiciel piste 5 et que les résultats du calcul sont joints aux annexes.

Chapitre VI

Cubature et terrassement

I. Introduction générale :

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

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

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

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

II. Terrassement :

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

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

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

❖ Le Déblai :

Il consiste à extraire les terres avec des engins mécaniques selon la profondeur donnée par le topographe. Le déblai peut être utilisé comme remblais, s'il est consistant et s'il répond aux normes techniques.

❖ Le Remblai :

Les matériaux de terrassement mis en œuvre par compactage et destiné à surélever le profil d'un terrain ou à combler une fouille. Le remblai Consiste à rapporter des terres afin de relever le niveau.

III. Le compactage :

Les matériaux mis en œuvre supportent les charges routières, il est nécessaire d'en améliorer la résistance au cisaillement:

- ✓ En resserrant les grains solides les uns contre les autres.
- ✓ En diminuant le Volume des Vides par expulsion de l'air, par le compactage.

La diminution des vides conduit à réduire les entrées d'eau ultérieures. Elle réduit également les causes de l'attrition.

❖ Les paramètres du compactage :

Trois facteurs influents sur le compactage:

▪ Les forces appliquées par le compacteur :

Plus les forces sont élevées, plus vite se fait le réarrangement des grains.

▪ La capacité du sol à évacuer l'air :

- Pour un sol granulaire, les vides sont jointifs, l'air n'a aucune difficulté à s'évacuer.
- Pour un sol argileux, en revanche, les vides sont microscopiques et l'air s'évacuera difficilement.

▪ La quantité d'eau contenue dans le sol :

Elle réduit la résistance au cisaillement, c'est à dire qu'elle réduit la contrainte de cisaillement sur le plan de rupture.

IV. Cubature de terrassement :

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

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

V. Méthode de calcul :

Les calculs effectués pour l'obtention des volumes des terrassements existants dans notre projet sont appelés cubature. Bien que les cubatures soient fastidieuses, il existe plusieurs méthodes qui simplifient leurs calculs entre autres :

- ✓ La méthode linéaire
- ✓ La méthode SARRAUS
- ✓ La méthode de GULDEN.

N.B :

Pour le cas de notre projet on utilise la méthode de gulden intégrée dans le logiciel PISTE.

- **Méthode de GULDEN :**

Dans cette méthode, les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chacune des valeurs à l'axe est calculée.

Pour obtenir les volumes et les surfaces, ces valeurs sont multipliées par le déplacement du barycentre en fonction de la courbure au droit du profil concerné.

Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée.

Si on utilise la méthode de Gulden, la quantité « longueur d'application » n'a plus de sens, voir la figure VI.1.

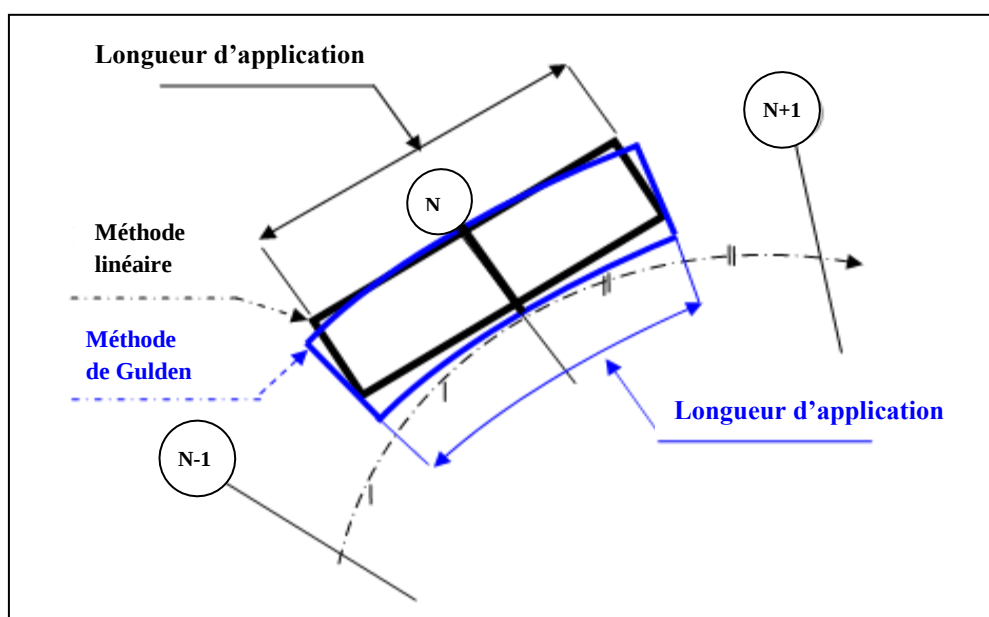


Figure VI.1

VI. Application au projet :

❖ Calcul des cubatures de terrassement :

Nous rappelons que la méthode choisie pour le calcul est celle de GULDEN. Le calcul s'est effectué à l'aide du logiciel «piste+5», les résultats sont joints en annexes.

Les principaux résultats à retenir sont :

➤ **Volume des déblais $V_d = 2600726\text{m}^3$**

➤ **Volume des remblais $V_r = 611361\text{m}^3$**

Chapitre VII

Hydraulique et assainissement

I- Introduction :

L'évacuation des eaux pluviales est l'une des préoccupations fondamentales dans le domaine des routes, car la présence d'eau provoque plusieurs inconvénients tels que les problèmes d'inondations ; glissement des terrains, ainsi que les problèmes d'érosion, de stabilité des talus, et la dégradation des chaussées par défaut de portance du sol.

Dans ce contexte, il faut prévoir un ensemble de dispositifs dans le but de récolter et d'évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines, c'est à dire :

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

II- Objectif de l'assainissement

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

III- Assainissement de la chaussée:

La détermination du débouché a donné 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 courants 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.

Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale .ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les 3 %.

➤ 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 :

Le fossé est en terre ou en béton (en fonction de leur vitesse d'écoulement).ils sont prévus lorsque la pente des terrains adjacents est vers la plate-forme et aussi de collecter les eaux de ruissellement de la chaussée, en remblai, par l'intermédiaire des descentes d'eau.

➤ Drain :

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainant longeant l'autoroute. Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant en son centre un tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150 mm de diamètre. Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements.

Les eaux collectées par le drain sont rejetées dans des regards de drainage et en dernier lieu dans les points de rejet.

➤ **Descentes d'eau :**

Dans les sections d'autoroute en remblai, lorsque la hauteur de ces remblais 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 varié entre 30 m et 40 m.

IV- Définition des termes hydraulique :

➤ **Bassin versant :**

C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de partage des eaux. C'est la surface totale de la zone susceptible d'être alimentée en eau pluviale, d'une façon naturelle, ce qui nécessite une canalisation en un point bas considéré (exutoire).

➤ **Collecteur principal (canalisation) :**

C'est la Conduite principale récoltant les eaux des autres conduites (dites collecteurs secondaires), recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

➤ **Chambre de visite (cheminée) :**

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

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

➤ **Sacs :**

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

➤ **Fossés de crêtes :**

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

➤ **Décence d'eau :**

Elle draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes

➤ **Les regards :**

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

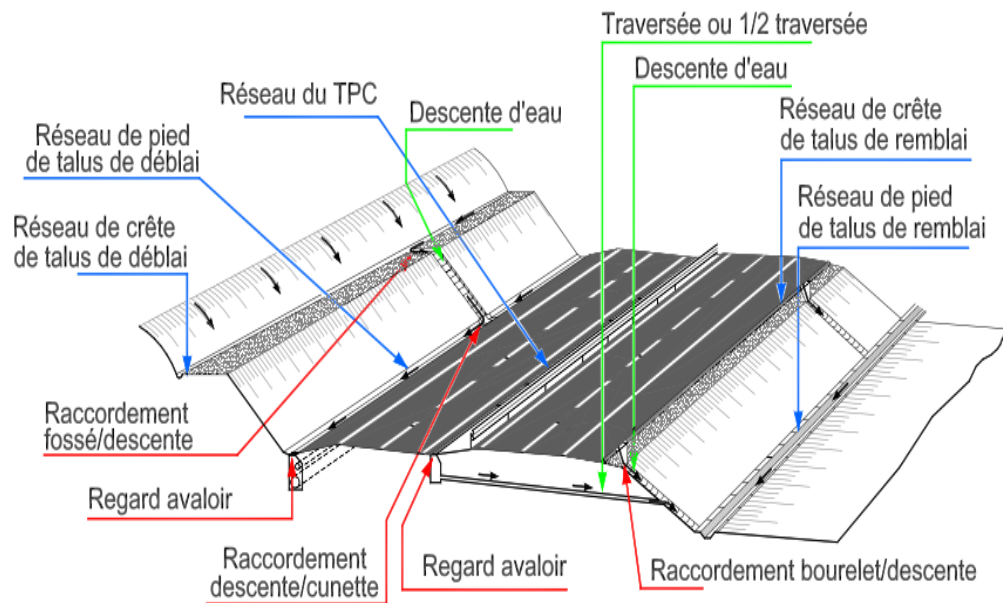


Figure VII.1. Différents composants de la route

V- Données pluviométriques:

La région de **Tizi-Ouzou** est régie par un climat méditerranéen caractérisé par l'alternance d'une saison sèche avec une saison froide, humide et pluvieuse.

- ✓ Les données nécessaires aux calculs concernent :
- ✓ Les précipitations moyennes de 24h : **$P_{24} = P_j = 60.35\text{mm}$**
- ✓ Le coefficient de variation de la région considérée : **$C_v = 0.38$** .
- ✓ L'exposant climatique de la région : **$b = 0.37$** .
- ✓ Les précipitations maximales journalières de fréquence donnée P (%)

Le calcul de la précipitation P_j (%) est obtenu par la formule suivante :

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

La pluie de référence pour le calcul de dimensionnement des ouvrages correspond à une durée de pluie t minute et une période de retour de 10 ans, 50 ans, 100 ans. Soit le tableau suivant qui donne les valeurs de variable du gaussien en fonction de la fréquence.

Fréquences	Période de retour (ans)	Variable de Gouss
50	02	0.00
20	05	0.84
10	10	1.28
02	50	2.05
01	100	2.327

Tableau V.1

V.1. Surface des bassins versants (A) :

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

- ✓ Les surfaces **A** sont mesurées au planimètre en Km^2 .
- ✓ Les longueurs de talweg principal **L** sont mesurées au curvimètre en Km
- ✓ La pente **P** est calculée en faisant le rapport de la dénivelée du talweg par longueur L en m/m.

$$P = \frac{(H_{\max} - H_{\min})}{L}$$

Avec :

L : longueur de Thalweg.

Hmax : l'altitude maximale de B.V

Hmin : l'altitude minimale de B.V

V.2. Coefficient de ruissellement (C) :

Le coefficient de ruissellement a été estimé à partir :

- ✓ De la pente du bassin versant.
- ✓ De l'intensité de pluie.
- ✓ De la couverture du bassin versant.
- ✓ De la perméabilité du terrain.

Type de chaussée	C	Valeur prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.80 à 0.95	0.95
Accotement : sol légèrement perméable	0.15 à 0.40	0.35
Talus	0.10 à 0.30	0.25
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

Tableau V.2**V.3. Superficie du bassin versant :**

Notre projet de linéaire de 7688 m est au pied de (09) bassins versants dont les caractéristiques sont données dans le tableau suivant :

N° bassins	PK ouvrage	Surface (km ²)	L (km)	H _{max} (m)	H _{min} (m)	H _{moy} (m)	P%
1	12+810	0.414	1.027	671	547.22	609.11	0.12
2	13+115	0.606	0.754	668	513.96	590.98	0.20
3	14+200	0.219	0.338	465	433.54	449.27	0.93
4	14+730	6.369	4.391	1033	339.13	686.065	0.16
5	16+160	2.075	1.379	744	372.18	558.09	0.27
6	17+620	2.680	1.222	1067	328.45	697.725	0.60
7	18+400	0.705	1.425	672	319.78	495.89	0.24
8	18+840	2.323	1.893	745	231.58	488.29	0.27
9	19+900	0.869	1.430	376	199.68	287.84	0.12

Tableau V.3

V.4. La période de retour :

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

V.5. Le temps de concentration :

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

Dépendant des caractéristiques du bassin drainé ; Le temps de concentration est estimé respectivement d'après **VENTURA, PASSINI, GIANDOTHI**, comme suit :

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

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

tc : temps de concentration donné par la formule de :

- ✓ VENTURA ($A < 5 \text{ km}^2$).
- ✓ PASSINI ($5 < A < 25$).
- ✓ GIANDOTHI ($25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$).

- **Formule de VENTURA :**

$$T_c = 0.127 \sqrt{A/P} \quad (\text{heure})$$

- **Formule de PASSINI :**

$$T_c = 0.11 \sqrt[3]{A * L} / \sqrt{P} \quad (\text{heure})$$

- **Formule de GIANDOTHI:**

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}} \quad (\text{heure})$$

Telle que :

A : surface (km^2).

P : pente.

L : longueur du THALWEG (km)

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

Les valeurs des temps de concentration sont données dans le tableau suivant :

$N^{\circ} BV$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t_c	0.23	0.22	0.20	0.83	0.35	0.27	0.22	0.37	0.34

Tableau V.4

VI. Calcul hydraulique :

VI.1. Calcul de précipitation

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

Pendant 10 ans

- $u = 1.28 \quad C_v = 0.38 \quad P_j = 60.35$

$$P_j (10\%) = \frac{60.35}{\sqrt{0.38^2 + 1}} \cdot e^{1.28 \sqrt{\ln(0.38^2 + 1)}}$$

$$P_j (10\%) = 90.27 \text{ mm.}$$

Pendant 50 ans

- $u = 2.05 \quad C_v = 0.28 \quad P_j = 60.35$

$$P_j (02\%) = \frac{60.35}{\sqrt{0.38^2 + 1}} \cdot e^{2.057 \sqrt{\ln(0.38^2 + 1)}}$$

$$P_j (02\%) = 120.08 \text{ mm}$$

Pendant 100 ans

- $u = 2.327 \quad C_v = 0.28 \quad P_j = 60.35$

$$P_j (10\%) = \frac{60.35}{\sqrt{0.38^2 + 1}} \cdot e^{2.327 \sqrt{\ln(0.38^2 + 1)}}$$

$$P_j (10\%) = 132.60 \text{ mm}$$

VI.2. Calcul de 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 1 heure.

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

On a :

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

- Pour $P_j(10\%) = 90.27 \text{ mm}$

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

- Pour $P_j(02\%) = 120.08 \text{ mm}$

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

- Pour $P_j(01\%) = 132.60 \text{ mm}$

$$I = \frac{132.60}{24} = 5.53 \text{ mm/h}$$

Remarque :

Le débit d'apport de chaque bassin versant est résumé dans le tableau suivant :

N° bassins	PK ouvrage	Surface (km2)	K	C	I ₁₀	Qa
1	12+810	0.414	0.2778	0.2	70.28	1.62
2	13+115	0.606	0.2778	0.2	72.28	2.43
3	14+200	0.219	0.2778	0.2	76.75	0.93
4	14+730	6.369	0.2778	0.2	31.31	11.08
5	16+160	2.075	0.2778	0.2	53.95	6.22
6	17+620	2.680	0.2778	0.2	63.53	9.46
7	18+400	0.705	0.2778	0.2	72.28	2.83
8	18+840	2.323	0.2778	0.2	52.10	6.72
9	19+900	0.869	0.2778	0.2	54.94	2.65

Tableau VI.5. Débit d'apport des bassins versants.

❖ Exemple de calcul pour le bassin N°1 :

1. Calcul des débits :

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

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

Telle que:

- ✓ **K** : coefficient de concentration $K = 0.2778$.
- ✓ **C** : coefficient de ruissellement.
- ✓ **I** : l'intensité de l'averse exprimée (mm /h).

2- Surface de l'écoulement :

On considère la présence des trois éléments (chaussée, talus et bassin versant), en calculant le débit d'apport par chaque élément et le débit total sur leurs sections respectives.

Pour une section de 100m et le talus est pris pour une largeur défavorable de 10m.

On à :

$$Q_a = Q_c + Q_A + Q_{sb}$$

Telle que :

- ✓ $Q_c = K \cdot I \cdot C_c \cdot A_c$
- ✓ $Q_A = K \cdot I \cdot C_A \cdot A_A$
- ✓ $Q_{sb} = K \cdot I \cdot C_{sb} \cdot A_{sb}$

Et :

Q_c : débit d'apport par la chaussée.

Q_A : débit d'apport par l'accotement.

Q_{sb} : débit d'apport par le talus.

C_c : coefficient de ruissellement de la chaussée.

C_A : coefficient de ruissellement de l'accotement.

C_{sb} : coefficient de ruissellement du talus.

A_c : surface de la chaussée.

A_A : surface de l'accotement.

A_{sb} : surface du talus.

3- Calcul des surfaces :

$$A = A_c + A_A + A_t$$

- **Surface de la chaussée :**

$$A_c = 7.100.10^{-4} = 0,07 \text{ ha}$$

- **Surface de l'accotement :**

$$A_A = 2.5.100.10^{-4} = 0,025 \text{ ha}$$

- **Surface du talus :**

$$A_t = 10.100.10^{-4} = 0.1 \text{ ha}$$

D'où:

$$A = 0.07 + 0.025 + 0.1 = 0.195 \text{ ha}$$

$$A = 0.195 \text{ ha}$$

4- Calcul des débits:

$$Q_c = 2,778 \times 10^{-3} \times 0,95 \times 70,28 \times 0.07 = 0.013 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_A = 2,778 \times 10^{-3} \times 0,35 \times 70,28 \times 0.025 = 0.0017 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_s = 2,778 \times 10^{-3} \times 0,20 \times 70,28 \times 0.1 = 0.0039 \text{ m}^3/\text{s}$$

D'où:

$$Q_a = Q_A + Q_c + Q_{sb} = 0.013 + 0.0017 + 0.0039 = 0.018 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_a = 0.0186 \text{ m}^3/\text{s}.$$

VII. Calcul des ouvrages hydrauliques :

VII.1. Dimensions des fosses :

Le débit de saturation est calculé par le biais de la formule de Manning- Strickler sur un écoulement en régime uniforme.

La forme transversale de la fosse est trapézoïdale est donnée dans la figure ci-dessous :

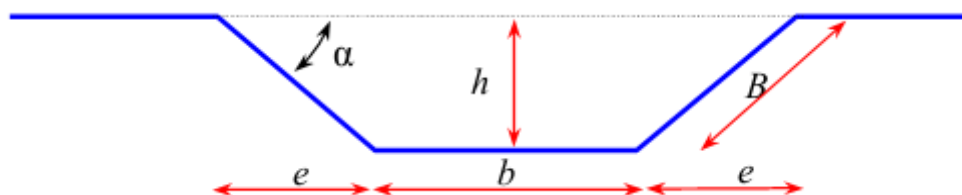


Figure VII.2

➤ Calcul des dimensions des fossés :

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et du débit d'écoulement au point de saturation par la loi suivant :

$$Q_a = Q_s = K.I.C.A = K_{st}.I^{1/2} S_m R h^{2/3}$$

Avec :

- ✓ **K_{st}**: coefficient de rugosité.
- ✓ **K_{st}**: 30 en terre.
- ✓ **K_{st}**: 70 en bétons (dalots).
- ✓ **K_{st}**: 80 en bétons (buses préfabriquées).
- ✓ **I** : pente longitudinale de l'ouvrage
- ✓ Surface mouillée **S_m** = h. (b + n.h)
- ✓ Périmètre mouillé **P_m** = b + 2 h.√1 + n²
- ✓ Rayon hydraulique **R_h** = S_m / P_m
- ✓ Pente du talus **P** = 1/n

On fixe la base du fossé à (**b = 50 cm**) et la pente du talus à (**1/n = 1/1.5**) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h.

- ✓ **Calcul de la surface mouillée :**

$$S_m = bh + 2 \frac{eh}{2}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n}$$

D'où:

$$e = n.h$$

$$S_m = bh + n.h^2 = h. (b + n.h)$$

$$S_m = h. (b + n. h)$$

- ✓ **Calcul du périmètre mouille :**

$$P_m = b + 2B$$

Avec:

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

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

- ✓ **Calcul le rayon hydraulique :**

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

- ✓ **Calcul des dimensions des fossés :**

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

$$Q_a = Q_s = K.I.C.A = K_{st}.I^{1/2} S_m.Rh^{2/3}$$

Donc :

$Q_a = Q_s = F(h)$ et le calcul se fera par itération.

✓ **Application numérique:**

$$Q_s = Q_a = K.S_m.Rh^{2/3}.I^{1/2}$$

Données:

$$*Q_a = 0.0186 \text{ m}^3/\text{s} \quad *K = 70 \quad *I = 4\%$$

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

Après calcul itératif on trouve :

$$H = 0.45 \text{ m.}$$

D'où les dimensions du fossé sont :

$$B \times H = 0.50 \text{ m} \times 0.45 \text{ m}$$

Verification:

$$Q_s = 70 \times 0.04^{1/2} \times 0.45(1.5 \times 0.45 + 0.50) \times \left[\frac{0.45(1.5 \times 0.45 + 0.50)}{0.5 + 2 \times 0.45(\sqrt{1 + 1.5^2})} \right]^{2/3}$$

$$Q_s = 2.931 \text{ m}^3/\text{s}$$

D'où :

$$Q_s > Q_a \quad \text{c'est vérifié.}$$

VII.2. Dimension des buses :

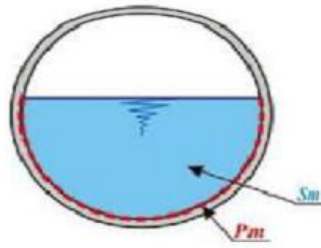


Figure VII.3. Buse

Telle que :

S_m : la surface mouillée.

P_m : Périmètre mouillé..

Pour dimensionner les buses on prend :

$$Q_a = Q_s$$

Telle que :

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

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

Nous avons pour le 1^{er} bassin on à :

$$Q_a = 1.62$$

Et :

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

On a:

S_m : surface mouillée = $1/2 \times R^2 \times \pi$ (pour une hauteur de remplissage égale à 0.5Φ)

R_h : rayon hydraulique = $R/2$

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

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

Pour notre cas, On à :

$$I = 2.5\%$$

D'où :

$$Q_s = 80.(R/2)^{2/3}.2\pi.R^2.(0.025)^{1/2}$$

$$Q_s = Q_a \Rightarrow R = 750\text{mm.}$$

D'ou:

Le débit est assuré pour un diamètre $\phi = 2R = 1500\text{mm.}$

VII.3. Dimension des dalots :

Les dalots sont constitués de deux murettes verticales au pied droit sur lesquelles repose une dalle ou une série de dalles accolées (on utilise généralement des dalles de 1m de large), les pieds droits sont posés sur une fondation ou radier.

Dans notre projet, les dalots sont en béton, La section de dalot est calculée comme pour le fossé, seulement on change la hauteur de remplissage et la hauteur du dalot.

On fixe la hauteur d'après la configuration du profil en long et on calcule la travée nécessaire et on fixe aussi la hauteur de remplissage à $\rho = 0.8h$

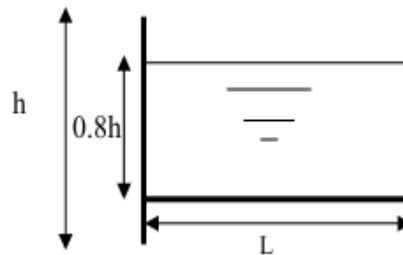


Figure VII.3 : Dalot

On a :

$$\text{Périmètre mouillé} : P_m = 2 \times 0.8 \times h + L$$

$$\text{Section mouillée} : S_m = 0.8 \times h \times L$$

$$\text{Rayon mouillé} : R_m = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L}$$

Pente longitudinale de l'ouvrage I :

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

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

Dans notre cas :

$$K_{st} = 70 \text{ (béton)}$$

$$I = 2.5\%$$

Le débit rapporté par le bassin versant (connu), doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot Ce débit est donné par la formule de MANNING STICKLER.

$$Q_s \leq Q_a$$

$$Q_s \leq K_{st} \times I^{1/2} \times 0.8 \times h \times L \times \left[\frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L} \right]^{2/3} \times 0.8 \times h \times L$$

Et par calcul itératif on fixe la largeur $L = 2\text{m}$ et on tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité, et on trouve :

$$H = 2\text{m}$$

Conclusion :

Les résultats complets de l'étude hydrologique sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

Bassin versant	Type d'ouvrage	Dimensions	Localisation
1	Dalot	2m x 2m	PK13+110
2	Buse	Φ1500 mm	PK15+730
3	Buse	Φ1500 mm	PK16+920
4	Buse	Φ1500 mm	PK17+780
5	Dalot	2m x 2m	PK18+850

Tableau VII.6 : Localisation des ouvrages d'assainissement.

Chapitre VIII

Aménagement routier

I-Echangeur

I.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 où la topographie empêche un aménagement conforme aux normes de tout autre type de carrefour.

I.2.Définition et rôle d'un échangeur :

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.

En terme technique, un échangeur est un dispositif de raccordement entre plusieurs voies de circulation sans croisement à niveau sur l'autoroute permettant d'accéder ou d'en sortir.

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 d'assurer la continuité des réseaux autoroutiers et de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les flux dans le sens considéré selon l'ordre

d'importance et dans des bonnes conditions de confort et de sécurité tout en évitant les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents, et les points d'arrêt provoquant des pertes de temps.

➤ **Avantages de l'échangeur :**

Les avantages de l'échangeur sont :

- Facilité aux usagers un déplacement dans des bonnes conditions de confort et de sécurité.
- Evite les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents.
- Evite les points d'arrêts qui provoquent des pertes de temps considérable « problèmes d'encombrement bouchon ».
- Evite 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.

I.3.Type d'échangeurs :

On connaît un grand nombre de formes d'échangeurs. Cependant, les types de base ne sont pas nombreux, chaque type peut varier de forme et de détendue. Aussi, il y a de nombreuses combinaisons de ces types qui donnent des formes plus complexes.

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

- **Echangeur majeur** : raccordement autoroute- autoroute.
- **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.

I.4.Application au projet :

Pour notre cas on adopte pour l'itinéraire un échangeur, qui remplace un ex tunnel qu'est aménagé comme suit :

C'est un échangeur mineur qui se trouve au niveau du croisement de la future autoroute qui prend source la RN12 de (2×2 voie) et du CW158 THFRIT EL HADJ de (2×2voie).

Voir figure (VIII.1) :

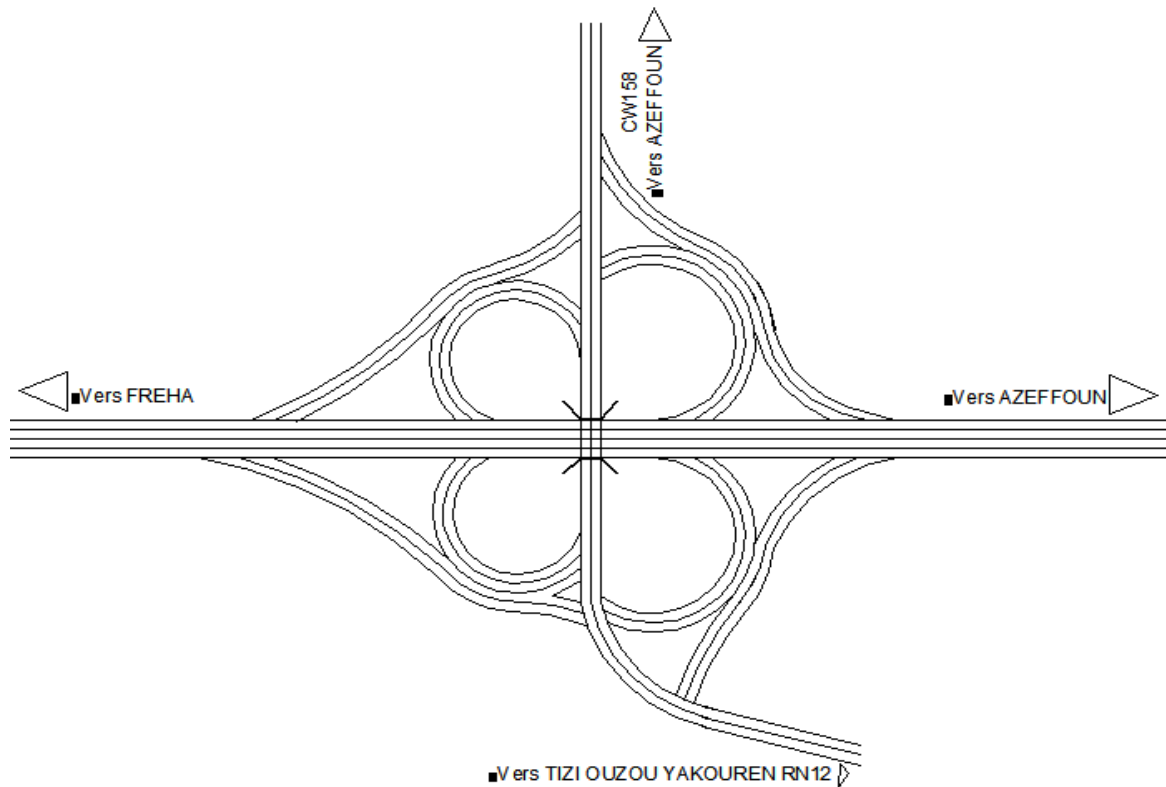


Figure VIII.1. Schéma de l'échangeur

II. Ouvrages d'art

II.1 Introduction :

D'une façon générale, on appelle un pont tout ouvrage permettant à une voie de circulation de franchir un obstacle naturel ou une autre voie de circulation. Selon le cas, on distingue : pont-route, pont-rail, pont canal.

En résumé, on appellera pont tout ouvrage de franchissement en élévation construit in situ, ce qui exclut les buses totalement ou partiellement préfabriquées.

Ce chapitre présentera les ouvrages d'art existants, ainsi le type de l'ouvrage à concevoir pour franchir les routes et les pistes existantes.

II.2 Présentation de l'ouvrage :

Notre projet est constitué de 04 ouvrages d'art (pont à poutre multiple et 03 ponts à encorbellements successifs (type voussoirs) indépendants l'un de l'autre.

II.3. Type de l'ouvrage :

Notre objectif est de déterminer du point de vue technique et économique le type d'ouvrage le plus adéquat.

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

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

Pour les matériaux on a les propositions suivantes :

II.4 Les ponts en béton précontraints :

II.4.1 Ponts à poutres en béton précontraint :

Ce type de ponts est utilisé pour les franchissements des portées intermédiaires de longueur de 25m. Leurs portées les plus économiques se situent entre 30 et 35m. Voir figure VIII.2.

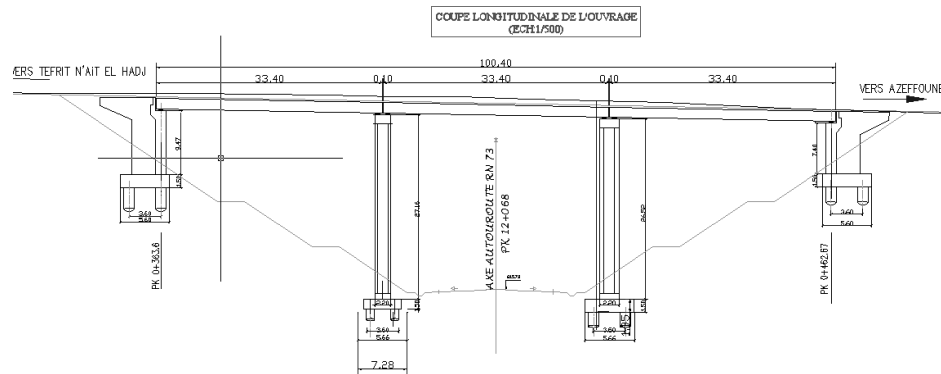


Figure VIII.2. Schéma d'un pont en béton précontraint.

➤ **Avantage :**

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

➤ **Inconvénients :**

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

II.4.2 Pont construit par encorbellement successif :

Dans ce type d'ouvrage est réalisé dans les grandes portées, l'organe porteur est constitué par un ou plusieurs caissons qui forment un profil fermé comprenant un hourdis supérieur qui sert de dalle de couverture et des âmes reliées entre elles à leurs parties basse par un hourdis inférieur. Voir Figure VIII.3

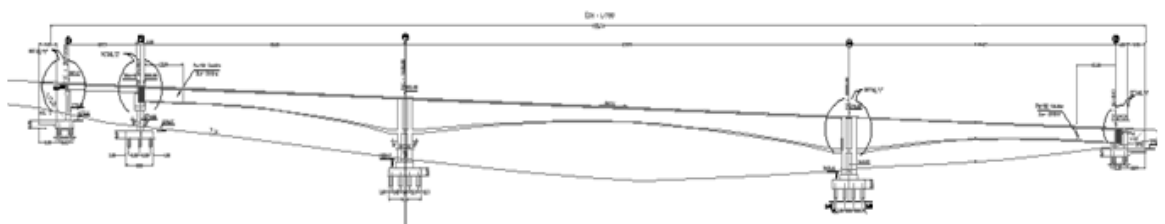


Figure VIII.3. Schéma d'un pont en encorbellement.

II.4.3 Les avantages et les inconvénients :

➤ **Les avantages :**

- ✓ L'esthétique de ce type d'ouvrage.
- ✓ Dans les ouvrages de ce type, la portée peut atteindre jusqu'à 200m.
- ✓ La rapidité d'exécution.
- ✓ Ce type de profil fermé présente une grande rigidité à la torsion.

- ✓ L'augmentation du rendement de la main d'œuvre, dû à la mécanisation des tâches à l'intérieur d'un cycle répétitif.

➤ **Les inconvénients :**

- ✓ Les effets du fluage du béton et de la relaxation des aciers conduisent alors à de délicats problèmes.
- ✓ L'influence du gradient thermique.

➤ **Caractéristique géométrique :** (voir le tableau)

N °de l'ouvrage	PK de l'ouvrage	Désignation	Longueur (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)
1	CW158 au PK12+068	Echangeur	100	/	/
2	CW158 au PK12+069	Pont a poutres multiples (33.40, 33.40, 33.40)	100.4	8	27
3	PK14+314 au PK15+104	Pont a encorbellement successif type voussoir (90, 150, 150, 150,90)	780	8	69
4	PK15+995 au PK16+341	Pont a encorbellements successif type voussoir (80, 100, 100, 80)	366	8	22
5	PK18+800 au PK19+321	Pont a encorbellement successif type voussoir (80, 120, 120, 120, 80)	520	8	24

Tableau VIII.1. Récapitulatif des ouvrages d'arts proposés.

Conclusion :

Après avoir examiné tous les types d'ouvrages possibles, on a opté pour le premier ouvrage un pont à poutre multiple et pour les trois autres on a choisir des ponts en encorbellement type voussoirs vue les obstacles franchies en béton précontraint et cela pour les avantages économiques et la facilité de leurs construction et de leurs entretien.

Chapitre IX

Equipements de la route

A. Sécurité

I. Introduction :

La route une fois réalisée aura besoin des équipements qui serviront à assurer la sécurité d'un côté et à guider les usagers de la route d'un autre côté.

II. Dispositifs de retenue :

Les dispositifs de retenue constituent eux même des obstacles, ils ne doivent être implantés que si le risque en leurs absences le justifie. Les dispositifs de retenue implantés sont :

II.I. Glissières de sécurité :

Elles sont classées en trois niveaux, suivent leurs performances de retenue.

❖ Les glissières de niveau 1 :

Sont particulièrement adoptées pour les routes principales.

❖ Les glissières de niveau 2 et 3 :

Sont envisageable lorsque les vitesses pratiquées, à leurs endroits, sont faibles (de l'ordre de 60 Km/ h).

Concernant les autres types de routes, des glissières doivent être prévues dans les cas suivants :

- **Sur le TPC :**

Eventuel pour les cas des routes à deux chaussées de type R.

- **Sur les accotements :**

- ✓ En présence d'obstacles durs ou autres configuration agressives.
- ✓ Lorsque la hauteur des remblais dépasse 4 mètres, ou en présence d'une dénivellation brutale de plus de 1m (cas des ouvrages d'arts par exemple).

Pour les autres cas, des glissières peuvent être implantées en cas de problèmes spécifiques. Il est à noter cependant :

- Que les glissières doivent être implantées à distance des voies de façon à respecter les dégagements de sécurité nécessaires.
- Qu'il faut vérifier qu'elles n'entravent pas la visibilité.

II.2. Murettes de protection en béton armé :

L'implantation de ce type d'ouvrage nécessite des prescriptions spéciales dont il faut tenir compte dès la conception des projets.

Leurs implantations (au lieu d'une simple glissière) sont envisagées lorsque le danger potentiel représenté par la sortie d'un véhicule lourd de la chaussée, et notamment d'un véhicule de transport en commun, est important, en particulier dans les cas suivants :

- Les sections où la route surplombe directement sur la mer.
- Lorsque la hauteur de la dénivellation est supérieure à 10 m.

3. Application au projet :

Pour notre cas, des glissières de sécurité rigides sont prévues tout le long de l'itinéraire, elles sont implantées sur les TPC, et en présence d'un TPC de 3m il convient d'adopter un dispositif de retenue constitué d'une glissière en béton.

On doit prévoir des sections revêtues et protégées dans le TPC qui seront utilisées en cas d'urgence ou d'accident, pour permettre aux éléments de la protection civile d'évacuer les blessés vers l'hôpital le plus proche.

B. Signalisation

I. Introduction :

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

La signalisation routière comprend la signalisation verticale et la signalisation horizontale.

II. l'objet de la signalisation routière :

La signalisation routière a pour objet :

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

III. Catégories de signalisation :

On distingue :

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

IV. Règles à respecter pour la signalisation.

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

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

V. Types de signalisation :

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale.
- Signalisation horizontale.

❖ Signalisation verticale :

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

Elles peuvent être classées dans quatre classes:

- **Signaux de danger** : Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150 m en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).
- **Signaux comportant une prescription absolue** :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

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

- **Signaux à simple indication :**

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

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

- **Signaux de position des dangers :**

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

- ❖ **Signalisation horizontale :**

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

- **Marquage longitudinal :**

- **Lignes continue :**

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

- **Lignes discontinue:**

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

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

- **Modulation des lignes discontinues :**

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

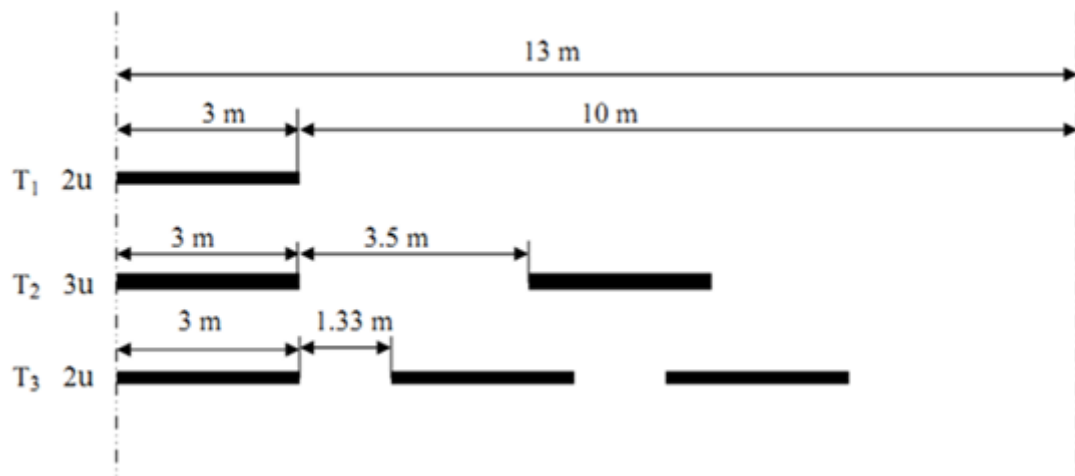


Figure IX.1: Types de modulation.

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

Tableau IX.1. Caractéristiques des lignes discontinues.

➤ **Marquage transversal :**• **Lignes transversales continue :**

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

• **Lignes transversales discontinue :**

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

➤ **Autre marquage :**• **Flèche de rabattement :**

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

- **Flèches de sélection :**

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

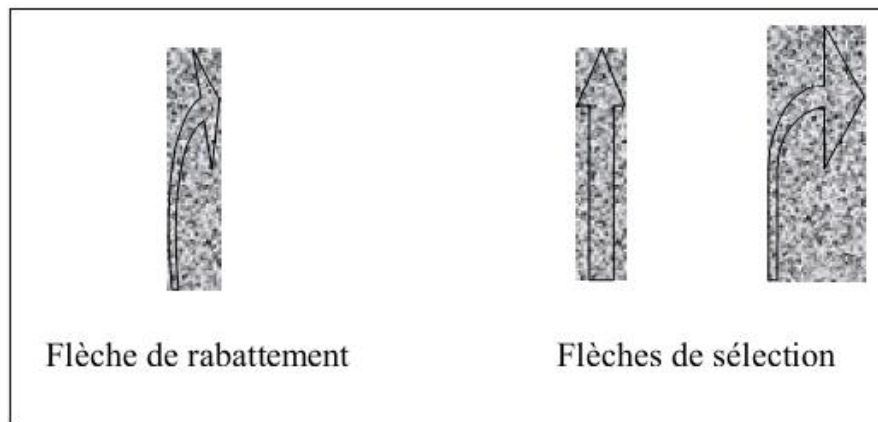


Figure IX.2. Flèche de signalisation.

VI. Caractéristiques générales des marques :

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

VII. Application au projet :

- **Signalisation horizontale :** Voir les figures IX3, IX4, IX5, IX6, IX7.

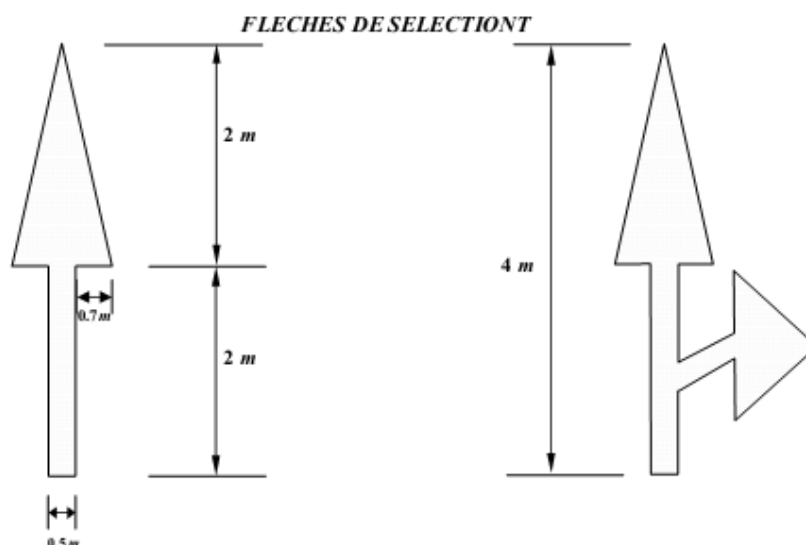


Figure IX.3

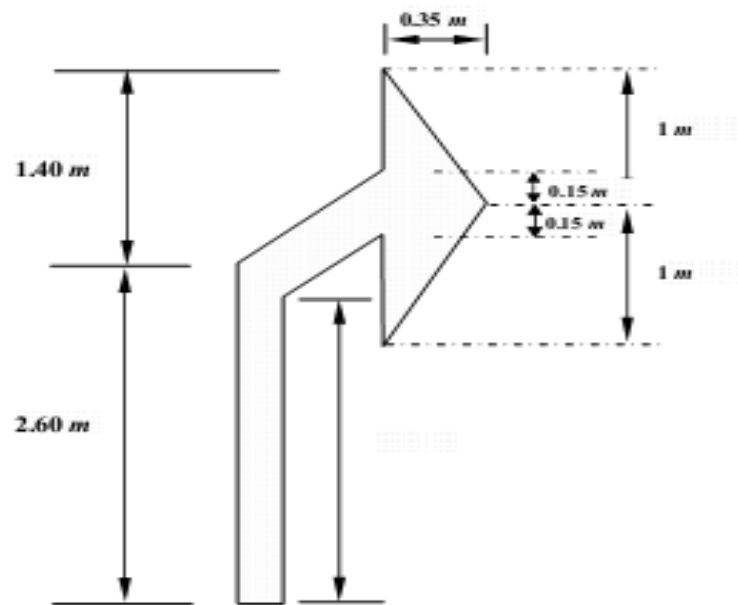


Figure IX.4

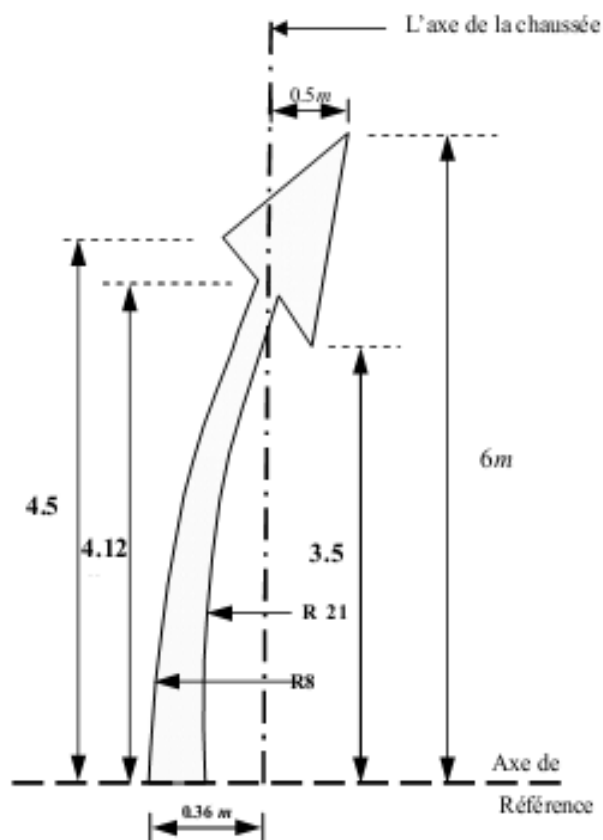
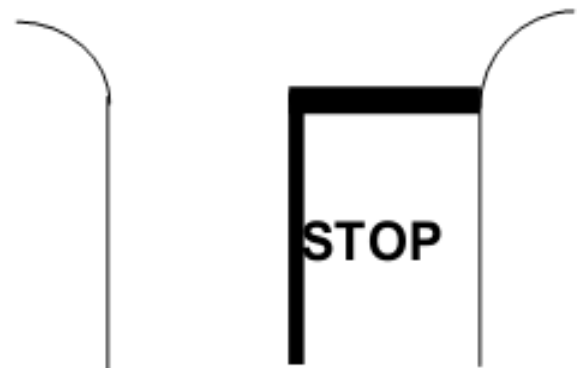
FLECHE DE RABATTEMENT**SCHEMA DE SIGNALISATION
STOP SUR CHAUSSEE**

Figure IX.5

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

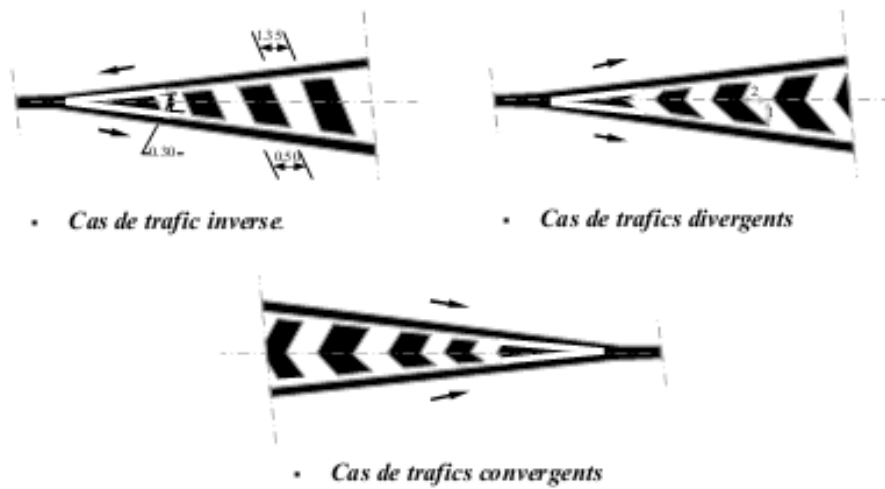


Figure IX.6

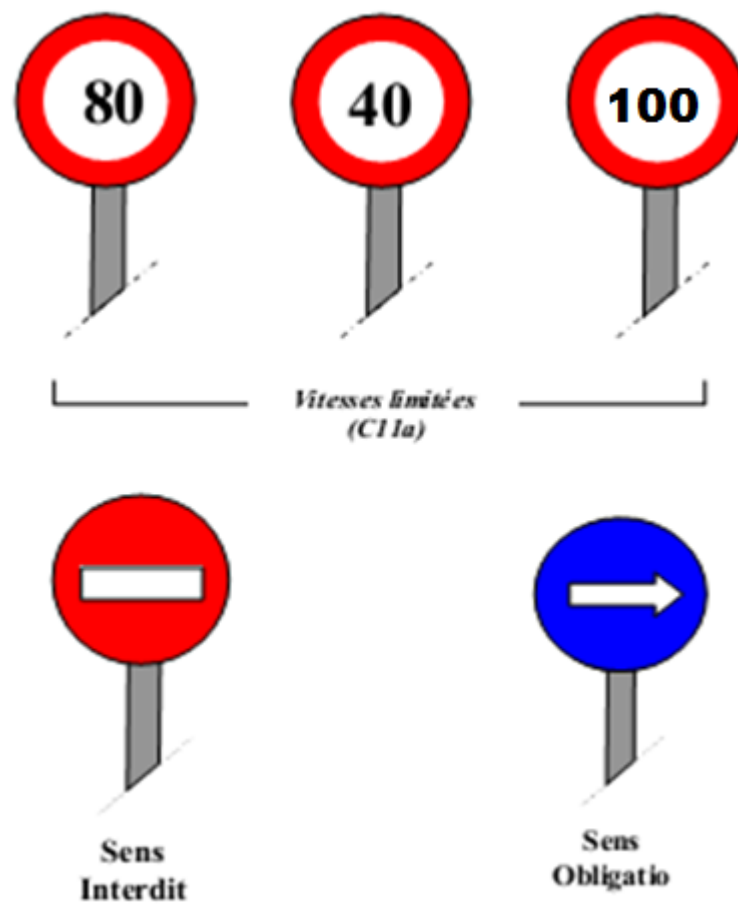


Figure IX.7

➤ **Signalisation verticale** : Voir figure IX.8

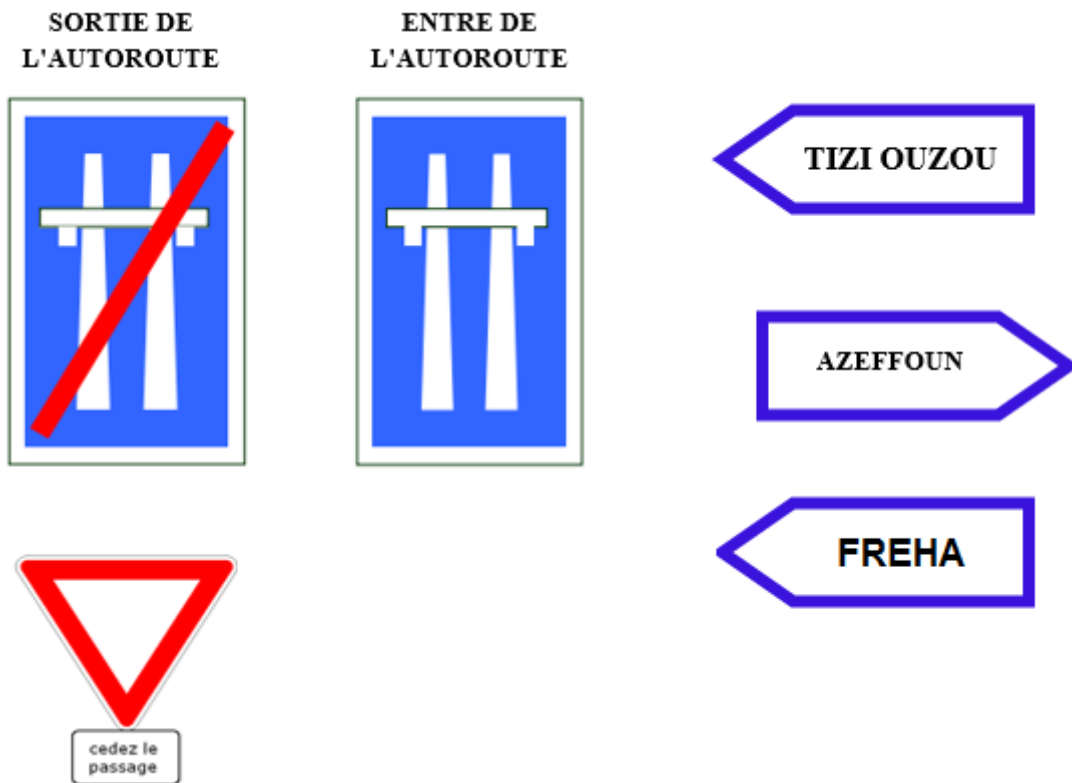


Figure IX.8

C. Eclairage

I. Introduction :

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

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

Il existe quatre classes d'éclairage public :

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

II. Eclairage d'un point singulier :

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

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

III. Paramètre de l'implantation des luminaires :

- **L'espacement (e) entre luminaires** varie en fonction de type des voies.
- **La hauteur (h) du luminaire** : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10m et parfois 12m pour les grandes largeurs de chaussées
- **La largeur (l) de la chaussée**
- **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. Voir figures IX.9.

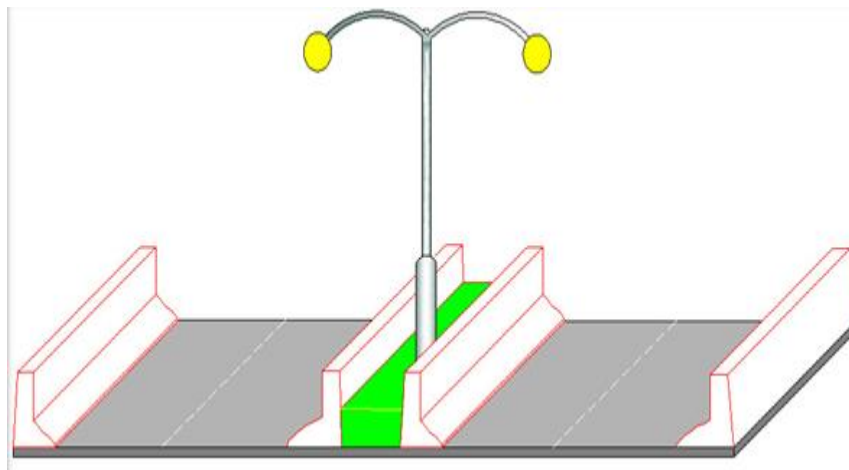
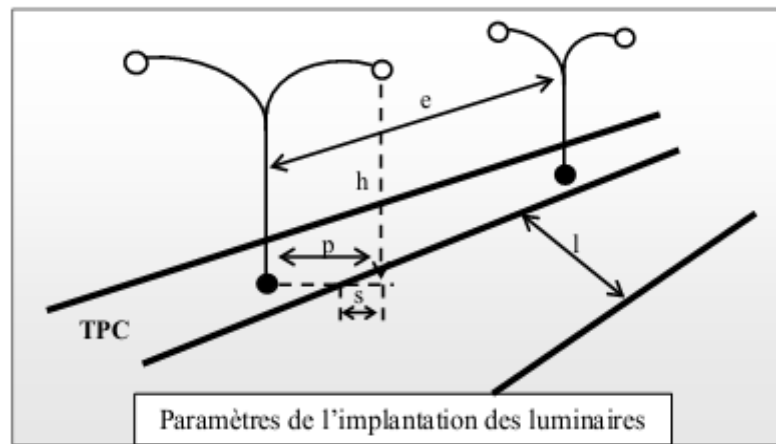


Figure IX.9. Paramètres de l'implantation des luminaires

IV. Application au projet :

➤ **Éclairage de la voie (le long du tronçon étudié) :**

Pour l'éclairage de la voie des lampadaires sont implantés dans le terre plein central avec deux foyers portés par le même support éclairant chacun une demi chaussée, espacés de 20m.

➤ **Éclairage des trottoirs et passage pour piétons :**

La bordure du trottoir doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs réfléchissants ou lumineux et on place des foyers l'ordre de 12m de hauteur pour tous les sens. On prévoit aussi plusieurs foyers pour assurer un bon éclairage aux passages pour piétons placés de part et d'autre.

Conclusion général

Le programme de la relance économique qui a pour objet le développement durable du pays, donne une place importante et un grand intérêt au domaine des travaux publics, et cela en s'intéressant à l'amélioration et l'aménagement d'infrastructures de qualité, qui permettent d'offrir les meilleurs services pour les utilisateurs des autoroutes, et qui répondent à l'offre et à la demande en matière de transport.

Sachant que notre pays souffre énormément des problèmes de trafic, ce programme vient donc pour donner un nouveau souffle à notre économie, en aménageant et en réalisant des divers projets importants à notamment dans le domaine des travaux publics.

Le même principe a été appliqué au niveau local (les willayas), pour avoir un meilleur aménagement local qui servira par la suite à offrir des meilleures conditions d'échange de circulation entre les différentes localités du pays.

La réalisation de l'Autoroute reliant la RN12 à la RN24 dans la willaya de Tizi-Ouzou, s'inscrit dans le même programme d'aménagement. Cette route est considérée comme une grande infrastructure contribuant au développement de l'économie de cette région.

Dans le cadre de notre projet de fin d'études nous avons respecté toutes les normes exigés par la réglementation routière.

Nous avons pris en considération certaines contraintes rencontrées sur le terrain, le confort, la sécurité des usagers ainsi que l'économie et l'environnement. Ce projet de route nous a permis non seulement d'exprimer et d'appliquer nos connaissances acquises durant notre formation, mais aussi de mieux appréhender notre avenir dans le monde professionnel.