

INTRODUCTION

L'histoire de la route est intimement liée au niveau de développement technologique et de la croissance économique des nations et des civilisations.

La route n'est pas la seule infrastructure de transport, on trouve aussi d'autres moyens comme le chemin de fer, les voies aériennes et les voies maritimes, mais le transport routier est dominant, et même si les technologies de l'information se développent, les déplacements routiers liés tant à la vie quotidienne qu'au tourisme sont des réalités incontournables pour encore de nombreuses années.

Les infrastructures routières, représentent une efficacité économique et sociale, elles sont le principal vecteur de communication et d'échange entre les populations et jouent un rôle essentiel dans l'intégration des activités économiques à la vie locale.

Pour cela la wilaya de TIZI-OUZOU devra alors repenser sa politique sectorielle de transport. Il est prévu à cet effet, dans le cadre du schéma directeur routier, pour parer à l'insuffisance du réseau existant, soit par saturation, soit par défaut comme dans notre cas, un plan qui vise à moderniser son réseau en améliorant le niveau de service des routes existantes ou en concevant de nouvelles infrastructures.

Notre étude s'inscrit dans ce sillage, en effet elle traite le projet du dédoublement de la RN73 qui reliera la RN12 à la RN24. Le but étant d'offrir un nouvel axe de développement, d'échange et de soulagement de l'ancienne RN73.

Ce sujet de fin d'étude a été proposé par la direction des travaux publics de la wilaya de Tizi-Ouzou. Il devra nous permettre en premier lieu d'évaluer et mettre en pratique les connaissances théoriques acquises durant notre cursus universitaire et de s'adapter avec les différentes étapes de la conception routière.

PRÉSENTATION DU PROJET

I-INTRODUCTION :

Nous avons conscient que le développement de la Wilaya passe par le développement de ses infrastructures de base. Les programmes d'investissements publics lancés durant ces dernières années pour principaux objectifs.

- ✓ De répondre à une forte demande de la société concernant l'amélioration de la sécurité routière, par des actions d'aménagement des routes existantes ainsi que par la réalisation de nouvelles routes.
- ✓ De réaliser des contournements, des évitements, des déviations et des dédoublements de certaines grandes agglomérations.
- ✓ D'assurer un entretien adéquat, élément décisif pour la pérennité du réseau routier et du maintien d'un bon niveau de service pour les usagers.

Dans le cadre du développement de l'infrastructure de base de la wilaya de Tizi-Ouzou et pour dynamiser les échanges interrégionaux, le schéma directeur routier régional dirigé par la DTP de Tizi-Ouzou a prévu un dédoublement de la RN73 partant de Tizi-Ouzou RN12(déviations d'AZAZGA) vers AZEFFOUN RN24 en suivant le cours de la RN71 et RN73 dont elle serra traverser par plusieurs agglomérations tel que Freha, Aghribs, Akerrou ...vers Sidi-Khelifa.

Notre travail consiste à étudier un tronçon du dit dédoublement RN73, du PK5+000 à PK10+000, en respectant le couloir établi et approuvé par la direction des travaux publiques de Tizi-Ouzou.

II-APERCU GENERAL SUR LA WILAYA DE TIZI-OUZOU:

La wilaya de Tizi-Ouzou est une ville située au nord de l'Algérie, elle est limitée au nord par la Mer Méditerranée, au sud par la wilaya de Bouira, à l'Est par la wilaya de Béjaïa et à l'Ouest par la wilaya de Boumerdés. Elle est située dans la vallée de l'oued Sebaou avec un climat méditerranéen.

Elle est dépourvue d'infrastructures des transports aériens et maritimes. Le transport terrestre constitue son seul moyen de locomotion, ce qui a généré la saturation du réseau actuel. À l'image de la RN12, principal axe routier, qui traverse la wilaya d'Est en Ouest.

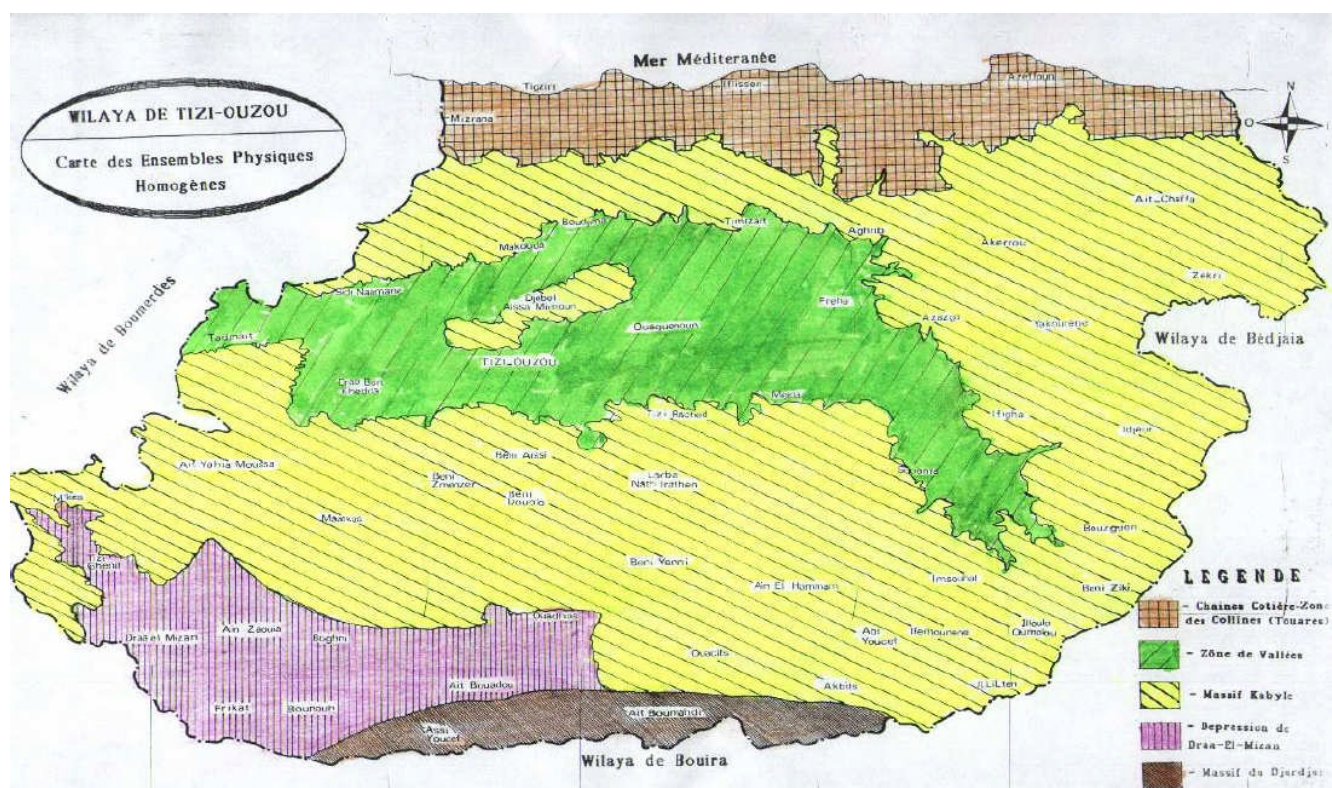


Figure.1 : carte de la wilaya de Tizi-Ouzou

III-GEOGRAPHIE :

Tizi Ouzou touche les communes de Draâ Ben Khedda et Tirmatine à l'ouest, de Maâtkas au sud-ouest, de Souk El Thenine, Beni Zmenzer et Beni Aïssi au sud, Larbaa Nath Irathen au sud-est, d'Ouaguenoun et Tizi Rached à l'est et Djebel Aissa Mimoun au nord-est. Elle couvre une superficie de 10 236 hectares.

IV-CLIMAT :

Tizi-Ouzou se situe dans la zone du climat méditerranéen. En raison des massifs montagneux qui entourent la ville, il neige chaque année en hiver entre décembre pour les hautes altitudes (600m et +), et février pour les basse altitudes.

En été, la chaleur peut être suffocante car l'air marin se heurte au relief montagneux qui l'empêche d'atteindre la ville.

À partir de Novembre les températures sont de 5°C au minimum. Quelques hivers à Tizi-Ouzou sont marqués par des records de chaleur: en 2012, par exemple, les températures ont dépassé les 17°C. La température la plus élevée jamais enregistrée à Tizi-Ouzou date de Juillet 1901 avec 50°C, et la température la plus basse date de février 1982 avec -11°C.

Mois	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil.	août	sep	oct	nov	déc	ann
Température minimale moyenne (°C)	7,2	8	8,9	11	14,4	18,7	22,5	21,8	18,7	15,9	11,3	8,1	13,9
Température moyenne (°C)	11,1	11,9	14,1	16,3	20,2	25,5	28,9	28,6	24,9	21,9	15,4	12	19,2
Température maximale moyenne (°C)	15,1	16,3	19,2	21,7	26,1	32,4	36	35,5	31,1	27,7	20	16	24,8
Record de froid (°C)	-3	0	0,6	4	6,6	8	16	16	12,4	7,5	3,5	0,7	-3
Record de chaleur (°C)	23,4	30	31,9	37,8	39	43	45,7	45,2	43	40,5	31,7	27	45,7

Tableau.1 : Variation de la température

V-DESCRIPTION DU PROJET :➤ **Cadre d'étude :**

Notre projet a pour objectif de concevoir en phase Avant Projet Détaillé « APD » la création d'un dédoublement qui reliera la RN12 à la RN 24.

Le tronçon objet de notre étude commence du **PK 5+000** jusqu'au **PK 10+000** en traversant par le Chemin Willaya **CW158**.

➤ **Le dédoublement :**

C'est une autoroute 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 s'inscrit dans le projet de dynamiser l'économie de la région.

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 Tadmaït et dessert la RN5 au niveau de la willaya de Boumerdes.



Figure .2: Photo satellite de la région d'étude

VI- L'OBJECTIF ET L'UTILITE DU PROJET:

Comme cela a été déjà mentionné la wilaya de Tizi-Ouzou est dépourvue d'infrastructures des transports aériens et maritimes, le transport terrestre constitue son seul moyen de locomotion, ce qui a généré la saturation du réseau actuel. À l'image de la RN12, principal axe routier, qui traverse la wilaya d'Est en Ouest.

L'objectif principal de notre projet est d'ouvrir un nouveau axe routier qui relira entre outre deux grandes villes de la grande kabylie en l'occurrence Azazga et la future wilaya déléguée annoncé récemment Azeffoune.

ETUDE DU TRAFIC

I-INTRODUCTION :

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

Pour résoudre la plupart des problèmes d'aménagement ou d'exploitation routière, 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.

A fin d'aménager et de dimensionner une route donnée on doit connaître le flux de véhicules qui vont l'emprunter, ainsi que leurs points origines et destination.

Pour obtenir le trafic on peut recourir à divers procédés qui sont :

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

II-MESURE ET ANALYSE DU TRAFIC :

Les services techniques de la DTP de Tizi-Ouzou ont réalisés des campagnes de comptage sur les différentes routes de la zone d'étude notamment RN12, RN71, RN73 et CW158 qui constituent le lit du dédoublement de la RN73 partant de la RN12 déviation Azazga vers Azeffoun RN24.

Comptage du trafic :

Une campagne de comptages manuels a été organisée durant le mois de janvier 2007, sur l'ensemble du réseau prioritaire des routes nationales et des chemins de wilaya. Les comptages se sont déroulés de 07 H à 17 H à des endroits situés en dehors

des agglomérations de manière à enregistrer le trafic interurbain et éviter de prendre en compte le trafic local.

Les comptages ont été réalisés par des agents enquêteurs, recrutés et formés localement, sous la direction permanente d'un superviseur.

L'enregistrement des véhicules se faisait par tranche de deux heures en distinguant les catégories suivantes :

- ✓ Véhicules Particulier " V.P "
- ✓ Véhicules Utilitaire " V.Ut "
- ✓ Taxi- Bus " Taxi "
- ✓ Autocar " CAR "
- ✓ Camion " CAM "
- ✓ Ensemble Articulé " E A "

Unité : véhicule							
Routes	Sections	VP	V. Ut	Taxis- bus	Autocar	Camions	TOTAL
RN 12	Azazga - Tizi Ouzou	5 292	2 155	1 065	275	1 021	9 808
RN73	RN12 - Freha	3 745	1 566	1 278	133	887	7 609
RN73	Freha - Aghrib	4 106	1 640	997	62	462	7 267
RN24	Tigzirt - RN 73	1 517	431	747	23	195	2 913
RN24	Azzefoun - RN 73	1 227	350	296	17	203	2 093
RN71	Aghrib - RN 72 (Makouda)	744	282	223	26	118	1 393
RN73	RN 24 (Azzefoun) - Aghrib	756	274	202	4	146	1 382

Tableau .1 : Volume du trafic compté de 07^H à 17^H

D'après les estimations de la croissance médiane :

Tableau .2 : Prévisions de trafic

Après une analyse socio-économique des données récoltées, ils ont adopté un trafic journalier moyen annuel (TJMA) de 7275 véhicule par jour à l'année 2007.

Unité de véhicule/jour					
Routes	Sections	TJMA 2 007	Prévisions		
			2010	2015	2020
RN 12	Azazga - Tizi Ouzou	14 030	16 582	20 174	23 889
RN73	RN12 - Freha	10 890	12 863	15 650	18 530
RN73	Freha - Aghrib	9 600	11 379	13 844	16 416
RN24	Tigzirt - RN 73	3 850	4 561	5 549	6 579
RN24	Azzefoun - RN 73	2 770	3 271	3 980	4 716
RN71	Aghrib - RN 72 (Makouda)	1 840	2 177	2 649	3 139
RN73	RN 24 (Azzefoun) - Aghrib	1 830	2 160	2 627	3 113

Avec une prévision de trafic en 2015 de 10597 uv/j \approx 10 000 uv/j.

Cette prévision du trafic s'est effectuée en évaluant les composantes suivantes :

✓ **Trafic Local :**

C'est le trafic ayant pour origine et destination des zones appartenant à la région d'étude.

✓ **Trafic D'échange :**

Le trafic d'échange concerne les flux d'échange entre les zones de la région d'étude et le reste de la région.

✓ **Trafic transit :**

Le trafic est par définition constitué de trafic d'échange entre la zone n'appartenant pas à la zone d'étude.

✓ **Trafic total :**

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

1) Détermination du nombre de voies :

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

a. Calcul de la capacité :

Définition : la demande de la capacité est le nombre de véhicule susceptible d'emprunter la route à l'année horizon, on prend en général le débit de point horaire normal.

Q : débit de pointe horaire

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

Teff : trafic effectif

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

b. Projection futur du trafic :

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

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

Avec :

TJMAh : le trafic à l'année horizon.

TJMAo : le trafic à l'année de référence.

n : nombre d'année.

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

c. Calcul de trafic effectif :

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

Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (**uvp**) Le trafic effectif donné par la relation :

Avec :

T_{eff} : trafic effectif à l'horizon en (U.V.P)

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + PZ] \cdot T_n$$

Z : pourcentage de poids lourds (%).

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

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

Tableau .3 : la nature de l'environnement

d.Débit horaire admissible :

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

$$Q_{adm} \text{ (uvp/h)} = K_1.K_2. C_{th}$$

Avec :

K1 : coefficient lié à l'environnement.

K2 : coefficient de réduction de capacité.

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

✓ Valeurs de K1 :

Environnement	E ₁	E ₂	E ₃
K₁	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau .4 : les valeurs du coefficient k1

✓ Valeurs de K2 :

Catégorie de la route

environnement	1	2	3	4	5
E ₁	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E ₂	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E ₃	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau .5 : les valeurs du coefficient k2

✓ Valeurs de C_{th} : Capacité théorique du profil en travers en régime stable.

Type de route	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 .6 : les valeurs de la capacité théorique

III-APPLICATION AU PROJET :

Le tronçon de route qui nous a été attribué par la Direction des Travaux Publique de la wilaya Tizi-Ouzou débute du croisement du 2^{ème} tronçon commençant par la RN 12 (déviation d'azazga) en traversant la RN 73 (Freha) passant par Aghribs et Akerrou 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 et ICTAAL , la classe de l'environnement de notre projet est E2.

2) Catégorie de la route :

La route nationale RN12 est un axe routier important qui relie les deux willayas 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 un dédoublement qui reliera l'autoroute RN12 à la RN24 d'Azeffoun, ce qui la classe en catégorie C2.

3) Affectation du trafic :

L'affectation du trafic est effectuée sur la base de la campagne de comptages de 2007 réalisée par les services de la « DTP » de 7275 véhicule par jour à l'année 2007, avec une prévision de trafic en 2015 de 10597 uv/j \approx 10 000 uv/j ainsi compte tenu des aménagements existants au alentour de notre projet (RN73, RN71 et 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 10000uv/j.

IV-Données de trafics et hypothèses de calcul :

- Le trafic à l'année 2015 : $TJMA_{15}=10000$ v/J.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau =4\%$.
- La vitesse de base sur le tracé $VB=80$ Km/h.
- Le pourcentage de poids lourds $Z=10\%$.
- L'année de mise en service : 2017.
- La durée de vie du projet: 20ans.
- Le coefficient d'équivalence de poids lourd : Pour une route à bonne caractéristique et un environnement E2 on a $P=4$
- Les coefficients correcteurs : $K1=0.85$ pour E2.
 $K2= 0.99$ pour E2 et C2.
- La capacité théorique : $C_{th}= 1500$ (E2, C2 et pour une chaussée séparée à 2 voies).

1) Projection future du trafic :

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

L'année de mise en service (2017)

L'année horizon après une durée de vie de 20ans (2037)

$TJMA_h$: le trafic à l'année horizon

$TJMA_0$: le trafic à l'année de référence

$$TJMA_{2017} = 10000 \times (1+0.04)^4$$

$$TJMA_{2017} = 11698 \text{ (v/j)}$$

Trafic à l'année (2037) pour une durée de vie de 20 ans.

$$TJMA_{2037} = 10000 \times (1+0.04)^{20}$$

$$TJMA_{2037} = 25\ 631 \text{ (v/j)}$$

2) Calcul du trafic effectif :

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

Avec:

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

Z : le pourcentage des poids lourds

$$T_{\text{eff}} = 25\ 631 \times [(1-0.10) + 4 \times 0.10]$$

$$T_{\text{eff}} = 33\ 320 \text{ uv/j}$$

3) Calcul du débit de pointe horaire normal:

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

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

Avec :

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

$$Q = 0.12 \times 33320$$

$$Q = 3998 \text{ uv/h}$$

4) Calcul du débit admissible :

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

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

On à :

$$\left. \begin{array}{l} \text{Catégorie C2} \\ \text{Environnement E2} \end{array} \right\} \begin{array}{l} K1= 0.85 \\ K2= 0.99 \end{array}$$

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

D'ou:

$$C_{th} \geq 4751 \text{ uvp/h}$$

Le débit que supporte une section donnée

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

K1: coefficient correcteur pris égal à 0.85 pour E2

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

C_{th}: capacité théorique

$C_{th} = 1500 \text{ uvp/h}$ d'après le document de B40

Le débit que supporte une section donnée :

Avec :

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

K1 et k2 sont des coefficients correcteurs

C_{th} : capacité théorique

$$Q_{adm} = 0.85 \times 0.99 \times 1500$$

$$Q_{adm} = 1262 \text{ (uv/h)}$$

5) Le nombre de voies :

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

On a: $Q=3418$ (uvp/h)

$Q_{adm}=1262$ (uvp/h)

$N= (2/3) \times (3998 \times 1262)$

$N= 2.11$

N = 2 voies /sens

Résultats du calcul :

TJMA₂₀₁₅ (v/j)	TJMA₂₀₁₇ (v/j)	TJMA₂₀₃₇ (v/j)	Teff₂₀₃₇ (uvp/j)	Q_{adm} (uvp/j)	n^{bre} de voies par sens
10000	11698	25631	33320	1262	2

Tableau .7 : récapitulatif des TJMA

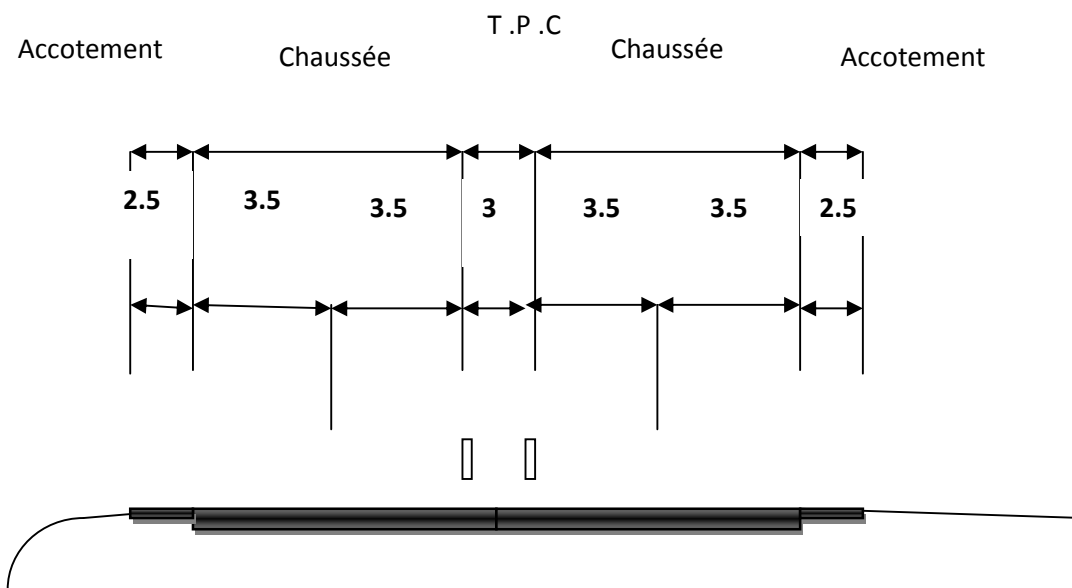


Figure.1 : Schéma explicatif d'une coupe transversale de la chaussée

6) Calcul de l'année de saturation :

On a : $T_{eff2017} = [(1 - 0,10) + 4 \times 0,10] \times 11698 = 15207$ (uvp/j).

$T_{eff2017} = 15207$ (uvp/j).

D'où : $Q_{2017} = 0,12 \times 15207 = 1825$ (uvp/j).

Et on a : **$Q_{Saturation} = 4 \times Q_{adm}$**

$Q_{Saturation} = 4 \times 1825 = 7300$ (uvp/j).

$$Q_{Saturation} = (1 + \tau)^n \times Q_{2017} \quad \Rightarrow \quad n = \log(Q_{Saturation} / Q_{2017}) / \log(1 + \tau)$$

D'où : $n = \log(7300 / 1825) / \log(1 + 0,04) = 35,34 \approx 35$ ans.

$n = 35$ ans.

Donc l'année de saturation = 2017+35=2052.

✓ **Conclusion :**

La saturation surviendra 35 ans après l'année de mise en service soit en 2052

DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSÉE

I-INTRODUCTION :

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

En effet, la qualité d'un projet routier ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long.

Une fois réalisée, la chaussée devra résister aux agressions des agents extérieurs et à la surcharge d'exploitation: action des essieux des véhicules lourds, effets des gradients thermiques pluie, neige, verglas, ...etc.

I-1-Définition :

On entend par dimensionnement des chaussées, l'épaisseur à donner à une chaussée. Elle doit être suffisante pour pouvoir répondre aux normes ainsi que pour éviter les dépenses superflues et aussi pour minimiser les coûts d'entretiens.

Pour cela, une chaussée doit reposer sur une assise, face cachée de la route, et avoir un revêtement propre afin de résister à des sollicitations géotechniques, climatiques (gel, infiltration des eaux), à la nature et à l'intensité du trafic à supporter.

Alors le revêtement et le corps de chaussée constituent un ensemble mécanique complexe de couches de granulats et de liants dont la teneur, le dosage et les caractéristiques répondent à une approche fonctionnelle, économique et à une stratégie intégrant les coûts d'investissement d'entretien et le niveau des services rendus pour l'utilisateur.

I-2-Principe de la construction des chaussées :

La chaussée est essentiellement un ouvrage de répartition des charges roulantes sur le terrain de fondation. Pour que le roulage s'effectue rapidement, sûrement et sans

usure exagérée du matériel, il faut que la surface de roulement ne se déforme pas sous l'effet :

- ✓ De la charge des véhicules.
- ✓ Des chocs.
- ✓ Des intempéries.

Des efforts tangentiels dus à l'accélération, au freinage et au dérapage.

II-LES DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEES:

Il existe trois types de chaussée:

Chaussée souple, Chaussée semi – rigide et Chaussée rigide.

III-LA CHAUSSEE :

III-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.

III-2-Différentes catégories de chaussée :

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

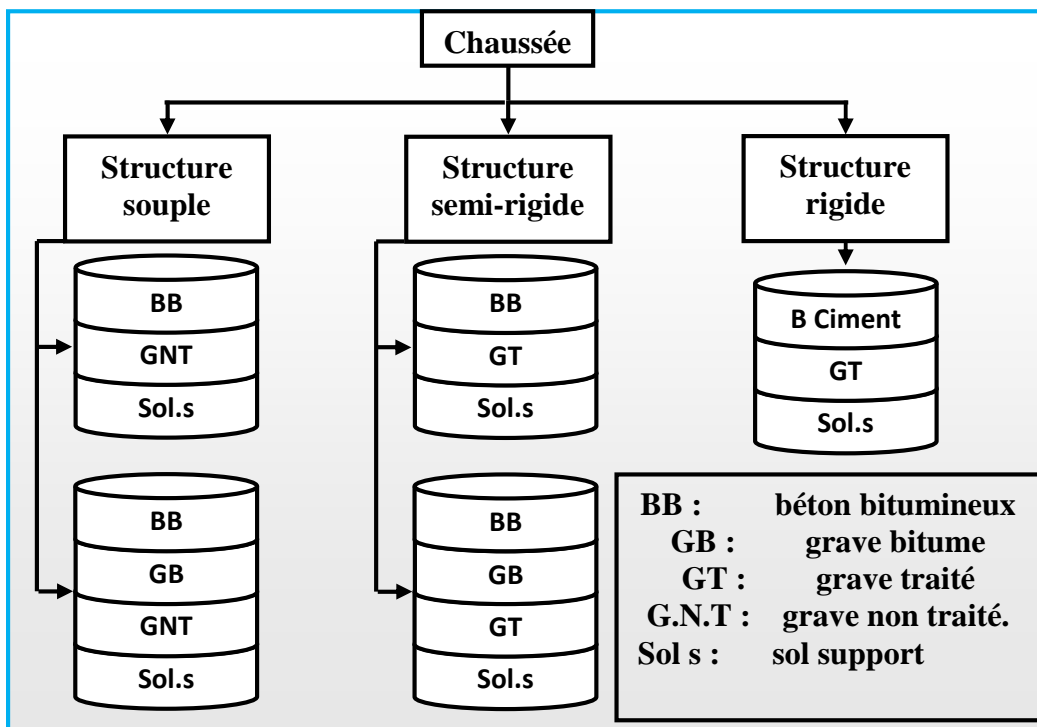


Figure.1 : Schéma récapitulatif

1) Chaussée souple :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

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

La chaussée souple est caractérisée par la résistance à la traction et se compose généralement de trois couches différentes :

a) Couche de roulement (de surface) :

La couche de surface subit directement les agressions du trafic et du climat. 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 a pour rôle :

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

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

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

b) Couche de base :

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

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

c) Couche de fondation :

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

d) Couche de forme :

✓ **À court terme**, la couche de forme doit assurer la traficabilité quasi tout temps des engins approvisionnant les matériaux de la couche de fondation, permettre le compactage efficace de la couche de fondation, satisfaire les exigences de nivellement de la plate-forme support de chaussée et assurer la protection de l'arase de terrassement vis-à-vis des agents climatiques dans l'attente de la réalisation de la chaussée.

✓ **À long terme**, elle doit permettre d'homogénéiser la portance du support pour concevoir des chaussées d'épaisseur constante, de maintenir dans le temps, en dépit des fluctuations de l'état hydrique des sols supports sensibles à l'eau, une portance minimale pouvant être estimée avec une précision suffisante au stade du dimensionnement de la structure de chaussée et d'améliorer la portance de la plate-forme pour optimiser le coût de l'ensemble couche de forme - structure de chaussée.

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

2) Chaussée semi-rigide :

On distingue :

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

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

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

REMARQUE :

- ✓ En effet, éventuellement, une couche drainante ou anti-contaminante peut être intercalée entre la couche de forme et la couche de fondation qui s'appelle **sous-couche**.

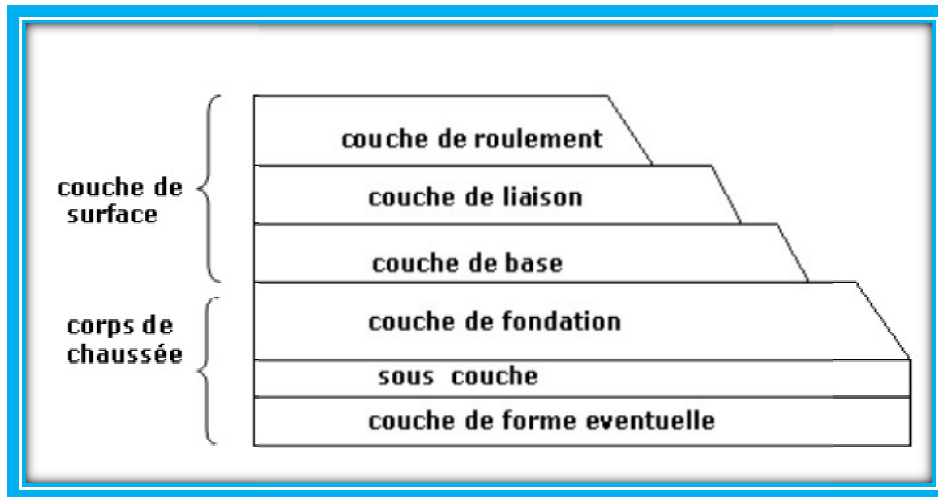


Figure.2 : constituant d'une chaussée

3) Chaussée rigide :

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

IV- LES DIFFERENTS FACTEURS DETERMINANTS LE DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE :

Le nombre des couches, leurs épaisseurs et les matériaux d'exécution, sont conditionnées par plusieurs facteurs parmi les plus importants sont :

a) Trafic :

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules supérieur à 3.5tonnes). Il intervient comme paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de chaussées et le choix des caractéristiques intrinsèques des matériaux pour la fabrication des matériaux de chaussée.

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

- ✓ De trafic poids lourds « T » à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et de comptages sur les voies existantes.

De trafic cumulé sur la période considérée qui est donnée par :

$$N = T.A.C$$

N : trafic cumulé.

A : facteur d'agressivité globale du trafic.

C : facteur de cumul :

$$c = ((1 + \tau)^p - 1) / \tau$$

τ : Taux de croissance du trafic.

p : nombre d'années de service (durée de vie) de la chaussée.

b) Le climat et l'environnement :

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

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

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

c) Le Sol Support :

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

Les plates-formes sont définies à partir :

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

Les sols supports en général sont ; classés selon leur portance, elle-même en fonction de l'indice CBR.

Classe de portance des sols Si :

Portance Si	S4	S3	S2	S1	S0
Indices C.B.R	<5	5-10	10-25	25-40	>40

Tableau.1: Indices de portance

d) Sur-classement des sols supports:

Pour améliorer la portance d'un sol (< S4 en RP2, <S4 et S3 en RP1), on a recours aux couches de formes.

Le (CTTP) a fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de CF, 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 :

Classe portance du sol terrassé (Si)	Matériaux de C.F	Épaisseur de C.F	
<S4	Matériau N.T	50cm (en 2c)	S3
S4	Matériau N.T	35cm	S3
S4	Matériau N.T	60cm (en 2c)	S2
S3	Matériau N.T	40cm (en 2c)	S2
S3	Matériau N.T	70cm (en 2c)	S2

Tableau.2 : épaisseur des couches de forme suivant la classe portance

e) Matériaux :

Les matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations répétées un très grand nombre de fois (le passage répété des véhicules lourds).

V- LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

On a plusieurs méthodes de dimensionnement pour déterminer les épaisseurs des différentes couches de la chaussée. Mais les plus utilisées en Algérie sont la méthode de CBR et la Méthode du catalogue des structures :

1) Méthode de C.B.R (California - Bearing - Ratio) :

C'est une méthode semi-empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support.

Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale répartie suive la théorie de **BOUSSINESQ** soit inférieure à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice C.B.R.

L'épaisseur est donnée par la formule suivant :

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

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

I_{CBR} : indice CBR.

e : épaisseur de la couche de chaussée en (cm)

2) Méthode de C.B.R améliorée :

En tenant compte de l'influence du trafic, on aboutit à la formule de PELTIER qui est la suivante :

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

Avec :

N : Nombre journalier moyen de camion de plus 1500 kg à vide

Log : logarithme décimal

P et I : définit précédemment.

-Coefficient d'équivalence : Ces coefficients sont définis selon la qualité mécanique de la couche et sont les suivants :

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux – enrobé dense	2.00
Grave bitume	1.50 à 1.70

Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse – T.V.O	0.75
Sable	0.50
Tuf	0.60

Tableau.3 : coefficients d'équivalence

L'épaisseur totale à donner à la chaussée est : $e_{eq} = \sum a_i \cdot e_i$

$$e = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

$a_1 \times e_1$: couche de roulement.

$a_1 \times e_1$: couche de base.

$a_3 \times e_3$: couche de fondation.

3) Méthode du catalogue des structures :

Le catalogue des structures est établi par la direction SETRA (Service d'Etude Technique des Routes et Autoroutes). Elle 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 projecteur sur le type de chaussée qui lui correspond.

a) Détermination de la classe du trafic :

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

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumule sur 20 ans
T₁	$T < 7.3 \times 10^5$
T₂	$3.7 \times 10^5 < T < 2 \times 10^6$

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.4 : 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

n : durée de vie (n = 20 ans)

b) Détermination de la classe du sol :

Le sol doit être classée selon la valeur de CBR de densité Proctor modifier maximal les différentes catégories sont données par le tableau indique les classe de sols :

Classe du sol	Indices C.B.R
S_1	25 – 40
S_2	10 – 25
S_3	5 – 10
S_4	< 5

Tableau.5 : Classe du sol.

4) Méthode L.C.P.C :

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

T_{eq} : trafic équivalent par essieu de 13 tonnes.

$$T_{eq} = \frac{T_{MGA.a.} \cdot [(1+\tau)^n - 1] \cdot 0.7.P.365}{[(1+\tau) - 1]}$$

T_{GMA} : trafic à l'année de mise de 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 (en fonction de Teqet I_{CBR}) à partir de l'abaque T.C.P.C.

APPLICATION A NOTRE PROJET :

Pour le cas d'un projet neuf:

I-Caractéristiques du sol support :

D'après le rapport géotechnique, nous avons un indice de $CBR= 5$ (notre sol est de faible portance), donc la portance de sol support est de S3. On doit prévoir une couche de forme en matériau non traité de 40cm (en trois couches de 20cm), pour améliorer la portance de sol support.

II-Amélioration de la portance du sol support :

Les résultats de l'étude de l'amélioration du sol support sont résumés dans le tableau suivant :

Portance de sol	Matériau de CF	Epaisseur de	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.6 : portance des sols

III-Choix de la méthode de dimensionnement :

Les deux méthodes de dimensionnement qui sont cités ci-après ont comme point commun leurs prises en considération (d'une façon différente) le trafic circulant sur la voie à construire et du sol sur lequel cette même voie va être utilisé.

Ceci représente les points nécessaires et suffisants pour tout dimensionnement d'une chaussée routière cependant, bien que ces paramètres aient fait l'unanimité des experts, on note qu'il n'existe pas actuellement une méthode universellement acceptée pour le calcul des épaisseurs de chaussées, et leurs différentes couches c'est pour quoi lors d'un choix de la méthode à appliquer, il ne faudra pas oublier que la qualité réelle de la chaussée dépend :

- ✓ De la disposition constructive adaptée à la chaussée, de bonne condition de drainage de la plate-forme dans les zones bases.
- ✓ De la qualité des matériaux mise en place.
- ✓ Le soin apporté à l'élaboration et à la mise en œuvre des matériaux.

Peu importe la méthode choisie, c'est la maîtrise qui nous intéresse le plus, c'est pour cela on a choisis les deux méthodes qui sont C.B.R et catalogue des dimensionnement des chaussées neuves (CTTP), car c'est les méthode les plus répondues en Algérie.

a) Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

Données de l'étude :

- ✓ TJMA 2015=10 000v/j.
- ✓ Mise en service : 2017 \longrightarrow TJMA 2017 = 11 698 v/j
- ✓ Trafic a l'horizon : TJMA 2037=25631 v/j
- ✓ Durée de vie : 20 ans.
- ✓ Taux d'accroissement : $\tau = 4 \%$.
- ✓ Pourcentage de poids lourds : $Z = 10 \%$.

TJMA ₂₀₁₅ (v/j)	TJMA ₂₀₁₇ (v/j)	TJMA ₂₀₃₇ (v/j)	Teff ₂₀₃₇ (uvp/j)	Q _{adm} (uvp/j)	n ^{bre} de voies par sens
10000	11698	25631	33320	1262	2

Tableau.7 : récapitulatif**b) Détermination du type de réseaux principaux :**

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

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

Tableau.8 : Type de réseau principal

Dans notre cas, on un **TJMA(2017) = 11 698 v/j** donc d'après le tableau ci-dessus $11\ 698 > 1500$ ce qui implique que notre réseau est du type **RP1**.

c) détermination de la classe de trafic (TPL_i) :

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

Un poids lourd (PL) est un véhicule de plus de 3.5 tonnes de poids total autorisé en charge.

$TJMA_{2017} = 11\ 698$ (V/j/sens).

$TPL_{2017} = 10\% \times 11\ 698 = 1169,8$ PL/j/sens.

➤ Classe TPL_i pour RP1 :

TPL _i	TPL ₃	TPL ₄	TPL ₅	TPL ₆	TPL ₇
PL/j/sens	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

Tableau.9 : Classe du trafic.

$TPL = 1169,8$ (PL/j/sens). \longrightarrow La classe de trafic est **TPL₅**.

d) détermination de la portance de sol-support de chaussée :

✓ Présentation des classes de portance des sols :

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S₄ à S₀. Cette classification sera également utilisée pour les sol-supports de chaussée.

Portance (S _i)	CBR
S4	<5
S3	5-10

S2	10-25
S1	25-40
S0	>40

Tableau.10 : Classe de portance des sols.

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

✓ classes de portances de sols supports pour le dimensionnement : des structures, on distingue 4 classes de sols support à savoir :

S_3, S_2, S_1, S_0 . Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

Classes du sol-support	S_3	S_2	S_1	S_0
Module (MPA)	25-50	50-125	125-200	>200

Tableau .11 : Classes du sol-support

$E \text{ (MPA)} = 5 \times 5 = 25 \text{ (MPA)} \rightarrow$ la classe de portance de sol support est de S_3 .

e) Sur classement des sols supports de chaussées :

Le cas de sols de faible portance (S_3 en RP1) est rencontré, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussées dans des conditions acceptable et d'utiliser le catalogue qui préconise le sol de classe S_1 et S_2 . Le tableau

donne des indications sur le choix de la couche de forme à réaliser.

classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériaux de couche de forme	Epaisseur de matériaux de couche de forme	Classe de portance de sol support visée (Si)
S3	Matériaux non traités (*)	40 cm (en 2 couches)	S2

Tableau.12 : sur classement des sols support

Matériaux non traités (*) : Grave naturelle propre (T.V.O, T.V.C, TUF), Matériaux locaux.

f) Choix de différentes couches constitue de la chaussée :

D'après le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, on optera pour les matériaux suivant :

- ✓ Couche de roulement : Béton bitumineux (BB)
- ✓ Couche de base : Grave Bitume (GB)

✓ *Couche de fondation* : Grave Non Traité (GNT).

➤ **L'application numérique nous donne :**

$$N = (0,10 \cdot 25631) / 2 \text{ pl/j/s}$$

$$N = 1281,6 \text{ pl/j/s}$$

Avec :

N : le nombre de camions de plus par jour est de 1,5t

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6,5}) (75 + 50 \log \frac{1281,6}{10})}{5 + 5}$$

D'après les calculs on trouve :

$$e = 55,99 \text{ cm}$$

L'épaisseur totale à donner à la chaussée est : $e_{eq} = \sum a_i \cdot e_i$

$$e = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

$a_1 \times e_1$: couche de roulement.

$a_1 \times e_1$: couche de base.

$a_3 \times e_3$: couche de fondation.

$$E_{eq} = \sum_1^3 a_i + e_i = a_1 * e_1 + a_2 * e_2 + a_3 * e_3$$

On prend :

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

✓ 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 = 15 cm, puis on calcule l'épaisseur de la couche de fondation

$$60 = (2 \cdot 6) + (1,5 \cdot 15) + (1 \cdot e_3)$$

D'où :

$$E_3 = 60 - (12 + 22,5) / 1$$

$$E_3 = 25,5 \text{ cm} \approx 26 \text{ cm}$$

On à :

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

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

1) Détermination de la zone climatique :

D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie, notre projet est dans la **zone climatique I** (600 mm/an).

2) Choix de dimensionnement :

Nous sommes dans le réseau principal (**RP1**), la zone climatique I, durée de vie de **20 ans**, taux d'accroissement (**4%**), portance de sol (**S2**) et une classe de trafic (**TPL5**).

Avec toutes ces données le catalogue Algérien (fascicule 3) propose la structure suivante :

- ✓ couche de roulement : **BB = 6 cm.**
- ✓ couche de base : **GB = 22 cm.**
- ✓ couche de fondation : **GB = 26 cm.**
- ✓ couche de forme : **TUF = 40cm**

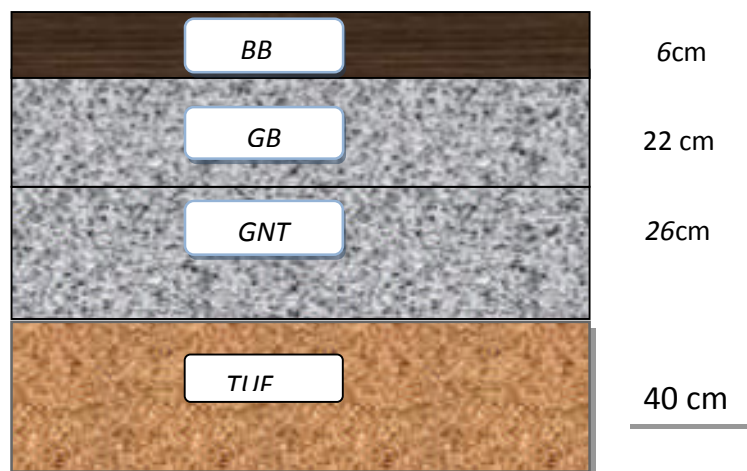


Figure 3 : Corps de chaussée proposé

- ✓ **Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support :**

Il faudra vérifier que ε_t et ε_z calculées à l'aide d'Alize III, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées, c'est-à-dire respectivement $a\varepsilon_{t,adm}$ et $\varepsilon_{z,adm}$.

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times (\text{TCE}_i / 10^6)^b \times \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})}} \times 10^{-tb\delta} \times Kc$$

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (\text{TCE}_i)^{-0.235}$$

τ:Taux d'accroissement géométrique, (pris égal à 0.04 dans le calcul de dimensionnement).

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

$$\text{TCE}_i = \text{TC}_i \times A$$

$$\text{TC}_i = \text{TPL}_i \times 365(1 + i)^n - 1/i.$$

$$\text{TC}_i = 1169,8 \times 365 \times (1 + 0.04)^{20} - 1/0.04.$$

$$\text{TC}_i = 1169,8 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04} = 1,27 \times 10^7 \text{ PL/j/s}$$

Niveau de réseau principal(RPi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP ₁	Chaussées a matériaux traites au bitume : GB/GC, GB /Tuf, GB/GC	0.6

Tableau.13 : tableau récapitulatif

C'est le trafic à prendre en compte dans le calcul du dimensionnement, il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée.

Le calcul de TCEi qui fait intervenir l'agressivité A des PL.est donné par la formule :

$$\text{TCE}_i = \text{TC}_i \times A$$

Avec :

A : coefficient d'agressivité des PL par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes, il est donné dans le tableau ci-dessous en fonction de i et n.

$$TCE_i = TC_i \times A = 1,27 \times 10^7 \times 0,6 = 0,762 \times 10^7 \text{ PL/j/s}$$

❖ **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.

FRACTILE DE LA LOI NORMALE $t=f(r\%)$:

Le fractile de la loi normale qui est en fonction du risque adopté $r\%$. D'après le catalogue et pour un risque $r\% = 5\%$ on a $t = -1,645$.

✓ **RECAPITULATIF DES RESULTATS :**

Alors d'après catalogue de dimensionnement des chaussées neuves et les tableaux ci-dessus ont résumé les paramètres suivants :

- ✓ θ_{eq} = température équivalente ($\theta_{eq} = 10^\circ\text{C}$) $\Rightarrow E(20^\circ, 10\text{Hz}) = 7000$ MPa.
- ✓ Classe de trafic (**TPL₅**).
- ✓ Risque adopté pour réseau RP₁ (**R%=10**).
- ✓ t : fractile de loi normale, en fonction du risque adopté ($t = -1,282$).

❖ **Calcul de δ : f (dispersion) :**

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

$$\delta = \sqrt{(0,45)^2 + \left(\frac{0,02}{-0,146} 3\right)^2} \quad \text{d'où : } \delta = 0,609$$

❖ **Déformations admissibles verticales :**

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCE_i)^{-0,235} = 22 \times 10^{-3} \times (0,762 \times 10^7)^{-0,235}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 5,3108 \times 10^{-4}$$

❖ **Déformations admissibles de traction :**

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times (TCE_i / 10^6)^b \times \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})}} \times 10^{-tb\delta} \times K_c$$

Avec : $b = -0,146$

$E(10^\circ\text{C}, 10\text{Hz}) = 12500$ MPa ; $E(\theta_{eq}, 10\text{Hz}) = 7000$ MPa

$$\epsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} \times (0,762 \times 10^7 / 10^6)^{-0.146} \times \sqrt{\frac{12500}{7000}} \times 10^{-(1.282 \times 0.609 \times 0.146)} \times 1.3$$

$$\ast \epsilon_{t,adm} = 0,97633 \times 10^{-4}$$

➤ 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 σ_t , σ_z , ϵ_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.

1) CALCUL PAR LE LOGICIEL ALIZE :

Définition : ALIZE est un logiciel de dimensionnement du corps de chaussée, il met en œuvre la méthode rationnelle du dimensionnement d'une structure de chaussée, il a été développé par le LCPC et le SETRA

	e (cm)	E(Mpa)	μ
Couche de roulement en BB	6	5400	0,35
Couche de base en GB	22	7000	0,35
Couche de fondation en GNT	13	500	0,35
	13	500	0,35
	20	500	0,35

Couche de forme en TUF	20	500	0,35
Sol support	Infinie	25	0,35

Le calcul est donné par la figure ci-dessous :

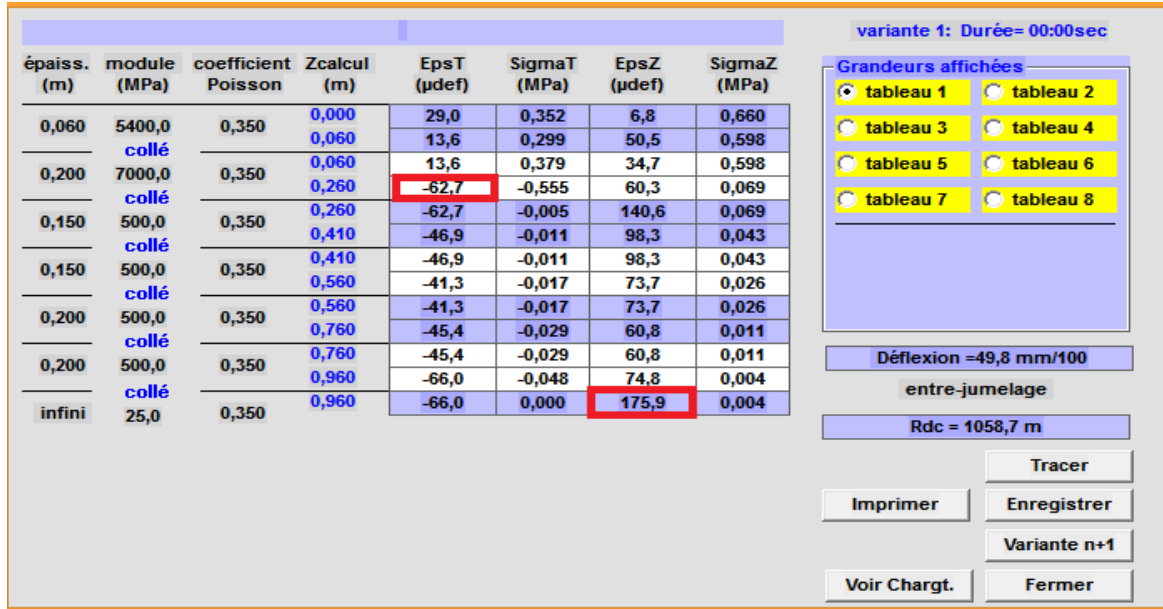


Figure.4 : Le calcul effectué par Alizé.

Le tracé des courbes de déformation des couches par ALIZÉ :

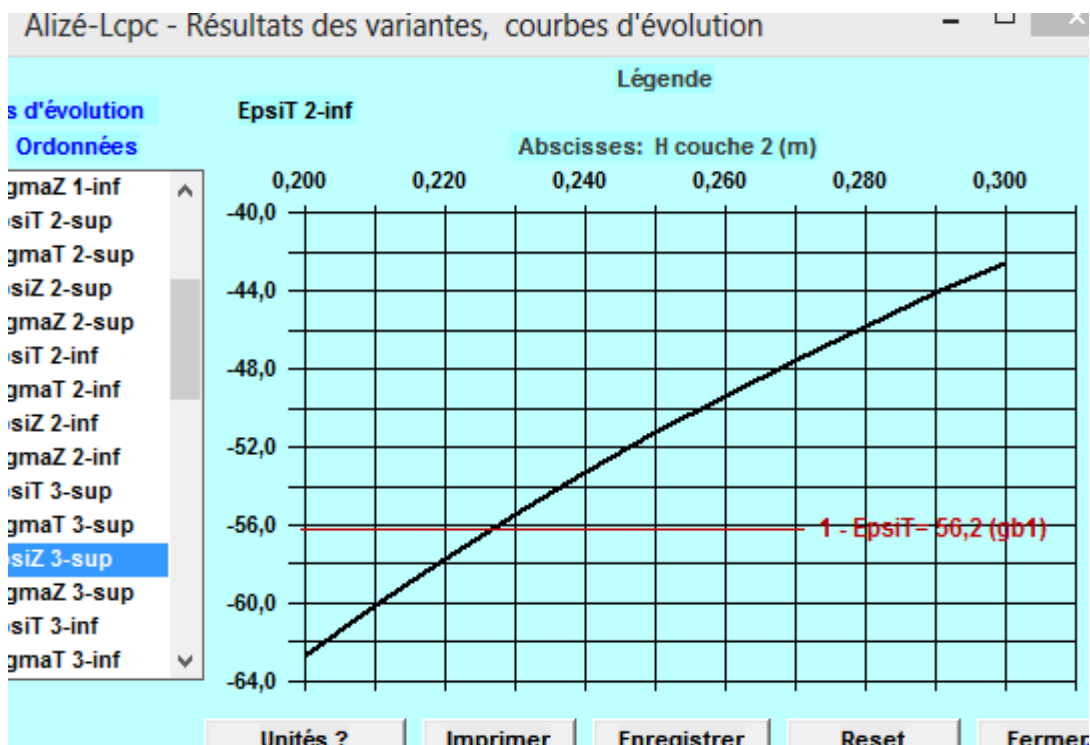


Figure.5 : tracé de la courbe de déformation

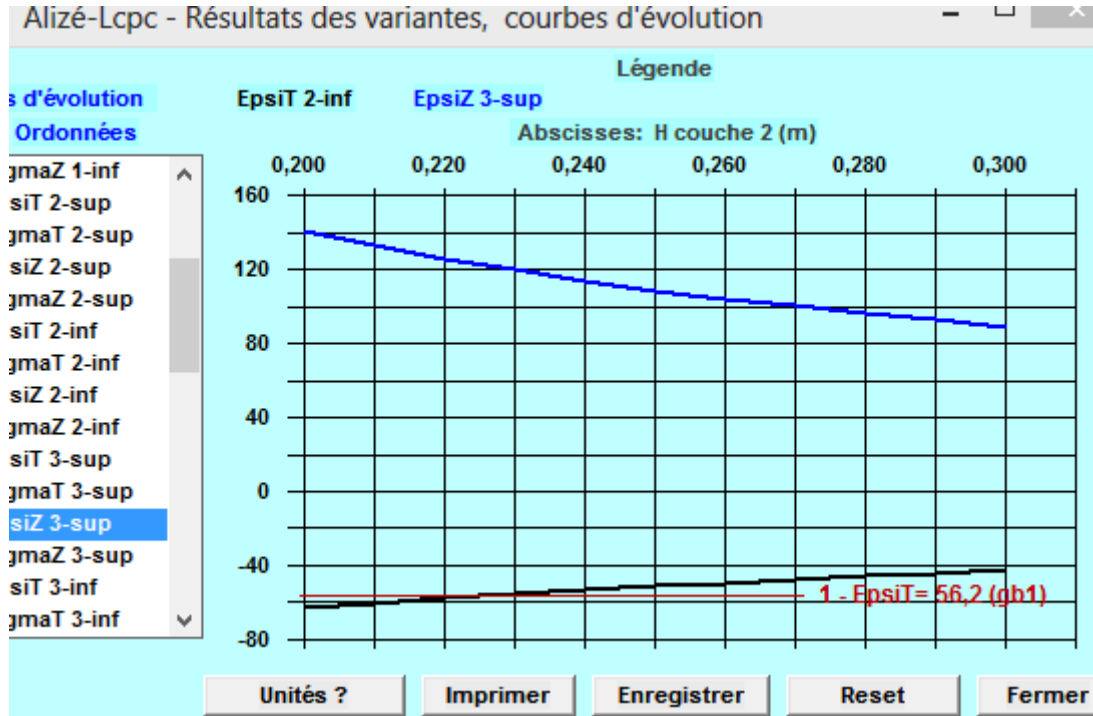


Figure .6 : courbe d'évaluation

D'après le tableau ci-dessous les déformations calculées par ALIZE III sont :

$$\epsilon_z = 0,1759 \times 10^{-4} \quad \text{et} \quad \epsilon_t = 0,0627 \times 10^{-4}$$

La comparaison les résultats est donnée dans le tableau suivant :

Déformation admissible calculée	Déformation calculée par ALIZE III
$\epsilon_{z,adm} = 5,3108 \times 10^{-4}$	$\epsilon_z = 0,1759 \times 10^{-4}$
$\epsilon_{t,adm} = 0,97633 \times 10^{-4}$	$\epsilon_t = 0,0627 \times 10^{-4}$

Tableau.15 : résultats de la simulation

D'après le tableau ci-dessous on constate que :

$$\begin{cases} \epsilon_z < \epsilon_{z,adm} \\ \epsilon_t < \epsilon_{t,adm} \end{cases} \rightarrow \text{Vérfifié}$$

PRÉSENTATION DU 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- PRESENTATION DU LOGICIEL PISTE+5.05 :

❖ *L'interface utilisateur :*

L'évolution du logiciel a donné une interface plus souple et plus fiable aux utilisateurs. Piste 5.05 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 :*

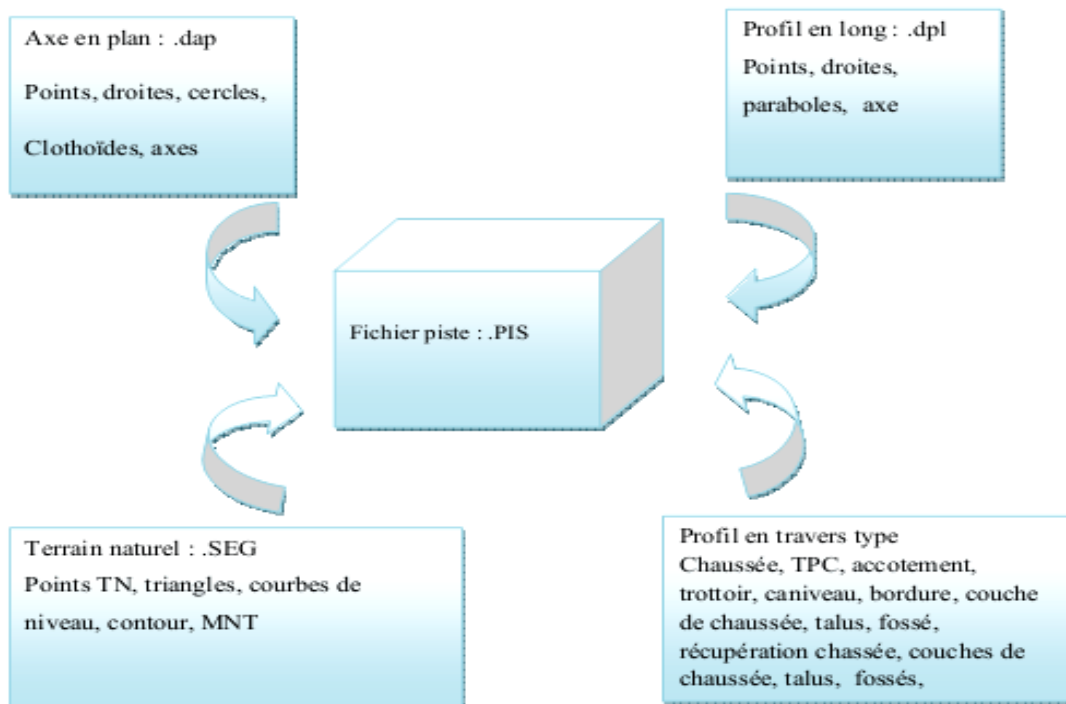
Un projet au sens de Piste 5.05 est constitué par un fichier principal appelé fichier Piste. Ce fichier est organisé par profils en travers, contient toutes les informations

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 5.05.



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 5.05 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- CREATION 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 5.05 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, table 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.

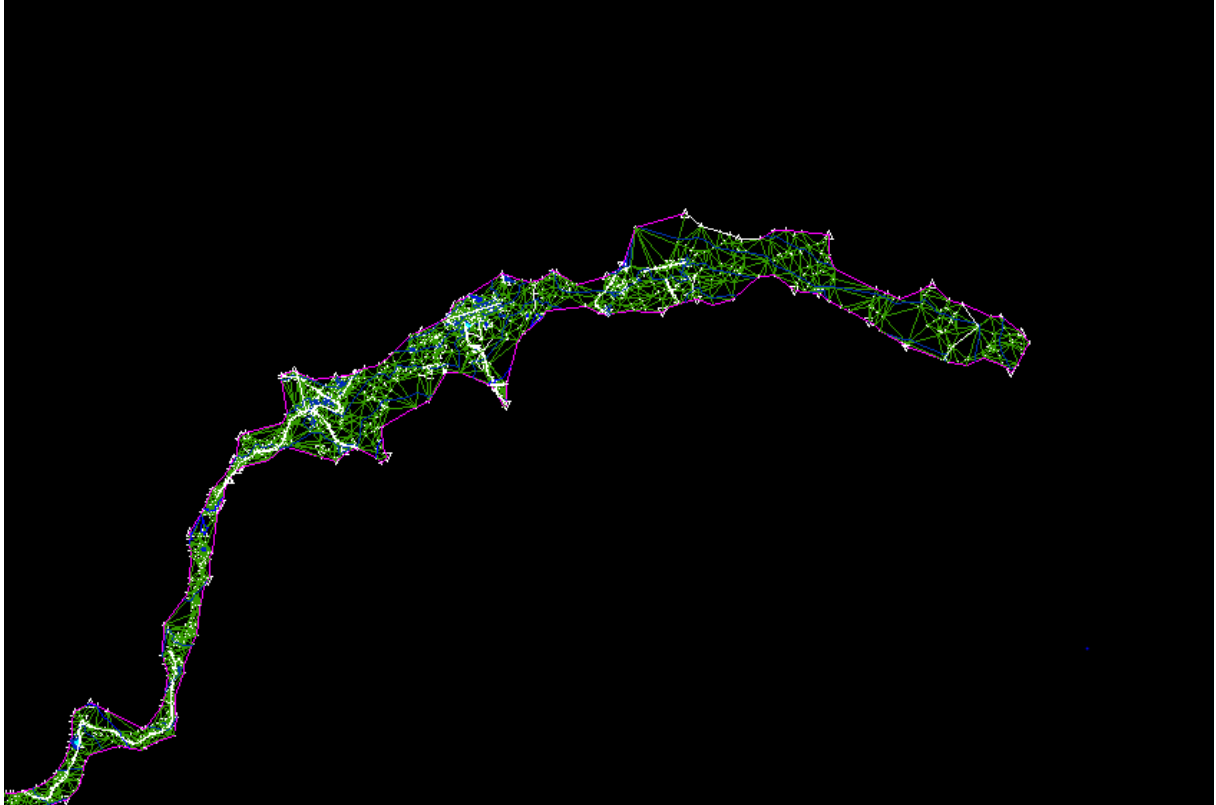


Figure.1 : la triangulation des points

VI-CONCEPTION LONGITUDINAL :

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.

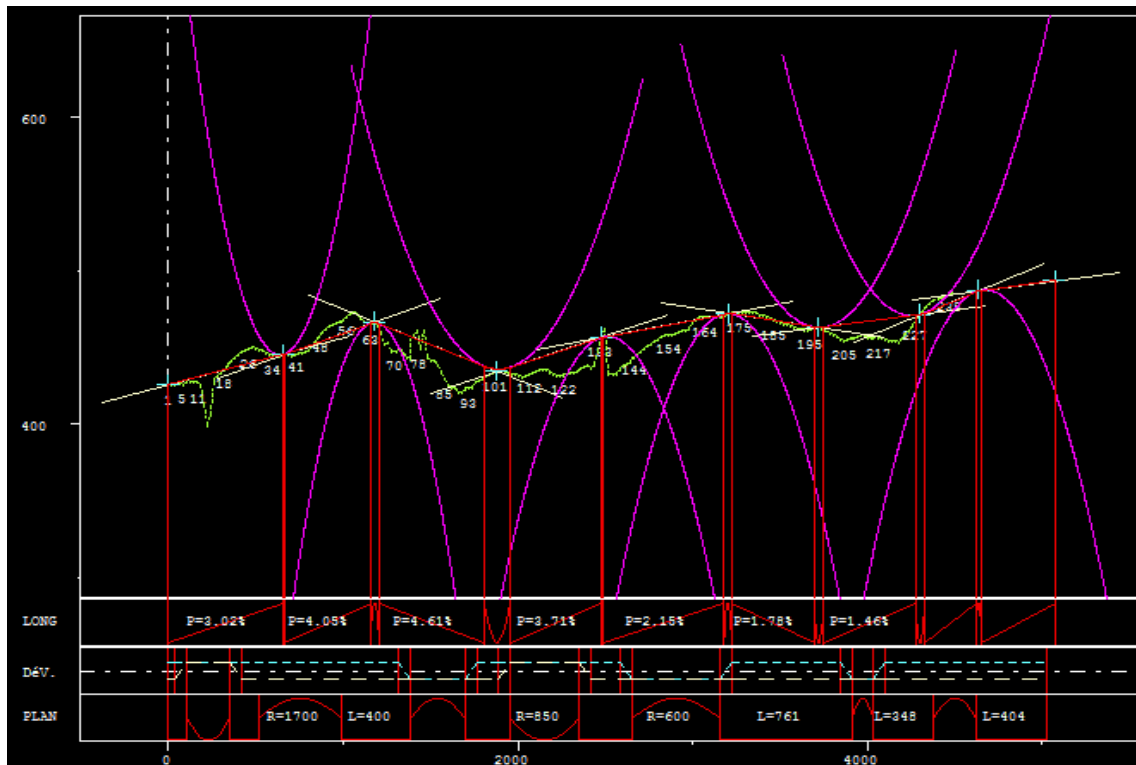


Figure.2: Profil en long

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 dépôts d'axe facilitant l'étude de rééquilibrage de chaussées.
- Définition d'un axe en mode interactif.

VII- CONCEPTION TRANSVERSAL:

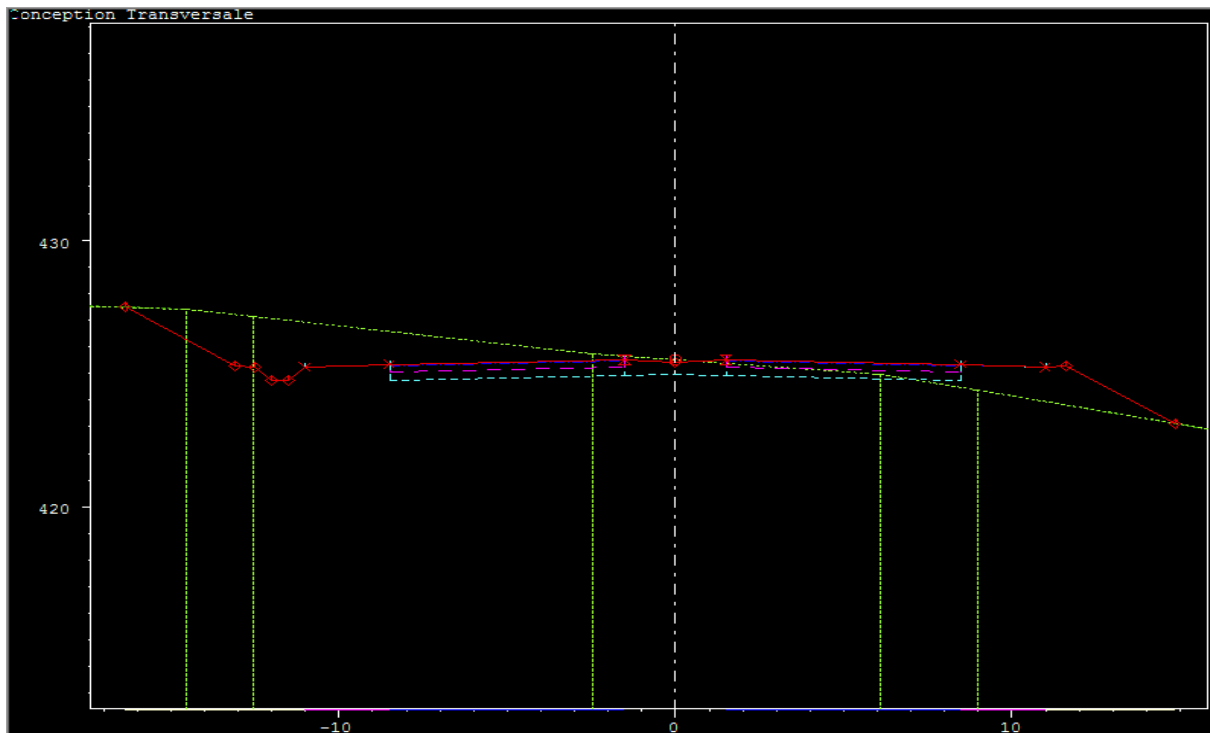


Figure.3 : conception transversal

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.

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).

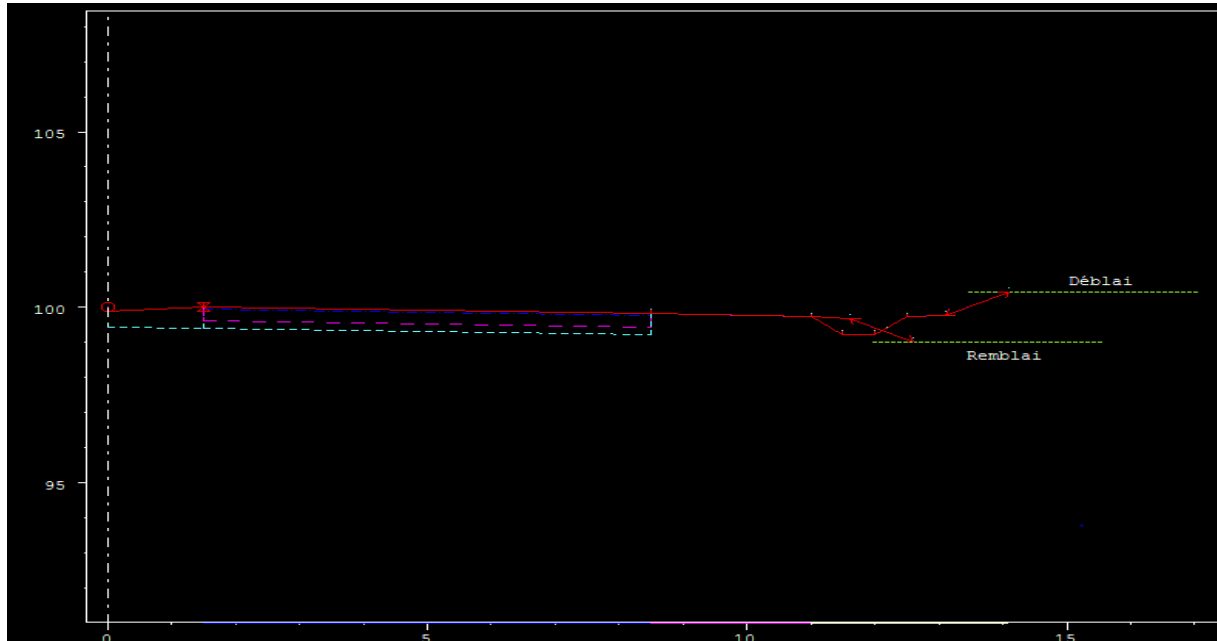


Figure.4 : Profil en travers type

2- Fonctionnement :

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

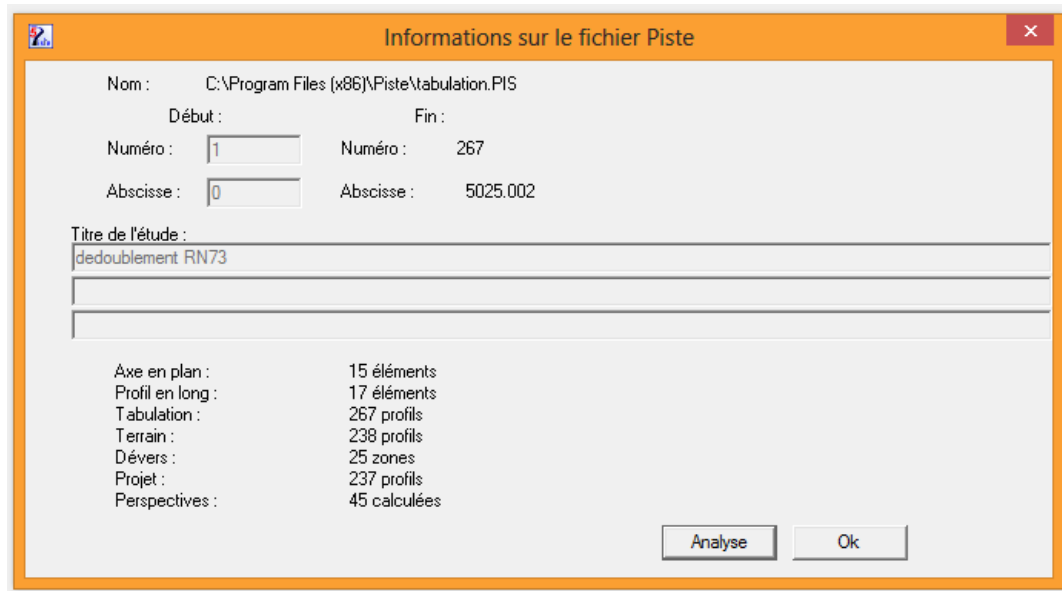


Figure.5 : Fenêtre d'information piste

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.

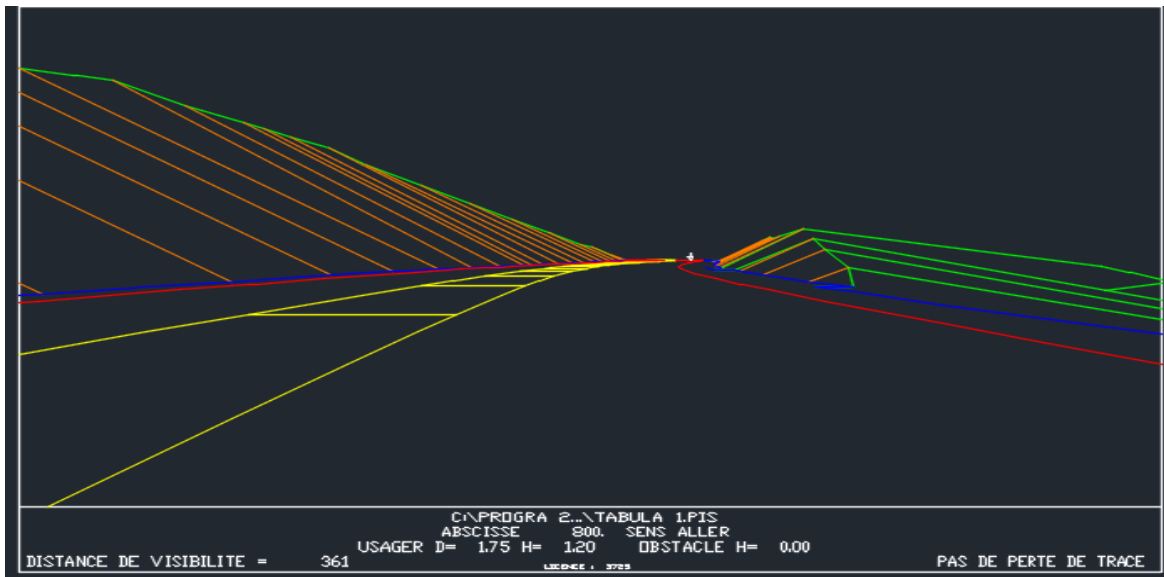


Figure.6 : Perspectives

4- Dévers :

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

Piste - C:\Program Files (x86)\Piste\tabulation.PIS

Fichier Edition Affichage Modification Calculer Outils ?

EDITION DES POINTS DE CHANGEMENTS DE DEVERS

Abscisse Début : 0.00 Fin : 5025.00
Page affichée : 1 / 2

N°	Abscisse	D gauche	D droit	N°	Abscisse	D gauche	D droit
1	0.00	2.50	-2.50	13	1952.66	2.50	2.50
2	35.74	2.50	-2.50	14	2350.73	2.50	2.50
3	105.74	2.50	2.50	15	2420.73	2.50	-2.50
4	350.76	2.50	2.50	16	2584.17	2.50	-2.50
5	420.76	2.50	-2.50	17	2654.17	-2.50	-2.50
6	1315.20	2.50	-2.50	18	2657.25	-2.72	-2.72
7	1385.20	-2.50	-2.50	19	3150.49	-2.72	-2.72
8	1388.28	-2.72	-2.72	20	3153.57	-2.50	-2.50
9	1694.78	-2.72	-2.72	21	3223.57	2.50	-2.50
10	1697.86	-2.50	-2.50	22	3841.29	2.50	-2.50
11	1767.86	2.50	-2.50	23	3911.29	-2.50	-2.50
12	1882.66	2.50	-2.50	24	4030.70	-2.50	-2.50

Commande : 0.00 2.50 -2.50

Figure.7 : Calcul du dévers

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.

VIII-CONCLUSION :

Dans ce chapitre nous avons essayé de présenter les grands points du logiciel piste 5.05. Les détails de l'utilisation de piste 5.05 seront présentés au dessus.

APPLICATION A NOTRE PROJET :

Nous allons procéder à la conception du projet avec le logiciel piste. A travers ce paragraphe nous expliquerons le fonctionnement du logiciel piste5.05. Pour représenter le terrain sur le logiciel nous devons effectuer certaines opérations : Il y a plusieurs méthodes pour l'insertion (L'implantation) des points terrain « X, Y, Z ».

❖ LA PREMIERE METHODE : Utilisation de L'AUTO CAD

Transformation de fichier (**fichier.dwg**) au fichier (**fichier.dxf**) ce qu'on appelle nuage de points.

Exemple :

Après l'implantation des points sur AUTO CAD (X, Y, Z), on va les enregistrées sous (fichier.dxf).

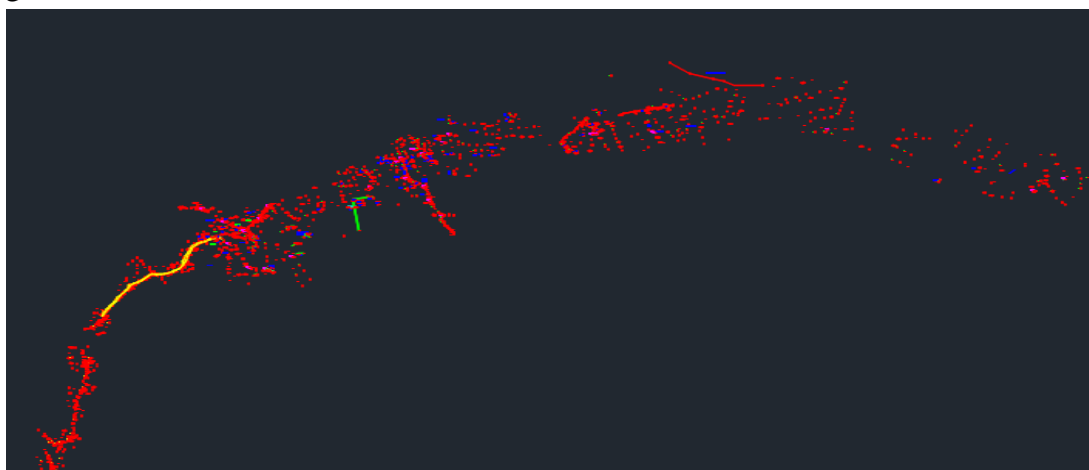


Figure.8 :Fichier.dxf (nuage de points du dédoublement RN73)

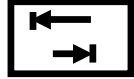
❖ LA DEUXIEME METHODE : Utilisation de la commande DOS

Nous avons plusieurs méthodes dans ce cas là, la première est :

➤ **DOS :**

Un double click sur **Piste.pif** . Accès au **DOS** → édit « Entrée »→ saisir les points comme suit :

(N° X Y Z) Exemple (1 120 158 500) (pour l'espace entre les points utiliser la touche de clavier TAB



→ **Fichier** → Enregistrer sous → donné le nom pour le fichier (Fichier.XYZ)

➤ **LA DEUSIEME ETAPE :**

Après l'insertion des points avec une méthode choisie, nous passerons aux sous étapes.

➤ **Fond de plan T.P.L (seg) :**

Fond de plan → **TPL** → Fichier nouveau (créer un fichier.**SEG**)

Fichier → **lire** (fichier.xyz).

Fichier → **Quitter**.

➤ **Conception plane PLAN (dap) :**

Conception → **Plane** → (créer un fichier.**DAP**)

Axe en plan Tpl → (ouvrir le fichier.**Seg**)

Dessiner l'axe en plan (par ordre).

➤ **Eléments Les points :**

Point → **Nom d'élément** → **POI p01** →

Saisir → **POI p01 125 136** → **exécuter** ou **Graphiquement**, ou **point Terrain**

➤ **Eléments Les droites :**

droite → **Nom d'élément** → d01 **Point** (entre 2 points).

➤ **Eléments Les liaisons :**

Distance → **Nom d'élément** (a1) paramètres.

Distance → **Nom d'élément** (r1) rayons.

Liaison → **Nom d'élément** (L1) → **droite** (entre deux droites) → **paramètre**

Distance (a1) → **Distance** (r1) → **exécuter**.

Nota : on refait ces procédures pour les autres paramètres (a2, r2, L2).

Ou bien on peut écrire un paramètre nul A=0.

➤ **Éléments Axe :**

Axe **Nom d'élément** **axe1**, **Point** (Sélectionner avec la souris le point P1),

(Ou bien on écrit P1).

fin auto **matique** **exécuter**.

Remarque :

Quand l'axe dépasse une certaine longueur, ce logiciel est une version limitée donc, nous traçons un notre axe (suivre les mêmes étapes **axe2**) mais cette fois-ci nous

sélectionnons l'axe précédent **axe1**, et **fin auto** **matique** → **exécuter**.

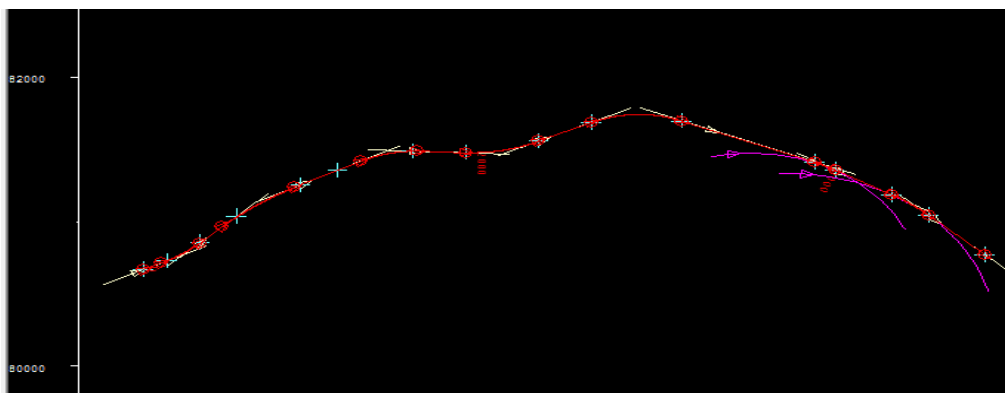


Figure.9 : axe en plan (conception plane)

➤ **Zonage :**

ZONE DE TABULATION → **Axe en plan** → **Saisir une valeur** (Par exemple tous 20 mètres, nous saisissons 0 20 (il existe un petit espace entre 0 et 20)). → **Exécuter la commande.**

➤ **Tabulation :**

TABULER UN AXE → **Un axe en plan** → **choisir le 2^{ème} axe (axe2)** pour obtenir un seul profil en long (Ok) → **Créer** un fichier piste (axe2.pis) →(Ok).

➤ **Conception longitudinal :**

Nota : avant d'entrée dans ce répertoire (longitudinale), il faut ouvrir le fichier.Seg (dédoublement RN73) où encore suivre les étapes suivantes :

Fond de plan → **Ouvrir** (dédoublement RN73).

Fon de plan → **TPL**

Calcul → **Triangler**

Calcul → **Courbe** (choisir valeur de Pas (20 m) (Ok)

Calcul → **Interpoler** (il faut que le nombre de profils terrain soit n sur n, dans notre cas on a 238 profils terrain sur 267, il a un manque de 29 profils parce que il a un manque de points topographique.

Calcul → **haut bas.**

Fichier → **Ouvrir piste** (votre fichier.pis dans ce cas axe en plan.pis)

Fichier → **Quitter.**

Conception → **longitudinale** → **non de fichier a créé** (profil en long .dpl) → (Ok)

Gra pis :

Pour dessiner la ligne rouge on suit les mêmes étapes que la phase **AXE EN PLAN** pour les **points** et les **droites**.

Pour les **Distances**, nous allons saisir que les valeurs des rayons (**R1 et R2.....**).

paraBole → **Nom d'élément** → **PAR PR1** → **droiTe** (Entre deux droites).

Distance → Choisir une valeur de **R** → **exécuter** .

AXE → **Point** (P1) → **fin autoMatique** → **exécuter** .

ZONE DE TABULATION → **Axe en plan** → **Saisir une valeur** (Par exemple tous les 20 mètres, nous saisissons (ZON 0 20) (il existe un petit espace entre 0 et 20)). → **Exécuter la commande**

TABULER UN AXE → Un axe en plan (AXE EN PLAN) → **Compléter** un fichier piste (AXE **EN PLAN** .pis) →(Ok).

➤ Conception transversal :

Conception → transversale → non de fichier.pis (**Tabulation.pis**) → (Ok)

Dévers → Dévers → Recherche semi-auto ou Recherche auto (Compléter le tableau).

Dévers → Calculer → Fermer.

Dévers → fin → créer un fichier (**devers.dvt**) → Ok.

Projet → créer un fichier.**typ**

Profil type → nom de profile type (**TP 1**).

Créer → Nouveau → Ok.

Comment Compléter les tableaux :



Plate forme

Point de rotation des dévers : ce n'est pas la peine.

Chaussée :

L= La largeur (en symétrie, exemple : 7,00m).

D= ?

Terre plein centrale.

H : hauteur.

L : largeur=1,50 en symétrie. P=8

Accotement :

H = 0.01 (on prend toujours cette valeur pour qu'il puisse la calculer).

L = 2,50. m (variable)

P = -4 (pente)

(Les autres lignes ce n'est pas la peine de les compléter)

Nota : vous pouvez visualiser votre dessin à chaque fin d'étape



Déblai

Les trois premières lignes sont utilisées pour le dessin **du fossé** :

H = 0.01 **L = 0.50** **P= -100.**

H = 0.01 **L = 0.50** **P= 0.00.**

H = 0.01 **L = 0.50** **P= 100.**

Cette ligne utilisée pour le dessin de **la berne** :

H = 0.01 **L = 0.60** **P = 8. (Petite pente)**

Cette ligne utilisée pour le dessin **de talus** :

H = 0.01 **L = -1.00 (exemple)** **P= 66.7 (2/3 pour les déblais)**

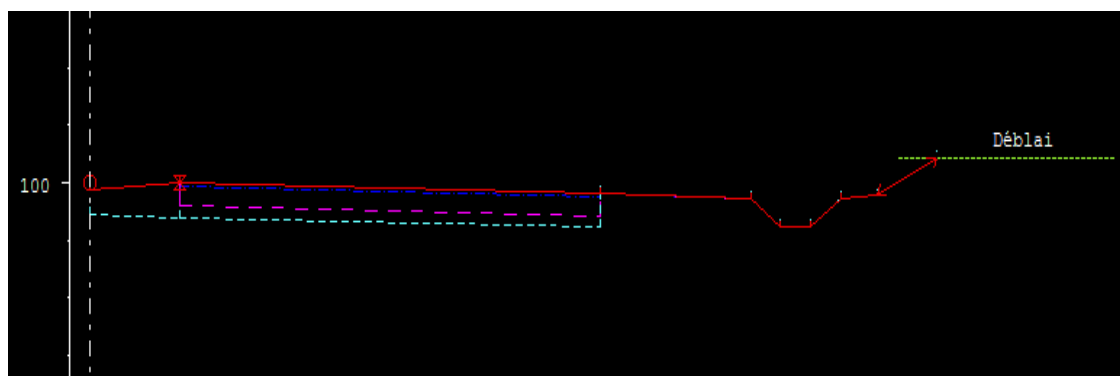


Figure.10 : profil d'un déblai

Remblai

Talus de remblai :

Cas de talus : **H = 0.01** **L = 0.60 (exemple)** **P= -8.**

Cas de mur de soutènement : **H = 0.01** **L = 4.00 (exemple)** **P= -67.**

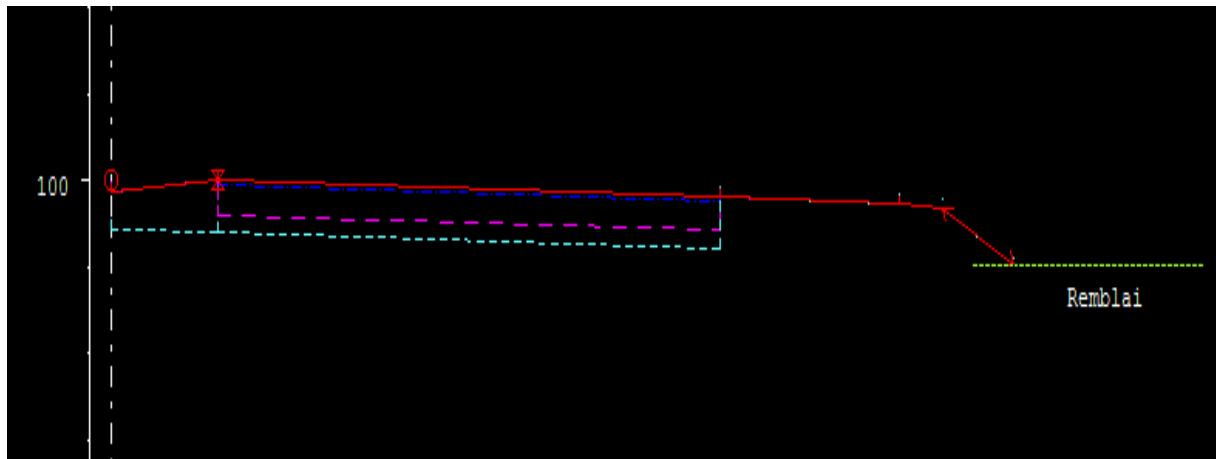


Figure.11 : profil d'un remblai

Assise

Assise sous chaussée :

E : épaisseur totale de la chaussée (exemple **E= 0.6m**)

P : pente (P=2.5 par exemple c'est le dévers)

SG :?

SD :?

ID :?

E =0.28 P = 2.5

SG = 0.00

SD =0.00

ID=Minimum

Assise sous accotement :

E =0.00

L = 2.50

P = 999999

E =0.00

L = 0.00

P = 0.00

E =0.00

L = 0.00

P = 0.00

Assise sous TPC :

E =0.00

L = 0.00

P = 0.00

Forme

FORME sous chaussée :

E : épaisseur de la **couche de roulement+ couche de base** (exemple **E= 0.4m**)

P : pente (**P=2.5** par exemple c'est le dévers)

SG :?

SD :?

ID :?

E =0.28 P = 2.5 SG = 0.00 SD =0.00 ID= Différence

FORME sous accotement

E =0.00 L = 1.00 P = 100

E =0.00 L = 0.00 P = 0.00

E =0.00 L = 0.00 P = 0.00

FORME sous TPC

E =0.00 L = 1.50 P = -999999



BASE sous chaussée:

E =0.06 P = 2.5 SG = 0.00 SD =0.00 ID= Dévers

BASE sous accotement :

E =0.00 L = 1.00 P = -100

E =0.00 L = 0.00 P = 0.00

E =0.00 L = 0.00 P = 0.00

BASE sous TPC

E =0.00 L = 1.50 P = -99999

Nota : Quand vous aurez complété le tableau, vous cliquerez sur **Ok** et **Fermée**.

Un autre tableau à compléter comme suit :

Soit, on a 267 profils terrain dans notre cas.

1 TP1 267 (de profil 1 jusqu'au profil **267**, le profil type c'est **TP1**.)

1 TP1 TP1 267 TP1 TP1 puis calcul.

Calculer la zone → Fermer.

Calculer tout → Fermer.

Visualiser → Profil → Défilement.

Calculer → Perspective → intervalle entre perspective 20 m → Ok.

Imprimer : Tous les tableaux (avec la méthode de GULDEN)

Sortir sur : Fichier ou Ecran.

Non de fichier : Fichier.doc (c'est un fichier Word)

ETUDE GÉOMÉTRIQUE

I-INTRODUCTION :

L'élaboration de tout projet routier commence par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus rationnelle à la configuration du terrain.

Les caractéristiques du tracé doivent assurer les conditions de confort, de stabilité et la condition optique. Ces conditions sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et la rugosité de la chaussée assurée par la couche de roulement.

II-PARAMETRES 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**.

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse (Km/h)	V	80
Longueur minimal (m)	L min	105,7
Longueur maximal (m)	L max	760,7
Devers minimal (%)	D min	2,5
Devers maximal (%)	D max	7
Temps de perception réaction (s)	T 1	2
Frottement longitudinal	Fl	0,39
Frottement transversal	Ft	0,13
Distance de freinage (m)	D0	63,11
Distance d'arrêt (m)	D1	107,55
Distance de visibilité de dépassement minimal (m)	Dm	325
Distance de visibilité de dépassement normal (m)	Dn	480
Distance d'Accélération (m/s^2)	Da	0,6
Distance de décélération (m/s^2)	Dd	-1,6

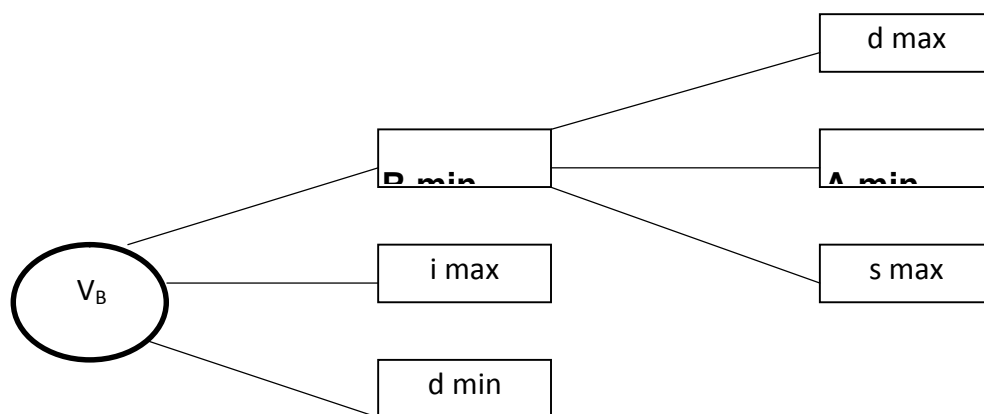
Tableau.1 : Paramètres fondamentaux du tracé en plan.

Ces caractéristiques ou paramètres sont :

- | | |
|----------------------------------|------------|
| ◆ Rayon minimum des sinuosités | R_{\min} |
| ◆ Déclivité maximum | i_{\max} |
| ◆ Distance de visibilité minimum | d_m |

Le rayon minimum conduit à la détermination de 3 éléments supplémentaires, soit :

- | | |
|--------------------------------------|------------|
| ◆ Dévers maximum dans les virages | d_{\max} |
| ◆ Paramètre minimum des clothoïdes | A_{\min} |
| ◆ Surlageur maximum dans les virages | s |



III-ETUDE DU TRACE :

III-1.TRACE EN PLAN :

III-1-1. DEFINITION :

Le tracé en plan est une projection horizontale sur un repère cartésien topographique de l'ensemble des points définissant le tracé de la route. C'est la représentation sur un plan horizontal de l'axe de la route à une échelle réduite.

III-1-2. DESCRIPTION DU TRACE :

Le tracé s'étend sur un linéaire de 5025,002 m, devra relier la ville de Freha de RN73 passant par Aghrib vers la ville d'Azeffoune la RN 24.

Il prend origine à l'échangeur de l'évitement d'Azazga (PK 0+000), il suit un tracé neuf en effectuant des récupérations et des corrections à la RN73, RN71 et la CW158, pour aboutir enfin à Sidi-Khelifa à la RN24 (PK 28+000).

Notre tracé a été conçu dans le souci d'assurer aux usagers un niveau de service satisfaisant, tout en optimisant les coûts économiques.

D'une manière générale, nous avons essayé d'adapter au maximum le tracé au terrain naturel tout en respectant les recommandations du B40.

Compte tenu du relief faiblement vallonné particulièrement sur la section allant du PK8+911 au PK9+379, où le tracé présente des successions de courbes avec parfois des rayons minimum absolus moins de (RHm=250 m).

➤ Contraintes :

Le tracé traverse plusieurs pistes agricoles notamment au PK 6+300 et au PK 6+955 et passe à la limite d'une cité les 12 villas au PK 5+565 ainsi qu'à côté de 02 petits villages au PK 5+900 et PK 6+300.

Au niveau du PK 5+225 il rencontre une route nationale RN73 d'une d'importance où il est prévu un rétablissement de communication. Du PK 5+200 au PK 5+450 l'établissement d'un échangeur au PK 5+320, nous avons traversé une dépression naturelle moyennement importante avec de faibles remblais où la hauteur maximale à l'axe atteint 11,14 m.

III-1-3. ELEMENT CONSTITUANT L'AXE EN PLAN :

Le tracé est une succession de droites (alignements) et de courbes (arc de cercle). On intercale entre ces deux derniers des clothoïdes (courbes de raccordement) qui servent à introduire progressivement la variation de devers. L'ensemble des éléments utilisés et leurs caractéristiques géométriques sont illustrés dans le tableau suivant :

Eléments	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
D1	GIS = 71.129g	105.717	0.000	1311168.060	780666.891
			105.717	1311263.091	780713.208
C1	XC= 1310905.403 YC= 781447.092	245.041			

	R = 816.411				
D2	GIS = 52.021g	168.082	350.758	1311464.079	780851.770
			518.840	1311586.643	780966.790
C2	XC= 1312749.966 YC= 779727.161 R = -1700.000	469.196			
D3	GIS = 69.591g	400.224	988.036	1311968.478	781236.888
			1388.260	1312323.907	781420.871
C3	XC= 1312599.726 YC= 780888.026 R = -600.000	306.521			
D4	GIS = 102.114g	257.857	1694.781	1312619.650	781487.695
			1952.638	1312877.365	781479.133
C4	XC= 1312905.590 YC= 782328.664 R = 850.000	398.093			
D5	GIS = 72.299g	306.499	2350.731	1313263.891	781557.872
			2657.230	1313541.829	781687.071
C5	XC= 1313794.748 YC= 781142.983 R = -600.000	493.263			
D6	GIS = 124.635g	760.777	3150.494	1314021.179	781698.616
			3911.271	1314725.702	781411.509
C6	XC= 1314386.057 YC= 780578.065 R = -899.993	119.429			
D7	GIS = 133.083g	348.405	4030.700	1314832.990	781359.243
			4379.105	1315135.398	781186.227
C7	XC= 1314589.144 YC= 780231.449 R = -1099.997	242.011			
D8	GIS = 147.090g	403.886	4621.116	1315330.60	781043.998
			5025.002	1315628.945	780771.757
LONGUEUR DE L'AXE =5025.002					

Tableau.2 : Éléments constituant l'axe en plan

III-2.PROFIL EN LONG :**III-2-1.DEFINITION :**

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

III-2-2.DESCRPTION DU TRACE :

Le profil en long est conçu avec des rayons aussi grands que possible lorsque la topographie du site le permet pour garantir ainsi une bonne qualité de service dont le niveau dépend des conditions de visibilité, confort et esthétique.

La pente longitudinale maximale admissible $P_{max}=6\%$ n'a pas été dépassée d'ou la plus grande pente enregistré est égale $P_{max}=4,699\%$.

Le tracé doit satisfaire à la condition économique et d'adhérence, et afin d'assurer l'évacuation des eaux surtout dans les zones en déblais et de transition de devers, nous avons adopté une pente longitudinale minimale de 1,4%.

Nous avons évité de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens des déclivités sur des distances courtes car cela porte préjudice à l'aspect esthétique de la route.

III-2-3. ELEMENTS CONSTITUTIFS DU PROFIL EN LONG :

Notre tracé est constitué d'une succession de segments de droites raccordées par des paraboles. Ces raccordements ont été projetés avec des rayons supérieurs aux rayons minimums absolus sur tout le linéaire.

L'ensemble des éléments utilisés et leurs caractéristiques géométriques sont illustrés dans le tableau suivant :

<i>Eléments</i>	<i>Caractéristiques des éléments</i>	<i>Longueur</i>
D1	PENTE= 3.018 %	656.902
PR	S= 638.7953 Z= 445.0711 R = 600.00	6.197

D2	PENTE= 4.051 %	490.925
PR1	S= 1178.3267 Z= 465.9404 R = -600.00	51.953
D3	PENTE= -4.608 %	599.147
PR2	S= 1888.0724 Z= 435.7818 R = 1800.00	149.753
D4	PENTE= 3.711 %	516.511
PR3	S= 2512.2117 Z= 456.9484 R = -1100.00	17.226
D5	PENTE= 2.145 %	689.818
PR4	S= 3202.0300 Z= 471.7474 R = -1100.00	43.138
D6	PENTE= -1.776 %	470.913
PR5	S= 3722.6785 Z= 462.9411 R = 1700.00	55.036
D7	PENTE= 1.461 %	526.578
PR6	S= 4250.7180 Z= 470.6458 R = 1600.00	51.807
D8	PENTE= 4.699 %	290.428
PR7	S= 4672.7210 Z= 487.3848 R = -1200.00	38.737
D9	PENTE= 1.471 %	369.934
LONGUEUR DE L'AXE=5025.002		

Tableau.3 : Éléments constitutifs du profil en long

III-3.PROFIL EN TRAVERS :

III-3-1.DEFINITION:

Le profil en travers d'une chaussée est une coupe perpendiculaire à l'axe de la route de l'ensemble des points définissant sa surface sur un plan vertical.

Le choix d'un profil en travers type d'une route dépend essentiellement du trafic attendu sur cette dernière.

III-3-2. LES ELEMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN TRAVERS:

Notre projet routier est calculé avec un zoning de 20 m. Nous avons aussi un profil pour chaque point de tangence entre les différents éléments constituant l'axe en plan ce qui nous donne un total de 238 profils en travers.

On adopte pour tout le linéaire un seul **profil en travers type** contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et système d'évacuation des eaux etc....).

Le profil en travers type adopté est constitué de deux chaussées de deux voies unidirectionnelles séparées par un terre-plein central de 3,00 m avec deux bandes d'arrêt d'urgence de 2,5 m chacune.

a) La chaussée :

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

$$L_C = 2 \times (2 \times 3.50) = \mathbf{14,00m}$$

b) Le terre-plein central :

Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées ;

$$L_{TPC} = 1 \times 3,00 = \mathbf{03,00m}$$

c) Bandes d'arrêt d'urgence (B.A.U) :

Pour permettre l'arrêt d'urgence des véhicules ;

$$L_{BAU} = 2 \times 2,50 = \mathbf{05,00 m}$$

d) La plate forme:

C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes de talus de remblais. Sa largeur est égale à **22,00 m**.

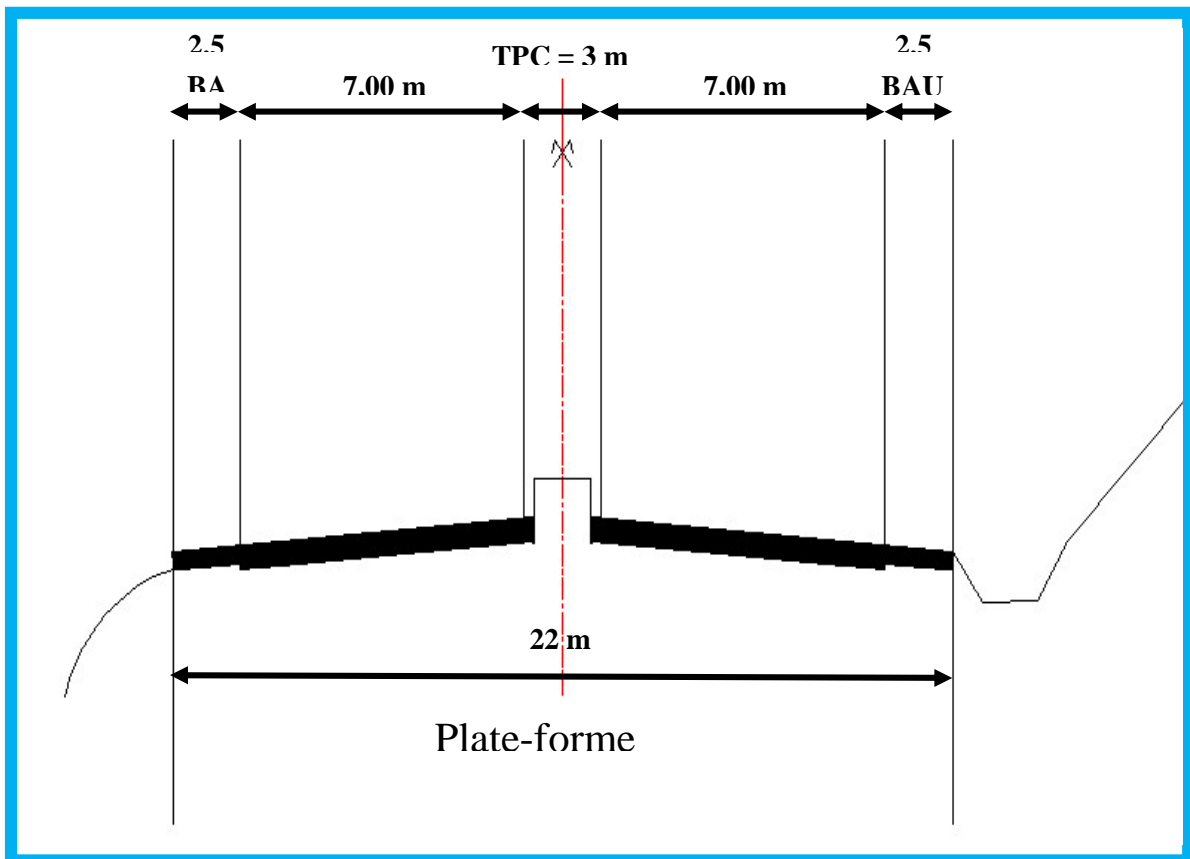


Figure.1 : Profil en travers type

CUBATURE DE TERRASSEMENT

I-INTRODUCTION :

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

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

Pour maîtriser tout ces mouvements des terres, il reste à déterminer le volume de terre se trouvant entre le tracé du projet et celui du terrain naturel. Ce calcul s'appelle (les cubatures des terrassements).

II- LES TERRASSEMENTS ROUTIERS :

II-1.DEFINITION :

Terrasser, c'est extraire, transporter et éventuellement utiliser un sol naturel en vue de construire un ouvrage (tranchée, remblai, ... etc.).

On distingue dans l'exécution des terrassements trois phases essentielles :

- ✓ l'extraction.
- ✓ le transport.
- ✓ la mise en remblai ou en dépôt (qu'il nous arrivera de découper en plusieurs parties).

II-2.LE DEBLAIMENT :

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 ainsi occupent un volume de **297 601** m³, soit **23,36** % du volume total des remblais.

❖ EXTRACTION DES DEBLAIS :

Les moyens d'extraction des déblais sont tributaires de la nature géologique et des caractéristiques mécaniques des sols en place, et sachant que notre sol est une marne (sols meubles) donc nous préconisons d'utiliser des pelles et défonceuses.

II-3.LE REMBLAIMENT :

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.

Les remblais occupent un volume de **1 273 699** m³, donc on aura des hauteurs moins importante tous le long de l'axe du tracé.

❖ ASSISE DES REMBLAIS :

Avant la mise en place des remblais, on procédera d'abord au décapage de la terre végétale sur une épaisseur moyenne de 0,5 à 1,00 m, elle sera mise en dépôt provisoire pour servir de revêtement des talus de remblais et déblais.

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, c'est l'évolution des cubes de déblais que comporte le projet afin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne du projet.

Les éléments qui permettent de définir cette évolution sont :

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

Autrement dit, c'est le calcul des volumes déblais remblais à déplacer pour respecter les profils en long et travers fixés auparavant et d'établir ainsi le métré des travaux. Le calcul exact est pratiquement impossible vu l'irrégularité des surfaces.

IV-1.METHODE DE CALCUL DES CUBATURES :

Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures (sarraus, gulden et la méthode linéaire...etc.), pour notre projet on utilise la méthode de **GULDEN**.

❖ La méthode de GULDEN:

Dans cette méthode, les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chacune des valeurs à l'axe est calculée pour obtenir les volumes et les surfaces. Ces valeurs sont multipliées par le déplacement du barycentre en fonction de la courbure au droit du profil concerné.

Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée. Si on utilise la méthode de GULDEN, la quantité (longueur d'application) n'a plus de sens.

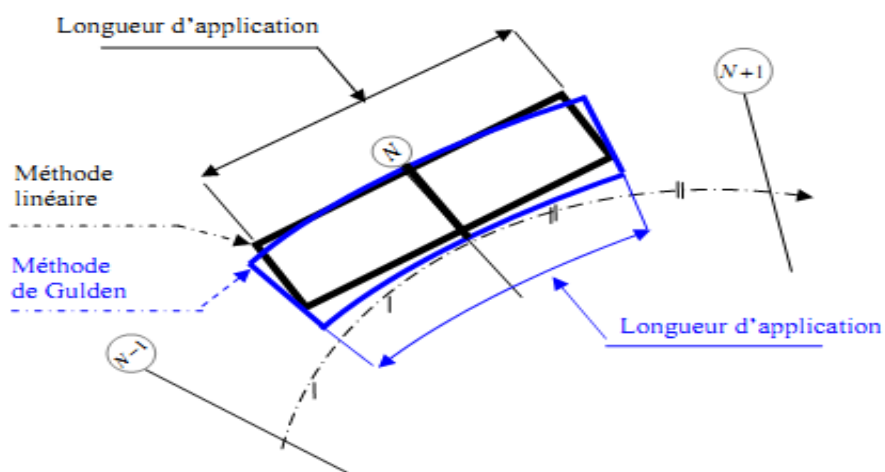


Figure. 1: schéma récapitulatif

IV-2.CALCUL DES CUBATURES DE TERRASSEMENT :

La méthode choisie pour le calcul est celle de **GULDEN** et il a été effectué à l'aide du logiciel Piste 5.05 :

- **Le volume de déblais est de : $VD = 297\ 601\ m^3$**
- **Le volume de remblais est de : $VR = 1\ 273\ 699\ m^3$**

REEMPLOI :

Le réemploi des matériaux en remblai, doit se conformer aux règles du Guide des Terrassements Routiers(GTR), plus particulièrement en ce qui concerne l'état hydrique des sols. La marne à forte plasticité (très sensible à l'eau), recensée au long du tracé est non exploitable en remblais, car sa réutilisation nécessite un traitement à la **chaux** selon le guide GTR. Dans notre cas le sol déblayé n'est pas consistant, il est ainsi nécessaire de ramener un matériau de substitution d'un gîte d'emprunt.

V- LA NOTION D'EQUILIBRE DEBLAI-REMBLAI :

Dans toute la première période, le terrassement était dominé par la nécessité de diminuer au maximum le mouvement des terres, c'est-à-dire de transporter le moins possible de terres est le plus proche possible. Des méthodes d'études de projet étaient alors instaurées qui permet une minimisation (épure de lalanne).

Par ailleurs, comme le transport de terre du déblai à un lieu de dépôt ou d'un lieu d'emprunt vers un remblai, consommait du transport, il paraissait intéressant d'obtenir un parfait équilibre des déblais et des remblais, c'est-à-dire le volume des déblais soit égal au volume des remblais. Bien entendu, plus cet équilibre est obtenu dans une courte section moins les distances de transport étaient grandes.

HYDRAULIQUE ET ASSAINISSEMENT

I-INTRODUCTION :

L'assainissement routier ne se résume pas à une simple évacuation des eaux présente sur la route. Aujourd'hui où l'en commence à percevoir les effets d'erreurs antérieurs. L'heure est à la réflexion parle du développement durable et l'écologie prend une place de plus en plus prépondérante dans les nouvelles réalisations des travaux publics.

Par exemple lorsque l'on construit un axe routier, il arrive que le paysage soit sensiblement modifié. Les zones de déblais se succèdent aux zones de remblais modifiant considérablement l'écoulement naturel de l'eau de pluie. Le premier point que doit satisfaire un projet routier du point de vue assainissement est de rétablir au mieux ses écoulements naturels pour que l'équilibre soit le plus proche possible de son état d'origine. Pour simplifier on peut définir l'assainissement routier comme étant l'ensemble des dispositifs contribuant à assainir la route dans quatre domaines à savoir :

- ✓ Le rétablissement des écoulements naturels
- ✓ La collecte et l'évacuation des eaux de surface
- ✓ La lutte contre la pollution routière
- ✓ Le drainage des eaux internes

II-RETABLISSEMENT DES ECOULEMENTS NATURELS :

Le rétablissement des écoulements naturels consiste à assurer la continuité des écoulements superficiels des bassins versants interceptés par la route. Ce rétablissement doit être adapté aux enjeux (inondation, érosions ou atterrissements, pérennité de l'infrastructure, sécurité des usagers et respect du milieu aquatique) qu'il convient d'identifier et doit être conçu dans le respect des réglementations en vigueur.

La route peut constituer un obstacle préjudiciable à l'écoulement naturel et réciproquement, celui-ci peut générer des dommages à la route. Les ouvrages hydrauliques de rétablissement des écoulements naturels devront être correctement dimensionnés pour limiter les risques:

- ✓ D'inondation et de submersion ou de dégradation de la route dans des seuils admissibles.
- ✓ D'inondation en amont de la voie.
- ✓ De rupture de l'ouvrage routier.

III-LA COLLECTE ET L'EVACUATION DES EUX DE SURFACE :

Cette partie s'intéresse aux différents éléments que rencontre l'eau sur un projet d'assainissement classique.

a-La couche de roulement :

Une fois arrivé sur la couche de roulement de la chaussée, l'eau suit le parcours à plus forte pente qui s'offre à elle. Soit la couche de roulement est perméable et l'eau s'y infiltre, soit comme dans la majorité des cas, la chaussée est imperméable et l'eau s'écoule sur la couche de roulement jusqu'à être transportée par un dispositif prévu à cet effet (caniveau, fossé, cunette).

b-Caniveau, fossé et cunette :

L'assainissement de surfaces en bordure de voies rapides, d'autoroutes, de nationales et de routes départementales nécessite la collecte des eaux de ruissellement de chaussées. Le caniveau à fente, la cunette, le fossé trapézoïdal et le caniveau rectangulaire remplissent cette fonction. Ils sont soit préfabriqués, soit réalisés à partir de la technique du coffrage glissant.

Tous ces systèmes collectent le long des routes et des autoroutes les eaux de pluie pour éviter qu'elles ne pénètrent sous la chaussée ce qui provoquerait le ramollissement de sa fondation et sa destruction irrémédiable.

- ✓ Un fossé est un ouvrage hydraulique rustique, longitudinal. Il sert à la collecte des eaux de ruissellement. Il est creusé dans le terrain
Au-delà de l'accotement. Il est caractérisé par sa section courante et sa pente.
- ✓ Les fossés trapézoïdaux peuvent être en béton ou en terre suivant les moyens disponibles et l'importance des chaussées.
- ✓ Les fossés en béton peuvent être préfabriqués ou coulés en continue.

Une cunette est un fossé peu profond engazonné ou revêtu et aux formes douces pour améliorer la sécurité des usagers.

Le terme caniveau regroupe la famille d'ouvrages de collecte et de transport longitudinal des eaux de ruissellement de la route

IV-LA LUTTE CONTRE LA POLLUTION ROUTIERE :

Pour les projets où le risque de pollution est élevé, il est préférable de séparer les hydrocarbures de l'eau afin de pouvoir rejeter une eau saine. C'est le rôle joué entre autres par les séparateurs à hydrocarbures qui peuvent être utilisés dans le cadre de l'assainissement routier.

V-LE DRAINAGE DES EAUX DE SURFACE :

1-Notions générales sur le drainage :

Le drainage routier correspond à la collecte et à l'évacuation des eaux présentes dans le sol support et dans les chaussées. Il constitue l'un des quatre volets du domaine de l'assainissement routier avec la collecte et l'évacuation des eaux de surface (assainissement superficiel), le rétablissement des écoulements naturels et le traitement de la pollution routière.

Le drainage participe de façon essentielle au bon comportement mécanique de la chaussée et contribue ainsi largement à la pérennité des ouvrages routiers.

2-Les eaux internes à drainer proviennent :

- ✓ des infiltrations au travers de la chaussée, vers les interfaces couches de chaussée et chaussée/sol support;
- ✓ des infiltrations depuis les accotements, vers les interfaces couches de chaussée et chaussée/sol support, alimentées par la plate-forme ;
- ✓ des venues d'eau issues de l'environnement latéral, vers les interfaces chaussée/sol support et le sol support, et qui ont pour origines les bassins versants, les déblais et les émergences de nappe phréatique.

Même si les réseaux de drainage et d'assainissement rejoignent souvent des exutoires communs, il est indispensable de les différencier. En effet, ces deux réseaux remplissent des fonctions distinctes : en particulier, le réseau de drainage qui véhicule une eau propre ne doit en aucun cas être perturbé par les eaux de ruissellement, souvent polluées (boues, huiles, végétation, etc.) et ce débit plus conséquent (pour éviter une mise en charge).

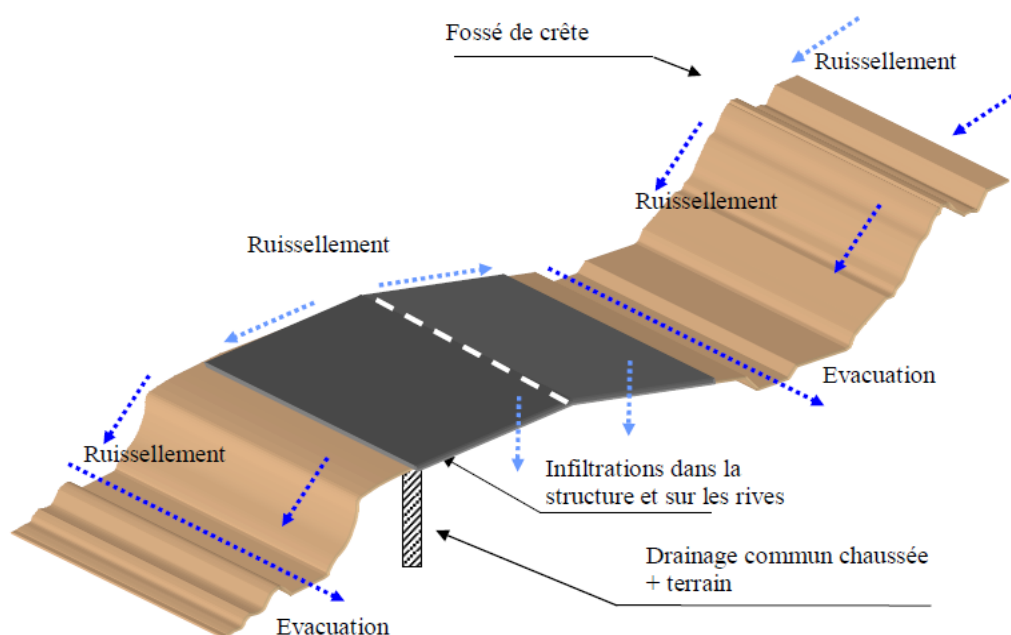


Figure .1. Distinction entre les fonctions de drainage et d'assainissement routier

Quand doit-on drainer?

On peut se soustraire à l'obligation de drainage dans les cas suivants:

- ✓ contexte climatique favorable
- ✓ trafic PL très faible (pour chaussée correctement dimensionnée)
- ✓ contexte hydrogéologique favorable, sol support et nature des couches de chaussées favorable à court et à long terme.

Dans tous les autres cas, la prise en compte du climat métropolitain impose de drainer de façon systématique les sols supports, la couche de forme et la chaussée.

3-Contexte climatique ou météorologique :

Tizi-ouzou appartient au milieu méditerranéen caractérisé par l'alternance d'une saison sèche et d'une saison humide. Un climat tempéré avec un hiver doux et une hauteur moyenne des précipitations : 850 mm/an.

Tizi-ouzou est l'une des régions les plus arrosées du pays. Ce qui justifie les données hydrauliques suivantes :

- ✓ Pluie moyenne journalière : $P_j = 63$ mm.
- ✓ L'exposant climatique : $b = 0,38$
- ✓ Le coefficient de variation climatique : $C_v = 0,37$

VI-DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES D'EVACUATION:

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

1-Estimation de débit d'apport Q_a :

Le calcul du débit maximum limite, de fréquence donnée, à l'intensité moyenne ' I ' de la pluie, et de durée ' t ' égal au temps de concentration, est effectué au moyen d'une formule donnant un débit approché par excès, celle-ci dérive de la méthode dite rationnelle et elle est appliquée dans le cas des superficies inférieures à 200 km², elle est donnée par :

$$Q_a = K. C. I_t . A$$

Selon la méthode rationnelle :

K : coefficient qui permet la conversion des unités (les mm/h en l/s). $K= 0.2778$

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

C : coefficient de ruissellement.

A : aire du bassin versant (Ha).

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

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^\beta \quad / \beta = b-1,$$

I : Intensité de la pluie (mm/h).

t_c : temps de concentration (h).

-L'intensité horaire I:

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

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

-Temps de concentration t_c :

C'est le temps que mettra la première goutte tombée au point hydrologiquement le plus éloigné du bassin versant pour arriver à l'exutoire.

La valeur du temps de concentration dépend de la morphologie du bassin versant naturel.

Il est estimé respectivement d'après VENTURA, PASSINI, GIADOTTI. Comme suit :

$$t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}} \quad \Rightarrow \quad \text{Si } A < 5 \text{ km}^2, \text{ selon VENTURA}$$

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

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

A : Superficie du bassin versant (**km²**).

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

L : Longueur de bassin versant (**km**).

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

-Pluie journalière maximale annuelle Pj :

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

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

Pj moy : pluie moyenne journalier

Cv : coefficient de variation climatique.

U : variation de Gauss, donnée par le tableau suivant :

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

Tableau.1 : variable de gauss

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

c- Coefficient de ruissellement :

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

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtue en enrobés	0.80 à 0.95	0.95
Accotement ou sol légèrement perméable	0.15 à 0.40	0.40
Talus	0.10 à 0.30	0.30
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

Tableau .2 : coefficient de ruissellement

2-débit de saturation :

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

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

S : section mouillée.

KST : coefficient de STRICKLER

KST = 70 pour les dalots

KST = 80 pour les buses

RH: rayon hydraulique (m). $RH = S / P$

J : la pente moyenne de l'ouvrage.

3-Dimensionnement des buses :

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

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

$$S_m: \text{section mouillée, } S_m = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2$$

$$R_h: \text{rayon hydraulique, } R_h = \frac{R}{2}$$

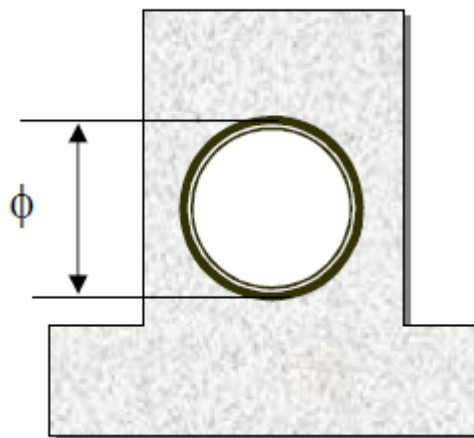
$K_{st} = 80$ pour les buses en béton

J : la pente de pose égale la pente de profil en travers.

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

$$Q_s = Q_a \quad \Rightarrow$$

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



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

4- Dimensionnement des dalots :

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 tenant compte du profil en long et on calcule l'ouverture L nécessaire et on fixe aussi la hauteur de remplissage à $0.8h$.

On à :

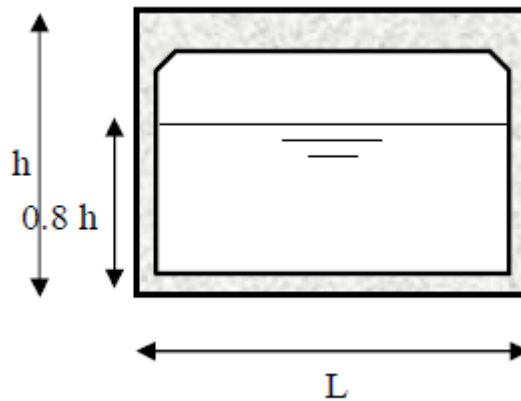
$$\text{Périmètre mouillé} : P_m = 2 \times 0.8 \times h + L$$

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

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

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

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



$K_{st} = 70$ (dalot en béton)

J : pente du dalot

Le débit rapporté par le bassin versant, doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot.

$$Q_s = Q_a$$

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

On tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité, par itération.

5-Dimensionnement des fossés :

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

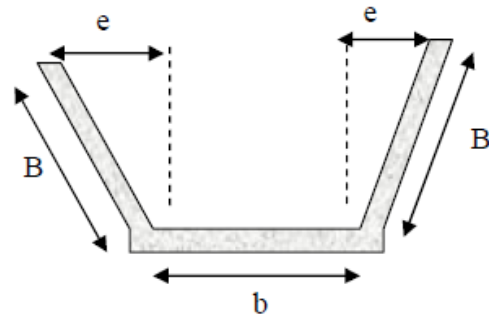
Calcul de la surface mouillée :

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

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \quad \text{d'où } e = n.h$$

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

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



Calcul du périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2B$$

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

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

Calcul du rayon hydraulique :

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

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

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

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

VII-APPLICATION AU PROJET :

1- Rappel des données pluviométriques :

Les données pluviométriques nécessaires pour le calcul :

- ✓ Pluie moyenne journalière maximale **Pj = 63 mm**
- ✓ Expositant climatique **b = 0.37**
- ✓ Coefficient de variation **Cv = 0.38**
- ✓ Pluie annuelle moyenne **850mm/an**

2- Calcul hydraulique :

a- Calcul de la pluie journalière maximale annuelle Pj :

$$p_j = \frac{p_{j\text{moy}}}{\sqrt{c_v^2 + 1}} \times e^{u \sqrt{\ln(c_v^2 + 1)}}$$

Pour une période de 10ans :

$$U=1,128$$

$$C_v=0,38$$

$$P_j=63 \quad p_j(10\%) = \frac{63}{\sqrt{0.38^2+1}} \times e^{1.28\sqrt{\ln(0.38^2+1)}}$$

$$P_j(10\%) = 94.3 \text{ mm}$$

Pour une période de 50 ans :

$$U=2,05$$

$$p_j(2\%) = \frac{63}{\sqrt{0.38^2+1}} \times e^{2.05\sqrt{\ln(0.38^2+1)}}$$

$$P_j(2\%) = 125.03 \text{ mm.}$$

b-la fréquence de l'averse :

Pour une durée de 15min=0.25h.

$$P_t (\%) = P_j (\%) (t/24)^b$$

Pour une période de 10ans :

$$P_t (10\%) = 94.3 * (0.25/24)^{0.37}$$

$$P_t (10\%) = 17.42 \text{ mm.}$$

Pour une période de 50ans :

$$P_t (02\%) = 125.03 * (0.25/24)^{0.37}$$

$$P_t (02\%) = 23.09 \text{ mm.}$$

C-calcul de l'intensité de l'averse :

Pour une durée d'une heure (60min) :

$$B=0.37-1= -063. \quad (B=b - 1)$$

$$I=P_j / 24.$$

Pour une période de 10ans :

$$I (10\%) = 94.3/24 = 2.054 \text{ mm/h}$$

Pour une période de 50ans :

$$I (02\%) = 125.03/24 = 5.20 \text{ mm/h.}$$

D- les bassins versants :

Un bassin versant 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).

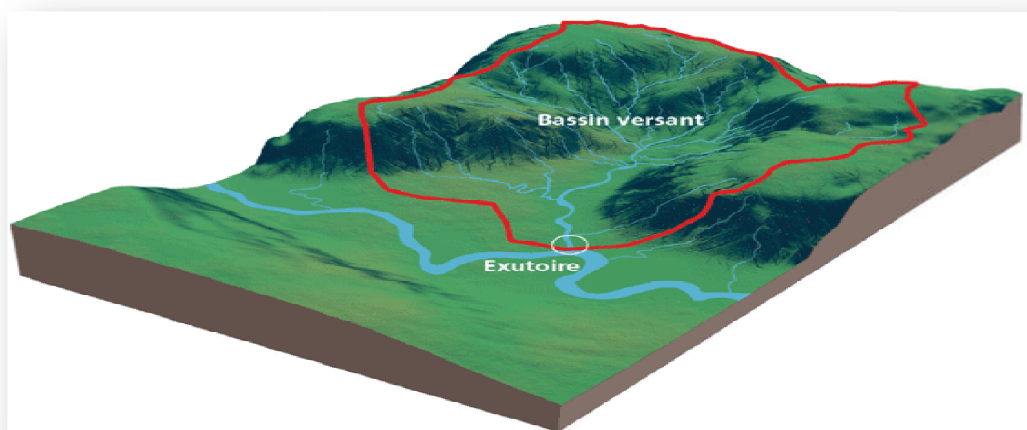


Figure .2. Représentation d'un bassin versant

Notre projet le long de 5 kilomètres, traverse plusieurs écoulements dont, la superficie de leurs bassins versants varie.

Il existe **8 bassins versants** qui ont été délimités en fonction de la structure des talwegs et des lignes de crêtes sur la carte d'état major à l'échelle 1/25000^{ème}, leurs surfaces sont déterminées à l'aide du logiciel Autocad version 2010.

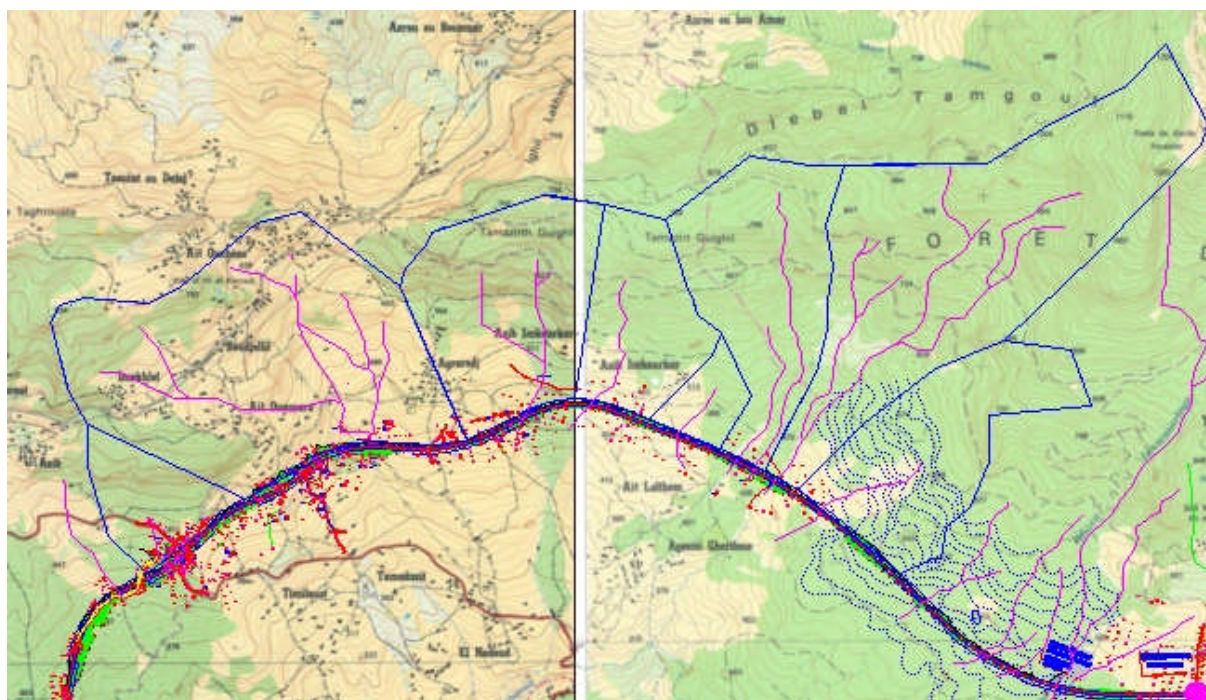


Figure 3 : Délimitation des bassins versants.

N° du bassin versant	Aire(Ha)	Longueur(m)	Long linéaire (m)	Altitude max(m)	Altitude min(m)	Différence d'altitude (m)	Pente (%)
1	40,89	2750	730	617	430	187	7
2	244,05	6491	1380	834	410	424	6,5
3	117,92	4269	670	794	430	454	11
4	68,2	3421	440	790	460	330	10
5	19,17	1891	460	550	465	85	5
6	112,52	4980	290	837	450	387	8
7	250,42	8070	230	1205	450	755	9,5
8	104,67	4840	680	866	470	396	8

Tableau .3 : Caractéristiques des bassins versant.

D-1 Intensité de l'averse :

Dans cas les surfaces des bassins versants est inferieur à 5 Km², donc pour calculer le temps de concentration (Tc) on appliquera la formule de VENTURA :

$$tc = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}}$$

Exemple au bassin versant N°2 :

On a : $A=244,05$ et $P=6,5$

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{244,05}{6,5}} = 0.78 \text{ h.}$$

Calcul de l'intensité de l'averse :

$$I_t = I\left(\frac{T_c}{24}\right)^{b-1} \quad I_t(10\%) = 2.054 \left(\frac{0,78}{24}\right)^{-0.63} = \mathbf{17,79 \text{ mm/h.}}$$

$$I_t(02\%) = 5.20 \left(\frac{0,78}{24}\right)^{-0.63} = \mathbf{45,03 \text{ mm/h}}$$

Les résultats pour l'ensemble des bassins sont résumés dans le tableau suivant :

Bassin versant	Temps de concentration T_c (h)	Intensité de l'averse 10% I (mm/h)	Intensité de l'averse 2% I (mm/h)
BV1	0.31	31.81	80.53
BV2	0.78	17.79	45.03
BV3	0.41	26.67	80.53
BV4	0.33	30.58	77.42
BV5	0.25	36.43	59.59
BV6	0.48	24.15	61.14
BV7	0.65	19.95	50.51
BV8	0.46	24.81	62.81

Tableau .4 : Intensité de l'averse.

D-2 Détermination des débits de crue :

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

Exemple au bassin N°1 :

$$Q_a(10\%) = 2.78 * 10^{-3} * 31.81 * 40.89 * 0.2 = \mathbf{0.72 \text{ m}^3/\text{s.}}$$

$$Q_a(02\%) = 2.78 * 10^{-3} * 80.53 * 40.89 * 0.2 = \mathbf{1.83 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Bassin versant	C	K	l'intensité de l'averse		surface A(HA)	Débits de crue	
			I 10 % (h/mm)	I 2 % (h/mm)		Q m ³ /s 10%	Q m ³ /s 2%
BV1	0.2	0.00278	31.81	80.53	40.89	0.72	1.83
BV2	0.2	0.00278	17.79	45.03	244.05	2.41	6.11
BV3	0.2	0.00278	26.67	67.53	117.92	1.75	4.43
BV4	0.2	0.00278	30.58	77.42	68.20	1.16	2.93
BV5	0.2	0.00278	36.43	59.59	19.17	0.39	0.63
BV6	0.2	0.00278	24.15	61.14	112.52	1.51	3.82
BV7	0.2	0.00278	19.95	50.51	250.42	2.78	7.03
BV8	0.2	0.00278	24.81	62.81	104.67	1.44	3.65

Tableau .5 : Débits de crue des bassins versants.

D-3 Estimation du débit d'apport :

$$Q_a = K I C A$$

Surface de l'écoulement :

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

Le talus est pris pour une largeur défavorable de 10m.

a-La chaussée :

Surface de la chaussée : $A_c = 7 \times 1380 \times 10^{-4}$

$$A_c = 0.966 \text{ HA}$$

Calcul de temps de concentration :

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A_c}{P_c}} \quad (\text{VENTURA})$$

Avec : $P_c = 2.5\%$

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.966}{2.5}}$$

$$t_c = 0.079H$$

Calcul de l'intensité de pluie :

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

$$I_t(10\%) = 2.054\left(\frac{0.079}{24}\right)^{-0.63} \quad \mathbf{I_t(10\%) = 75.27 \text{ mm/h}}$$

$$I_t(2\%) = 5.20\left(\frac{0.079}{24}\right)^{-0.63} \quad \mathbf{I_t(2\%) = 190.56 \text{ mm/h}}$$

Débit d'apport de la chaussée :

$$Q_{a_{ch}} = K \cdot I_t \cdot C_c \cdot A_c$$

$$Q_{a_{ch}}(10\%) = 2.78 \times 10^{-3} \times 75.27 \times 0.95 \times 0.966$$

$$Q_{a_{ch}}(10\%) = 0.192 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{a_{ch}}(2\%) = 2.78 \times 10^{-3} \times 190.56 \times 0.95 \times 0.966$$

$$Q_{a_{ch}}(2\%) = 0.512 \text{ m}^3/\text{s}$$

b-L'accotement :

$$\text{Surface de l'accotement : } A_a = 2.5 \times 1380 \times 10^{-4}$$

$$\mathbf{A_a = 0.235 \text{ HA}}$$

Calcul de temps de concentration :

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A_c}{P_a}} \quad (\text{VENTURA})$$

$$\text{Avec : } P_a = 4\%$$

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.235}{4}}$$

$$\mathbf{t_c = 0.03H}$$

Calcul de l'intensité de pluie :

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

$$I_t(10\%) = 2.054\left(\frac{0.03}{24}\right)^{-0.63} \quad \mathbf{I_t(10\%) = 138.53 \text{ mm/h}}$$

$$I_t(2\%) = 5.20\left(\frac{0.03}{24}\right)^{-0.63} \quad \mathbf{I_t(2\%) = 350.71 \text{ mm/h}}$$

Débit d'apport de l'accotement :

$$Q_{a_a} = K \cdot I_t \cdot C_a \cdot A_a$$

$$Q_{a_a}(10\%) = 2.78 \times 10^{-3} \times 138.53 \times 0.4 \times 0.235$$

$$Q_{a_a}(10\%) = 0.036 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{a_a}(2\%) = 2.78 \times 10^{-3} \times 350.71 \times 0.4 \times 0.235$$

$$Q_{a_a}(2\%) = 0.091 \text{ m}^3/\text{s}$$

C- Talus:

$$\text{Surface du talus: } A_t = 10 \times 1380 \times 10^{-4}$$

$$A_t = 1.38 \text{ HA}$$

Calcul de temps de concentration :

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A_c}{P_t}} \quad (\text{VENTURA})$$

$$\text{Avec : } P_t = 66\%$$

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{1.38}{66}}$$

$$t_c = 0.02 \text{ H}$$

Calcul de l'intensité de pluie :

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

$$I_t(10\%) = 2.054 \left(\frac{0.02}{24} \right)^{-0.63} \quad I_t(10\%) = 178.85 \text{ mm/h}$$

$$I_t(2\%) = 5.20 \left(\frac{0.02}{24} \right)^{-0.63} \quad I_t(2\%) = 452.78 \text{ mm/h}$$

Débit d'apport du talus :

$$Q_{a_a} = K \cdot I_t \cdot C_t \cdot A_t$$

$$Q_{a_t}(10\%) = 2.78 \times 10^{-3} \times 178.85 \times 0.3 \times 1.38$$

$$Q_{a_t}(10\%) = 0.2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{a_t}(2\%) = 2.78 \times 10^{-3} \times 452.78 \times 0.3 \times 1.38$$

$$Q_{a_t}(2\%) = 0.52 \text{ m}^3/\text{s}$$

Conclusion:

$$Q_a = Q_{a_{ch}} + Q_{a_{acc}} + Q_{a_t}$$

$$Q_a(10\%) = 0.428 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_a(02\%) = 1.123 \text{ m}^3/\text{h}$$

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Bassin versants	type	Surface A (HA)	Tc (h)	It (mm/h)		C	Qi (m ³ /h)		Qa=∑Qi (m ³ /h)	
				10%	2%		10%	2%	10%	2%
BV1	chaussée	0.511	0.057	92.45	234.06	0.95	0.125	0.316	0.298	0.754
	accotement	0.182	0.027	148.04	374.78	0.4	0.030	0.076		
	talus	0.730	0.013	234.61	593.95	0.3	0.143	0.362		
BV2	Chaussée	0.966	0.079	75.27	190.56	0.95	0.192	0.512	0.428	1.123
	accotement	0.235	0.030	138.53	350.71	0.4	0.036	0.091		
	Talus	1.38	0.020	178.85	452.78	0.3	0.20	0.52		
BV3	Chaussée	0.469	0.055	94.56	239.39	0.95	0.117	0.296	0.276	0.656
	accotement	0.167	0.026	151.60	383.80	0.4	0.028	0.071		
	talus	0.670	0.013	234.61	517.10	0.3	0.131	0.289		
BV4	Chaussée	0.308	0.04	115.57	292.57	0.95	0.094	0.238	0.217	0.550
	accotement	0.110	0.02	178.85	452.78	0.4	0.022	0.055		
	talus	0.440	0.01	276.78	700.71	0.3	0.217	0.257		
BV5	Chaussée	0.345	0.047	104.40	264.31	0.95	0.095	0.241	0.217	0.548
	accotement	0.115	0.021	173.43	439.07	0.4	0.022	0.056		
	talus	0.460	0.011	260.65	659.87	0.3	0.100	0.251		
BV6	Chaussée	0.203	0.036	123.50	312.65	0.95	0.066	0.168	0.159	0.403
	accotement	0.072	0.017	198.13	501.59	0.4	0.016	0.040		
	talus	0.290	0.008	318.56	806.47	0.3	0.077	0.195		
BV7	Chaussée	0.161	0.032	133.01	336.74	0.95	0.056	0.143	0.135	0.345
	accotement	0.057	0.015	214.38	542.75	0.4	0.013	0.034		
	talus	0.230	0.007	346.51	877.25	0.3	0.066	0.168		
BV8	Chaussée	0.476	0.055	94.56	239.39	0.95	0.119	0.301	0.281	0.710
	accotement	0.170	0.026	151.60	383.80	0.4	0.029	0.072		
	talus	0.068	0.013	234.61	563.95	0.3	0.133	0.337		

*Tableau .6 : Débits d'apport des bassins versants.***E- Dimensionnement des ouvrages hydraulique :**

On a réalisé deux types d'ouvrages pour notre chaussée, à fin d'assurer un drainage judicieux sur tout le long de l'itinéraire.

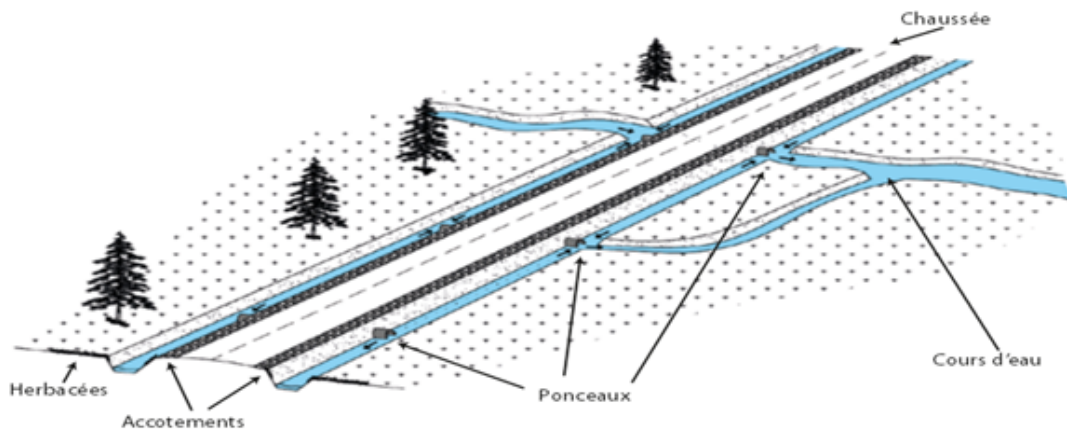
Les deux types sont représentés comme les suivants :

- ✓ Des buses qui ont pour but d'assurer l'écoulement sous terrain des eaux lorsque leur volume est faible.
- ✓ Pour le volume important on construit alors des dalots.

On vérifie que le dimensionnement et le calage des ouvrages choisis fournissent des conditions d'écoulement acceptables.

E-1- dimensionnement des fossés :

Le fossé est une structure linéaire creusée pour drainer, collecter ou faire circuler des eaux de ruissellement. Il permet notamment de drainer la structure de la piste. Un fossé bien entretenu contribue ainsi à la pérennité de la piste cyclable.

*Figure. 4 : Schématisation des faussés.*

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

$$Q_a \leq Q_s = K_{st} \times I^{1/2} \times S_m \times R_h^{2/3}$$

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

K_{st} : Coefficient de Manning Strickler.

I : Pente de pose de l'ouvrage.

S : Section mouillée (m²).

R_h : Rayon hydraulique mo

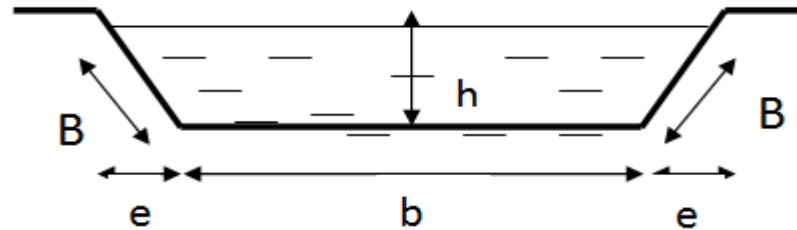


Figure. 5: Paramètres géométrique d'un fossé.

On dimensionne les fossés par rapport au débit le plus important en considérant une période de retour de 10ans.

Pour notre calcul on fixe les paramètres suivants :

- h= 0.3m
- b=0.6m
- n=1.5
- La pente de pose de l'ouvrage I= 4%
- Kst=70

Verification:

$$Q_s = 70 \times 0,03^{1/2} \times 0,3(1,5 \times 0,4 + 0,60) \times \left[\frac{0,3(1,5 \times 0,3 + 0,6)}{0,6 + 2 \times 0,3(\sqrt{1 + 1,5^2})} \right]^{2/3}$$

Q_s = 0.590 m³/s.

Q_s > aux débits de calculs donc les dimensions sont adoptés.

Pk début	Pk fin	Coté du Fossé
5+300	5+560	G D
5+560	5+850	G
5+850	6+100	G D

6+100	6+450	G
7+950	8+250	G
8+300	8+400	G D
8+400	8+600	G
9+230	9+500	G D

Tableau .7 : localisation des fossés.

E-2- Dimensionnement des buses :

On dimensionne les buses par rapport au débit : $Q_a = Q_{\text{chaussée}} + Q_{\text{accotement}} + Q_{\text{talus}} + Q_{\text{BV}}$.

En considérant une période de retour de 10 ans.

Bassin versant	PK	Débit Q_a t=10ans (m ³ /s)	Ouvrage à prévoir
BV1	PK 5+200	1.018	Buse
BV4	PK 7+980	1.377	Buse
BV5	PK 8+540	0.607	Buse
BV6	PK 9+035	1.669	Buse
BV8	PK 9+490	1.721	Buse

Tableau .8 : localisation des buses.

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

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

$$Q_s = Q_a \quad \Rightarrow$$

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

Kst = 80 (pour les buses).

I : la pente de pose qui vérifie la condition de limitation de la vitesse maximale d'écoulement 4 m/s pour notre cas on a : **j= 2.5%**.

Pour BV 1 :

$$R^{\frac{8}{3}} = \frac{Qa \times 2^{\frac{5}{3}}}{Ks \times \frac{1}{2} \times \pi \times l^{\frac{1}{2}}} = \frac{1.018 \times 2^{\frac{5}{3}}}{80 \times \frac{1}{2} \times 3.14 \times 0.025^{\frac{1}{2}}}$$

R=0.615m .Alors on aura : **D=2R= 1.23 m**

On proposé un diamètre commercialisé de **Φ 1500**.

Bassin versant	Dimensions	Localisation
BV 01	Φ 1500 mm	PK 5+220
BV 04	Φ 1500 mm	PK 7+980
BV 05	Φ 1000 mm	PK 8+540
BV 06	2x Φ 1000 mm	PK 9+035
BV 08	2x Φ 1000 mm	PK 9+490

Tableau .9 : Dimensions des buses.

E-3- Dimensionnement des dalots :

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

La section d'un dalot est calculée comme pour le fossé, seulement on change la hauteur de remplissage et la hauteur du dalot.

Bassin versant	PK	Débit Qa t=50ans (m ³ /s)	Ouvrage à prévoir
BV2	PK 6+650	7.233	dalot
BV3	PK 7+570	5.086	dalot
BV7	PK 9+170	7.375	dalot

Tableau .10 : localisation des dalots.

$$Qa = Qs = K.I.C.A = Kst.I^{1/2}.Sm.Rh^{2/3}$$

Avec:

Qa: le débit de crue pour une période de retour de **50ans** en m³/h.

Qs : le débit de saturation du dalot

Sm : surface mouillée : **Sm = 0,8 H x B.**

Pm : périmètre mouillé : **Pm =1,6H + B.**

Rh : rayon hydraulique $Rh = \frac{Sm}{Pm}$.

Kst = 70 (pour les dalots).

I = 2.5%.

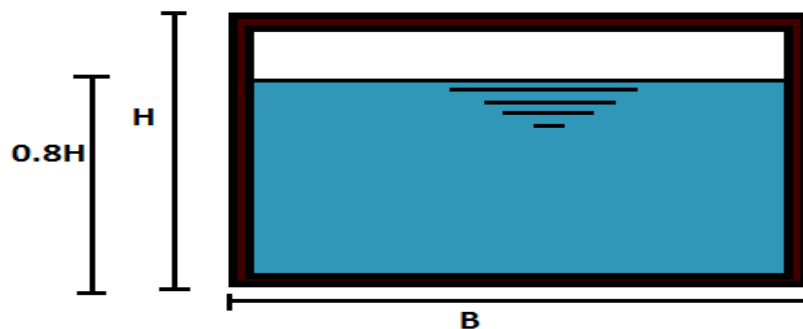


Figure.6: Paramètres géométrique d'un dalot.

$$Q_s = 70 \times \left(\frac{0.8 \times B \times H}{1.6 \times H + B} \right)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{I} \times 0.8 \times B \times H$$

On fixe : **B = 1.5m** et pour **H=1.5 m**.

$$Q_s = 70 \times \left(\frac{0.8 \times 1.5 \times 1.5}{1.6 \times 1.5 + 1.5} \right)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0.025} \times 0.8 \times 1.5 \times 1.5 = 11.90 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_s > Q_a \text{ (BV2)} = 7.233 \text{ m}^3/\text{s}$$

On va adopter des dalots de dimension : **HxB =1.5m x 1.5 m**

13	Type d'ouvrage	Dimensions	Localisation
BV 02	Dalot	1.5m x 1.5 m	PK 6+650
BV 03	Dalot	1.5m x 1 m	PK 7+570
BV 07	Dalot	1.5m x 1.5 m	PK 9+170

Tableau .11 : Dimensions des buses.

CONCLUSION:

Type d'ouvrage	Dimensions	Localisation
----------------	------------	--------------

Buse	Φ 1500 mm	PK 5+220
Dalot	1.5m x 1.5 m	PK 6+650
Dalot	1.5m x 1 m	PK 7+570
Buse	Φ 1500 mm	PK 7+980
Buse	Φ 1000 mm	PK 8+540
Buse	2x Φ 1000 mm	PK 9+035
Dalot	1.5m x 1.5 m	PK 9+170
Buse	2x Φ 1000 mm	PK 9+490

Tableau .11 : Dimensions types ouvrages et localisation des ouvrages.

CONCEPTION DE L'ÉCHANGEUR

I-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 d'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.

II-DEFINITION ET ROLE D'UN ECHANGEUR :

L'échangeur est un ouvrage à croisement étagé « niveaux différents » ou un carrefour dénivelé entre deux routes, avec raccordement de circulation entre les voies qui se croisent. 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.

III-LES DIFFERENTS TYPES D'ECHANGEURS :

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

L'échangeur majeur permet le raccordement entre une autoroute et une autre autoroute sans qu'il y ait de cisaillement, on distingue : **Trèfle complet et Bifurcation en (Y)**.

- ✓ **Echangeur mineur** : raccordement autoroute - route.

Il est utilisé pour les raccordements d'une autoroute « route principale » et une route

ordinaire « route secondaire », le raccordement se fait en **Demi-trèfle** qui comporte deux boucles et deux diagonales, c'est un carrefour à niveau sur la route secondaire. On distingue ; Trempette ou en T, Losange et Demi-trèfle

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.

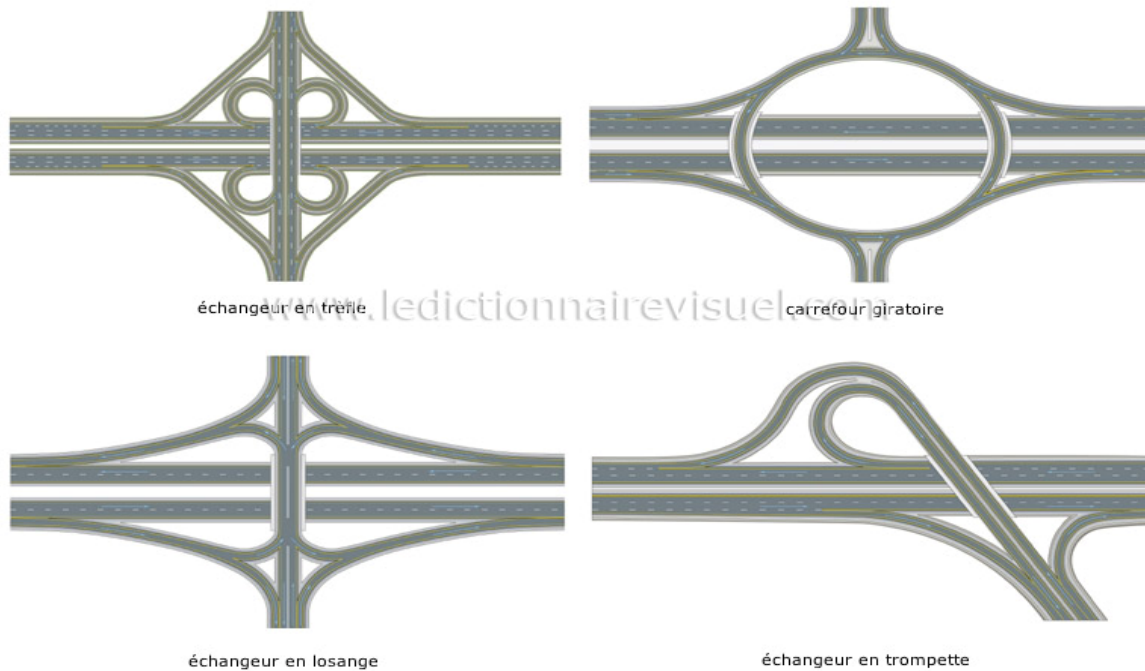


Figure.1 : Types d'échangeurs

IV-ANALYSE ET CHOIX DE L'ECHANGEUR :

Le tracé de notre projet intercepte une Route National RN73 au PK 5+300, un rétablissement de communication s'avère indispensable, afin d'assurer tous les échanges entre ces deux routes.

a) ANALYSE :

- ✓ La route à raccorder avec notre projet est d'un trafic moyen. La RN73 génère un TMJA= 2649v/j et rappelons que le TJMA du dédoublement est de 10000 v/j.

Donc, on aura à faire avec un raccordement entre une route national (RN73) et une route principale qui est le dédoublement.

- ✓ Les profils en travers des deux routes sont :
 - Le RN73 a un profil d'une voie bidirectionnelle de 7m.
 - Le dédoublement a un profil de 2x2 voies de 3,5 m avec un TPC de 3 m.

- ✓ Le croisement se fait avec quatre branches et le trafic doit être distribué dans huit directions.
- ✓ Les vitesses pratiquées sont respectivement 80 Km/h, 60 Km/h pour le dédoublement et la RN73.

❖ **CONCLUSION :**

Tous ces constats cités ci-dessus nous ont conduit pour un choix plus sécurisé et confortable qui est un échangeur en trèfle qui va permettre :

- ✓ De fluidifier la circulation sur la route principale.
- ✓ D'éviter les points de conflit et d'arrêt

Échangeur en trèfle :

Échangeur à quatre branches dans lequel des boucles intérieures sont aménagées pour tourner vers la gauche et des liaisons directes pour tourner vers la droite.

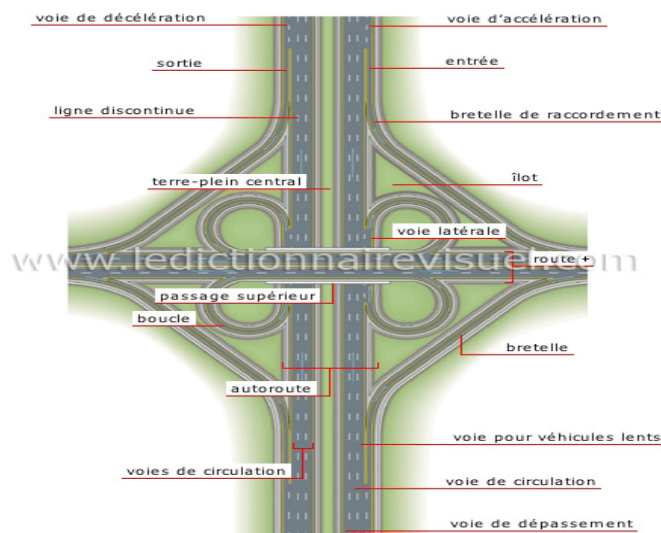


Figure.2 : échangeur en trèfle

Voie de dépassement : Voie de circulation la plus à gauche, qui permet aux véhicules les plus rapides de doubler les autres.

Voie de circulation : Partie de la chaussée délimitée par des lignes, dont la largeur est adaptée à la circulation d'une file de véhicules.

Voie pour véhicules lents : Voie de circulation la plus à droite, que doivent emprunter les véhicules les plus lents.

Autoroute : Large route à deux chaussées unidirectionnelles séparées, réservée à la circulation rapide, sans aucun croisement.

Passage supérieur : Ouvrage qui permet de surélever une route, afin de la faire passer au-dessus d'une autre route ou d'un obstacle.

Boucle : Large virage circulaire qui permet de changer de direction en passant d'une route à l'autre.

Bretelle : Voie de raccordement entre deux routes qui permet le changement de direction vers la droite.

Route : Voie de communication reliant deux points géographiques éloignés l'un de l'autre, généralement des agglomérations.

Terre-plein central : Bande de terrain séparant deux chaussées à sens opposés.

Ligne discontinue : Ligne qui délimite les deux voies de la chaussée et qui autorise le dépassement.

Voie de décélération : Voie de longueur limitée permettant aux véhicules qui sortent de l'autoroute de réduire leur vitesse après avoir quitté la voie de circulation.

Voie latérale : Voie de longueur limitée, qui draine à la fois les véhicules désirant s'insérer dans la voie principale et les véhicules désirant la quitter.

Îlot : Terrain entretenu entre les diverses voies d'un échangeur.

Voie d'accélération : Voie de longueur limitée permettant aux véhicules qui entrent sur l'autoroute d'augmenter leur vitesse pour intégrer sans danger la voie de circulation.

b) CONCEPTION DE L'ECHANGEUR :

1) PARAMETRES PRINCIPAUX :

➤ Vitesse sur les bretelles :

D'après le B40 : pour les vitesses suivantes :

- ✓ la vitesse sur la RN71 est de $V_r = 60 \text{ Km/h}$.
- ✓ la vitesse sur le dédoublement est de $V_r = 80 \text{ Km/h}$.

On aura la vitesse sur les Bretelles (V_b) égale à **40Km/h**.

- **Distance d'arrêt (D_a)** : c'est la distance de perception/réaction + la distance de freinage.

$$D_a = 2V + V^2 / 2g (\gamma(v) + p)$$

Avec : - V en m/s $\rightarrow V(\text{m/s}) = v(\text{km/h}) / 3,6$

- $\gamma(v)$: décélération moyenne exprimée en fraction de g ; elle dépend de V et est égale à la valeur base au fuseau national des CFL (10ième centile des mesures tout revêtement confondu).

- p : la déclivité, en valeur algébrique.

Pour les rayons $R < 5V$, (V en Km/h et R rayon de la courbe en m) : la distance de freinage est majorée de 25%.

- **Distance de manœuvre de sortie (D_{ms})** : qui permet de définir également les changements de files en section courante.

$$D_{ms} = 6.V \text{ (V en m/s)}$$

- **Distance de visibilité sur marquage (D_{vm})** :

$$D_{vm} = 3.V \text{ (V en m/s)}$$

- **Distance de lecture (L_c)** : définissant la distance minimale permettant à l'usager de lire les informations sur les panneaux de signalisation ($L_c = 5V$ avec V en m/s).

Vitesse (km/h)	40
Vitesse (m/s)	11.11
Décélération moyenne γ (v)	0.46
Distance d'arrêt en palier d_a	37.5
Distance d'arrêt en courbe pour $R < 5V$	41
Distance de manœuvre en sortie d_{ms} (et changement de file)	66.66
Distance de visibilité sur marquage d_{vm} (m)	33.33
Distance de lecture l_c (m)	55.55

Tableau.1 : paramètres principaux

2) TRACE EN PLAN DES RAMPES (BRETelles, BOUCLES) :

Le tracé des rampes dépend toujours du tracé de la route à laquelle se raccordent, chaque rampe doit présenter une entrée et une sortie, et pour cela il faut bien déterminer leurs distances et prévoir des voies d'accélération ou de décélération.

❖ Selon le B40 :

a) VOIE DE DECELERATION-ACCELERATION :

✓ Voies d'insertion (d'accélération) :

Les voies d'insertion sont de type parallèle et comportent une voie d'accélération parallèle à la route principale et un biseau de raccordement.

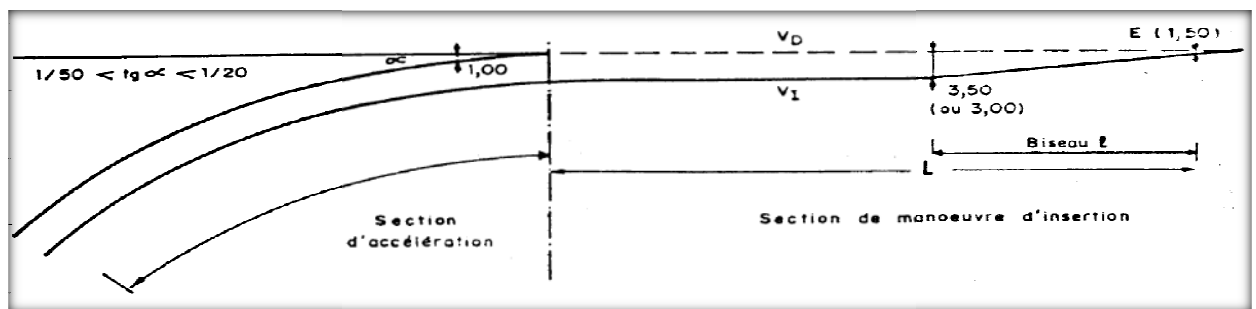


Figure.2 : voie d'accélération

✓ Longueur de la voie d'insertion :

Pour une vitesse de 80 Km/h, le règlement préconise une longueur d'insertion de 180 m dont un biseau de 50 m.

✓ Voies de décélération :

La décélération des véhicules quittant la route principale se fait à l'aide des couloirs de décélération de type parallèle.

➤ Voies de décélération de type parallèle :

La voie de décélération de type parallèle comprend un sifflet de raccordement et une voie parallèle à la route principale, sa longueur est en fonction de la vitesse d'approche à vide

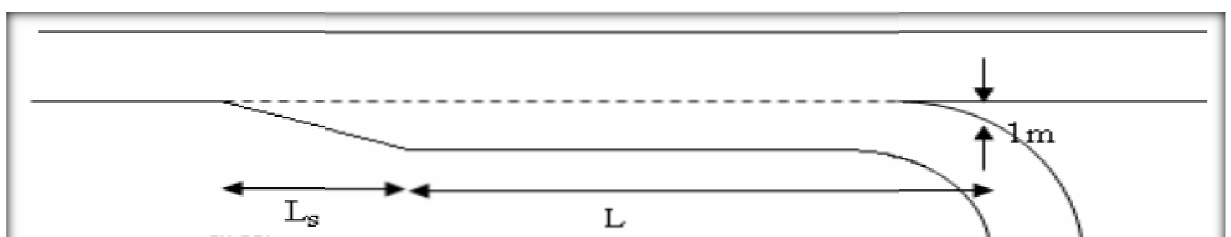


Figure.3 : voie de décélération**✓ Longueur de la voie de décélération de type parallèle :**

Pour une vitesse de 80 Km/h le règlement exige une longueur de 115 m avec un sifflet de 50m.

b) VALEURS LIMITES DES RAYONS DU TRACE EN PLAN:

Les normes (B40) sont résumées dans le tableau suivant :

PARAMETRES	VALEUR
V_B	40 Km/h
Rayon min. absolu RHm (7%)	40 m
Rayon min. normal RHn (5%)	125m
Rayon au dévers min RHd (2,5%)	250m
Rayon non déversé RHnd (-2,5%)	350m

Tableau.2 : paramètres trace en plan

✓ Le rayon utilisé pour les boucles est de **45 m**.

c) PROFIL EN LONG D'UNE BRETTELLE :

Les valeurs limites des paramètres du profil en long sont les suivantes :

VITESSE DE REFERENCE (Km/h)		40
Rayon en angle saillant (Rv1)	Minimal absolu Rvm1	500
	Minimal normal Rvn1	1500
Rayon en angle rentrant (Rv2)	Minimal absolu Rvm2	700

	Minimal normal Rvn2	1500
Déclivité maximale I_{max} (%)		7

Tableau.3 : paramètres du profil en long

V- CHOIX DE L'ECHANGEUR :

La connaissance des différents types d'échangeurs existants, de leurs propriétés «avantages, inconvénient... » Et la limite de leur utilisation, permet de choisir la configuration la plus adoptée au cas qui se présente.

Donc le choix du type de l'échangeur devient automatique après la détermination de certains paramètres bien spécifiques au site d'implantation et aux objectifs à atteindre. et pour ce but on suit le chemin suivant :

Etape 1 : détermination du tracé à partir de :

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

Etape 2 : configuration de tracé à adopter :

L'échangeur à adopté doit aussi assurer un haut niveau de sécurité et de service, et ceci est garanti en respectant les normes de l'art de la conception qui se résume :

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

Etape 3 : analyse :

C'est cette dernière étape qui valide le choix sous la base que le futur échangeur doit assurer les meilleures conditions de visibilité, de confort et de sécurité.

VI-APPLICATION AU PROJET :

Notre projet verra l'implantation d'un échangeur au **PK5+300**, ce dernier relira la liaison **RN12/RN24** à la route nationale 71.

Calcul du trafic sur les bretelles :

L'essentiel dans les rampes est de connaître le pourcentage du poids lourd. Donc on prend un pourcentage égal à 10% du poids lourd circulé dans l'autoroute. Le trafic sur la rampe la plus sollicitée est :

$$\text{TJMA}(2017) = 0,1 \times 11698 = \mathbf{1265V/j.}$$

$$\text{TJMA}(2037) = (1+\tau)^n \text{TJMA}_{2017} = (1+0,04)^{20} \times 1169 = \mathbf{2563V/j.}$$

$$\text{Teff}(2037) = [(1-Z) + pz] \text{TJMA}_{(2037)} = [(1-0,1) + (4 \times 0,1)] \times 2563 = \mathbf{3332 UVP/j.}$$

$$Q_{2037} = 0,12 \times \text{Teff}_{(2037)} = 0,12 \times 3332 = \mathbf{400 UVP/h.}$$

$$Q_{adm} = K1 \cdot K2 \times C_{th} = 0,85 \times 0,99 \times 1500 = \mathbf{1262 UVP/h.}$$

Nombre de voies :

$$N = (S \cdot Q) / Q_{adm} = (2/3 \times 400) / 1262 = \mathbf{0.21 \text{ voies}}$$

Donc le profil de la bretelle **est 1 voie**. Pour les autres rampes (bretelles) on a le même profil en travers « **1 voie** ».

➤ **Terrain :**

- ✓ Terrain moyennement vallonné.
- ✓ Le terrain devant recevoir le futur échangeur implique l'introduction de procédure d'expropriation.
- ✓ Des files électriques, ce qui implique le déplacement du réseau électrique.
- ✓ Des habitations, ce qui signifie la démolition et l'indemnisation des propriétaires.

➤ **Types de routes à raccorder :**

L'échangeur à concevoir doit assurer un raccordement entre La RN 71 (2x1 voies) et le dédoublement RN73 (2x2 voie)

Donc notre échangeur est de type : **Echangeur majeur**.

➤ **choix de l'échangeur :**

Notre échangeur doit raccorder une route nationale à une autoroute d'où le choix de l'échangeur en **trèfle complet**.

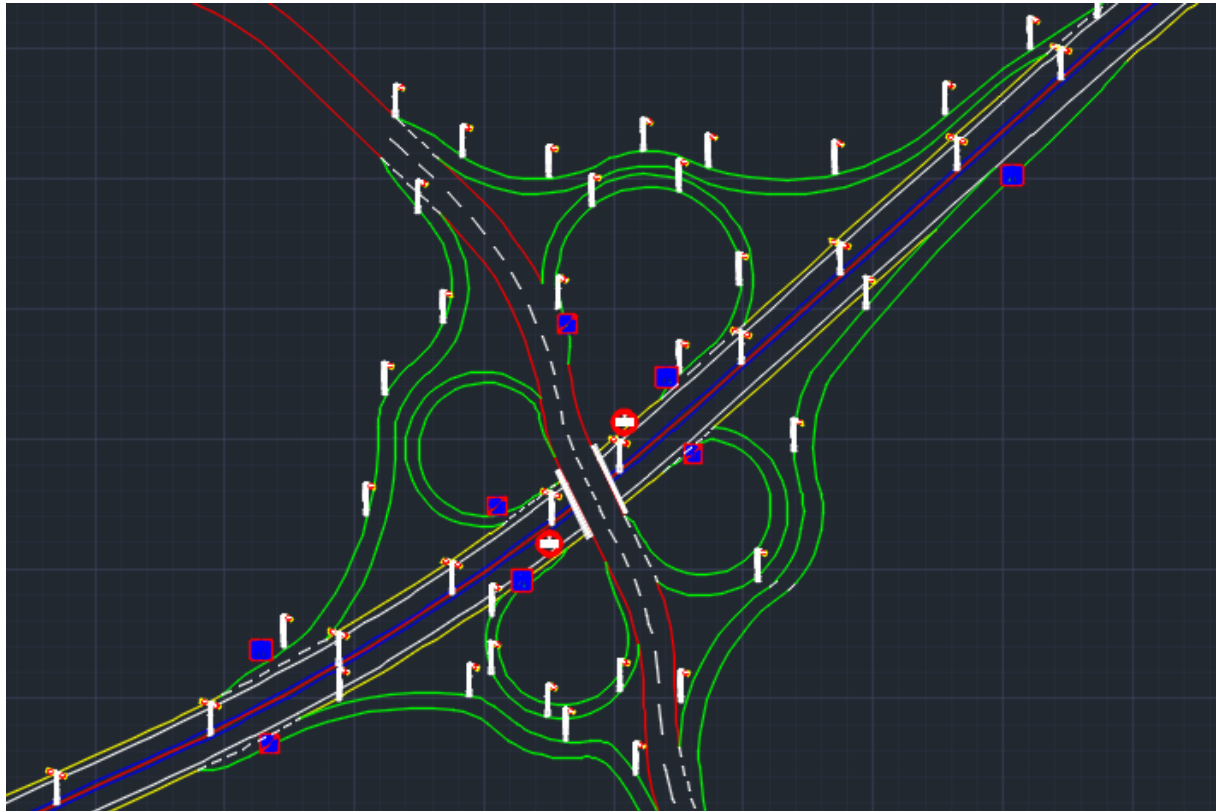


Figure.4 : plan de l'échangeur

EQUIPEMENT DE LA ROUTE

A- Sécurité

I-INTRODUCTION :

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

La signalisation routière désigne l'ensemble des signaux conventionnels implantés sur le domaine routier, soit en informant les usagers des dangers et des prescriptions relatifs à la circulation ainsi que des éléments utiles à la prise de décisions, soit en leur indiquant les repères et équipements utiles à leurs déplacements.

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-1- 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 60Km/ 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.

III-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.

Le même type de glissière sera disposé à droite de chaque voie à la limite de la bande d'arrêt d'urgence pour délimiter la chaussée roulable et protéger les usagers de la route des risques éventuels de sortie.

Les caractéristiques géométriques des glissières sont illustrées dans les figures suivantes

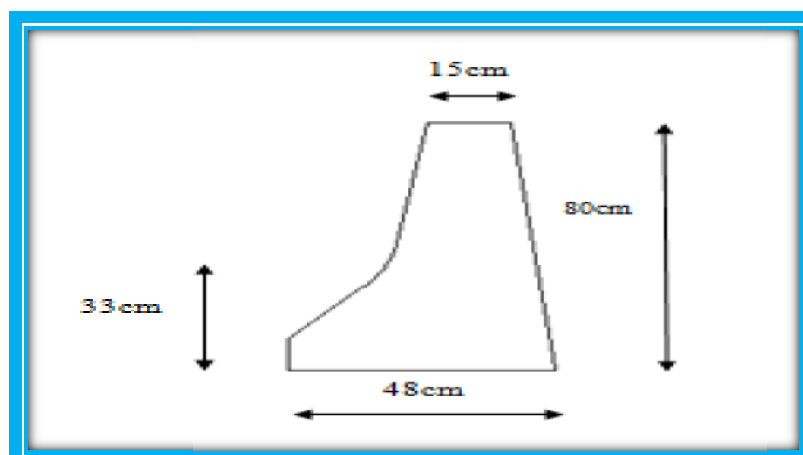


Figure.1 : Caractéristiques géométriques d'une glissière simple en béton.

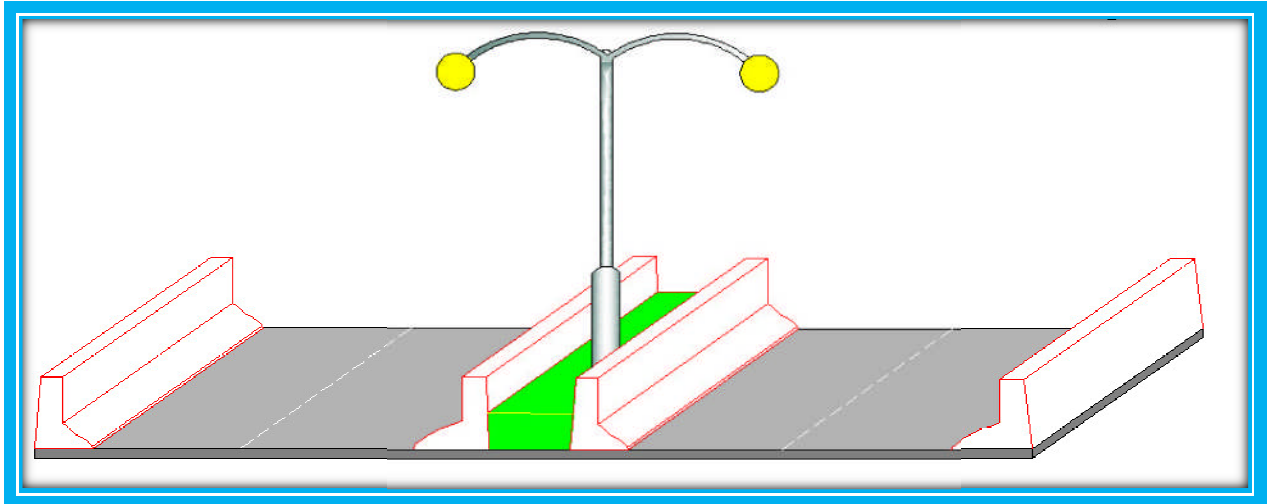


Figure.2: Séparateurs projetés sur la route

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 usagers.

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

II-L'OBJECTIF DE LA SIGNALISATION ROUTIERE :

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- CATEGORIES 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- REGLES A 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:

1) Signaux de danger :

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

2) Signaux comportant une prescription absolue:

Panneaux de forme circulaire, on trouve:

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

3) Signaux à simple indication:

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

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

4) 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 :

1) 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 différent par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.

- ✓ lignes axiales ou lignes de délimitation de voie pour lesquelles la longueur des traits est environ égale au tiers de leurs 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 largeur des traits est le triple de celle de leur intervalle.

- **Modulation des lignes discontinues :**

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

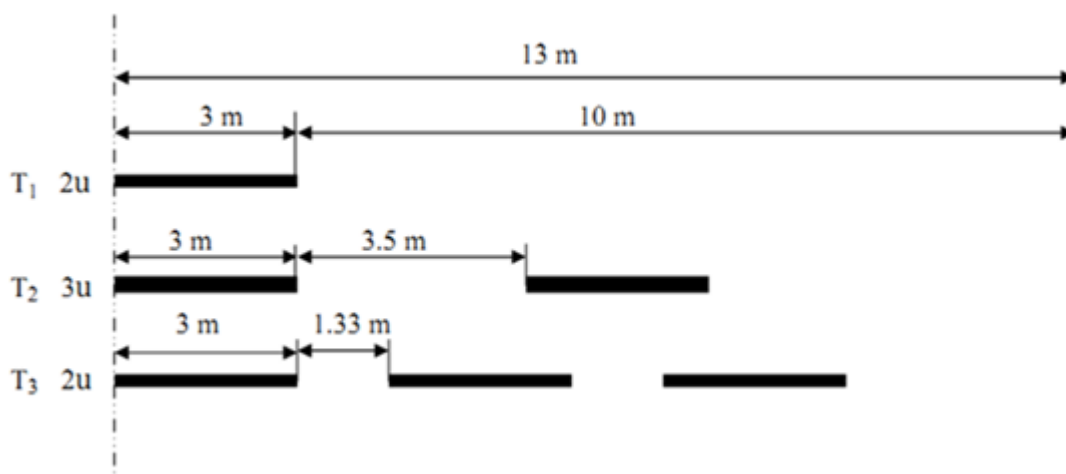


Figure.3: Types de modulation.

Rapport Plein/Vide	Intervalle entre deux traits successifs (m)	Longueur du trait (m)	Type de modulation
≈ 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 .1 : Caractéristiques des lignes discontinues.

2) Marquage transversal :

- **Lignes transversales continue:**

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

- **Lignes transversales discontinues:**

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

3) 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.

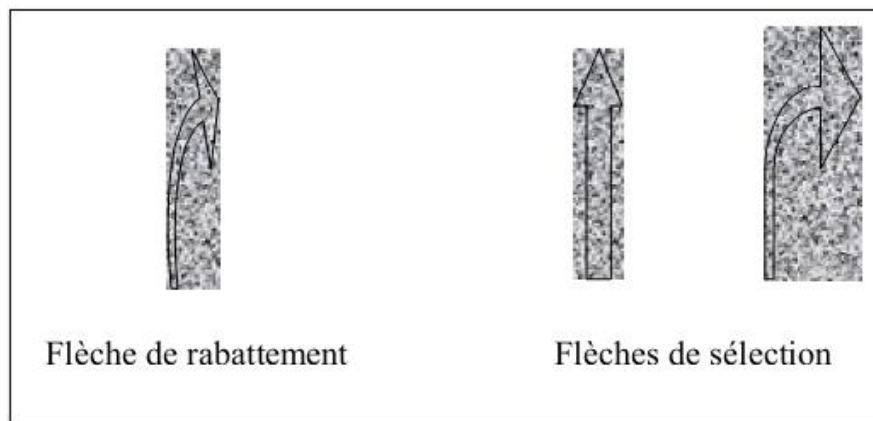


Figure.4 : Flèche de signalisation.

VI- CARACTERISTIQUES GENERAUX DES MARQUE:

- 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 : fig5, 6, 7,8 et 9

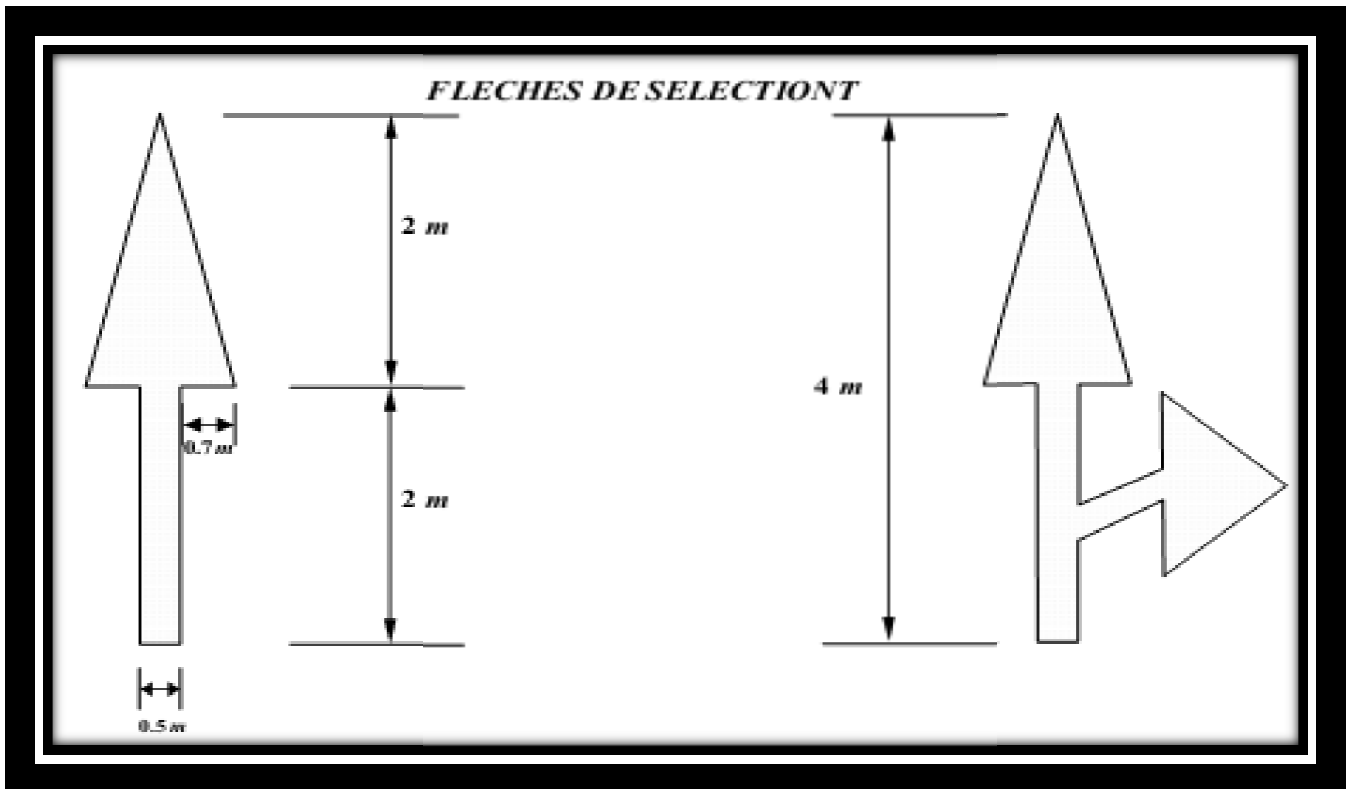


Figure.5 : les flèches de sélections

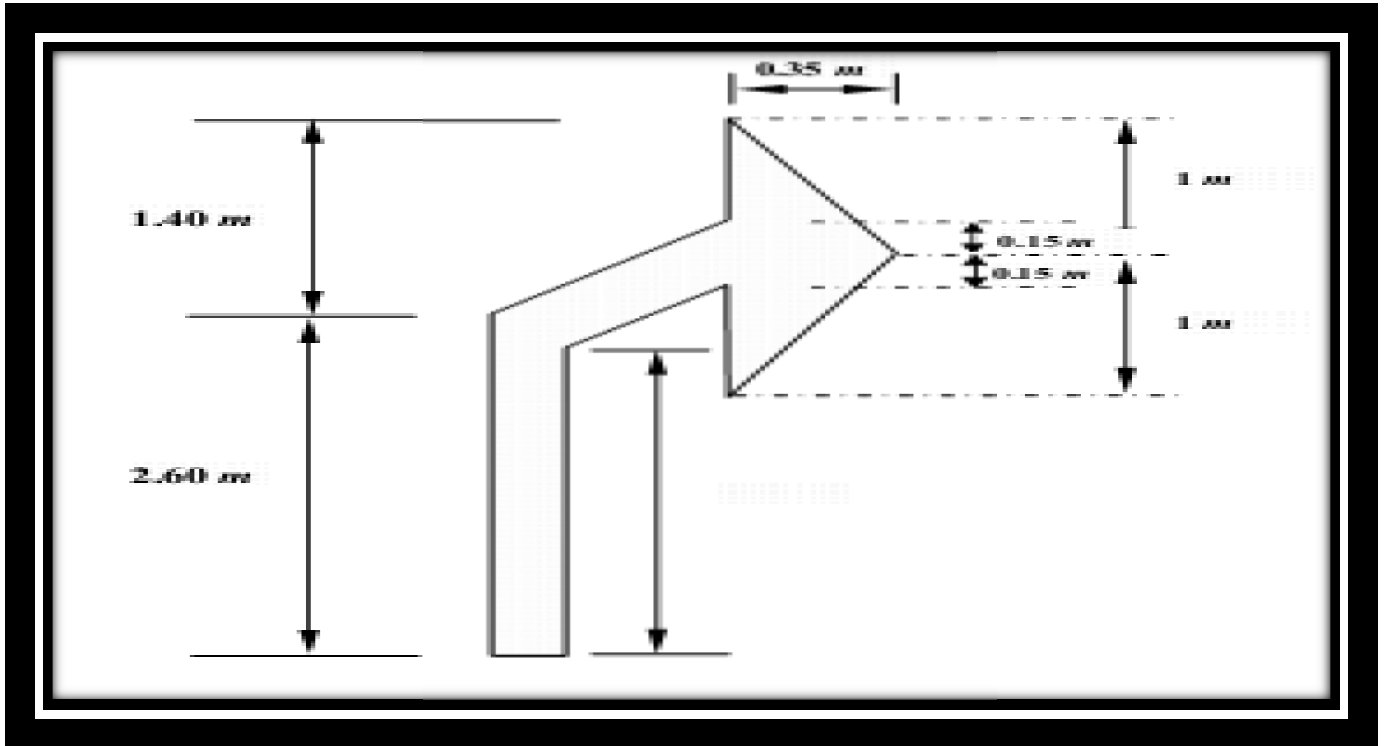


Figure.6 : flèches de rabattements

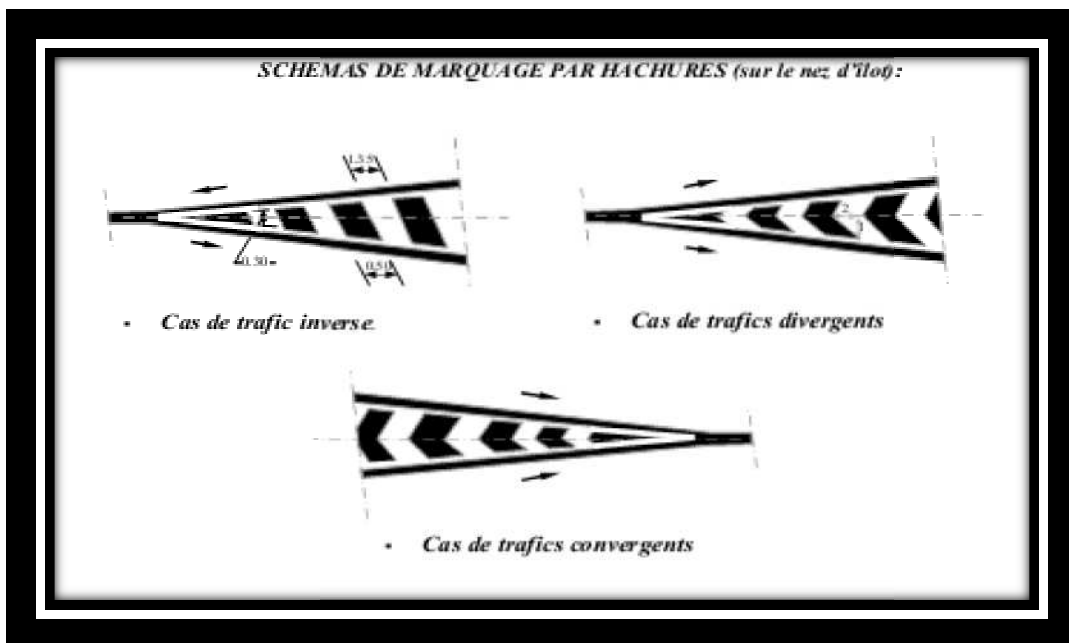


Figure.7 : marquage des hachures

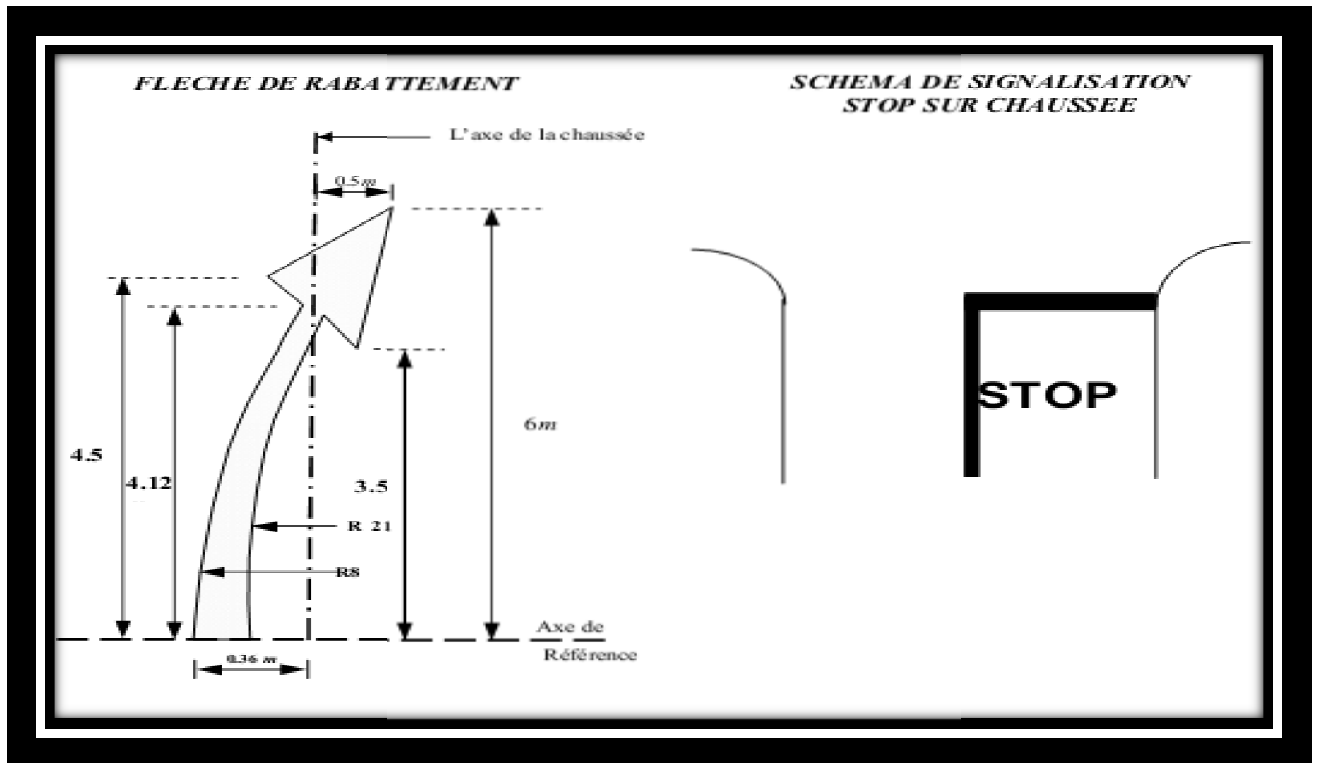


Figure.8 : flèches de rabattement 2^{eme} model

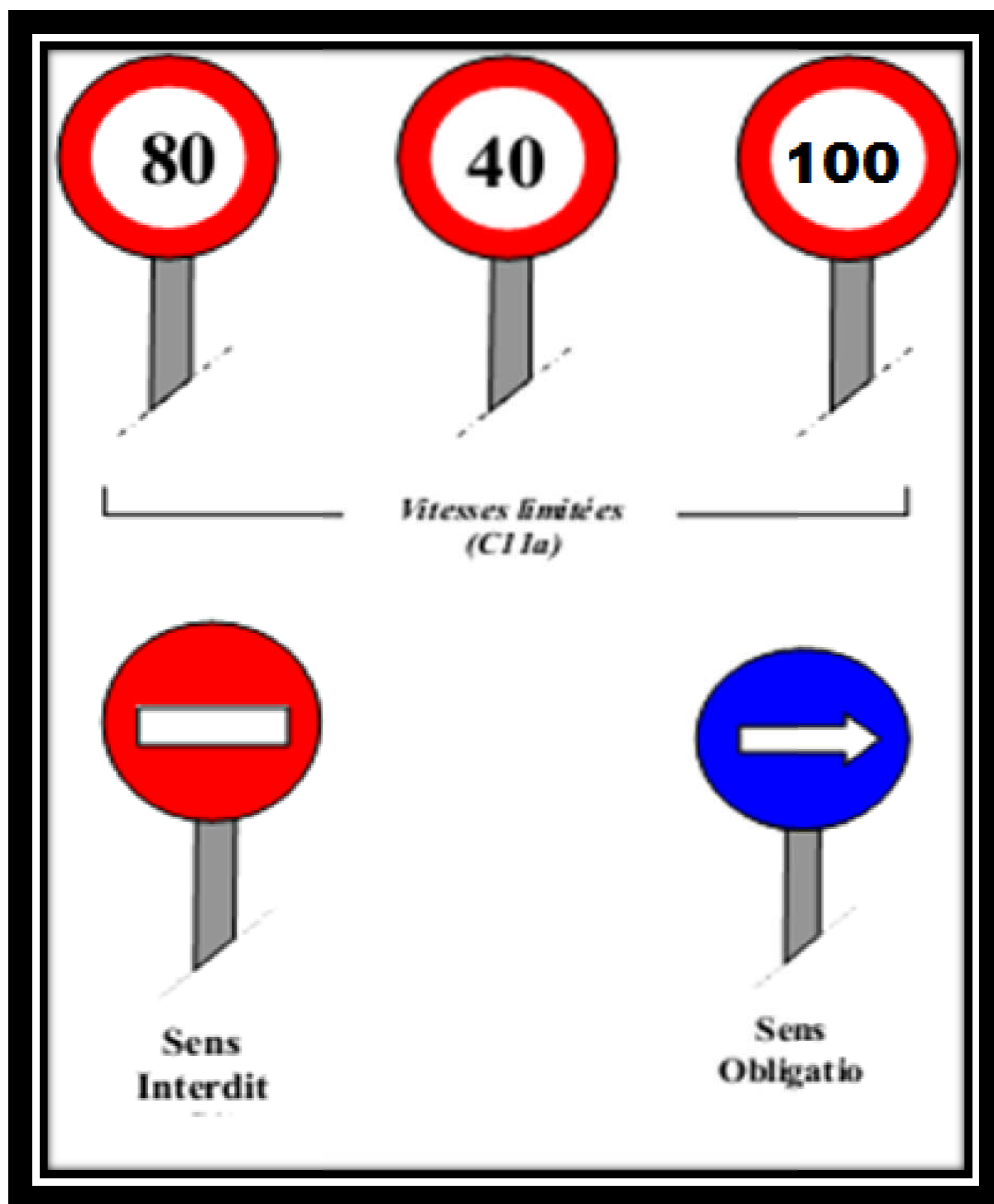


Figure.9 : interdiction et limitation

➤ **Signalisation verticale** : Voir figure.10

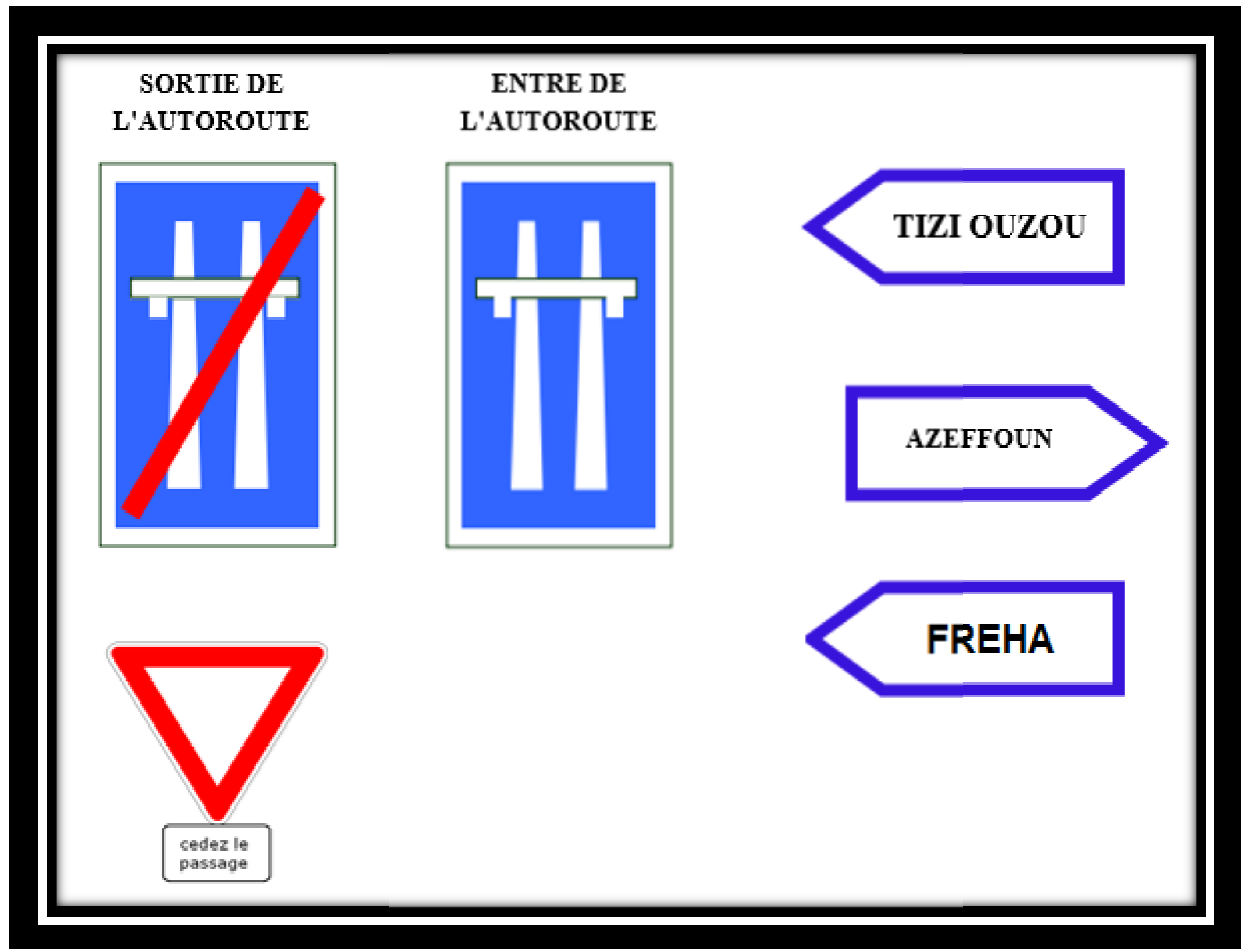


Figure.10 : signalisations verticales

C-Eclairages

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, les marquages et les panneaux.....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- PARAMETRE DE L'IMPLANTATION DES LUMINAIRE:

- **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.

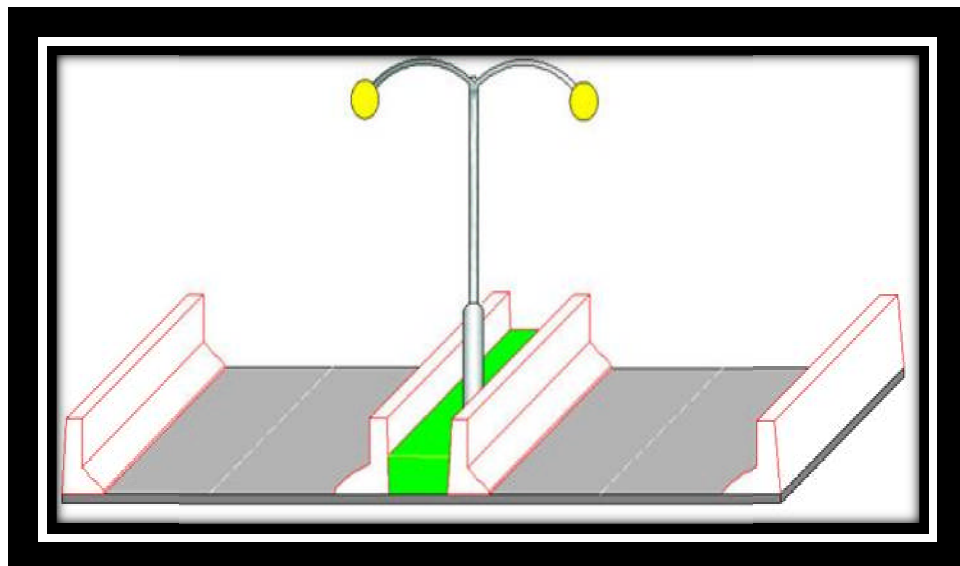
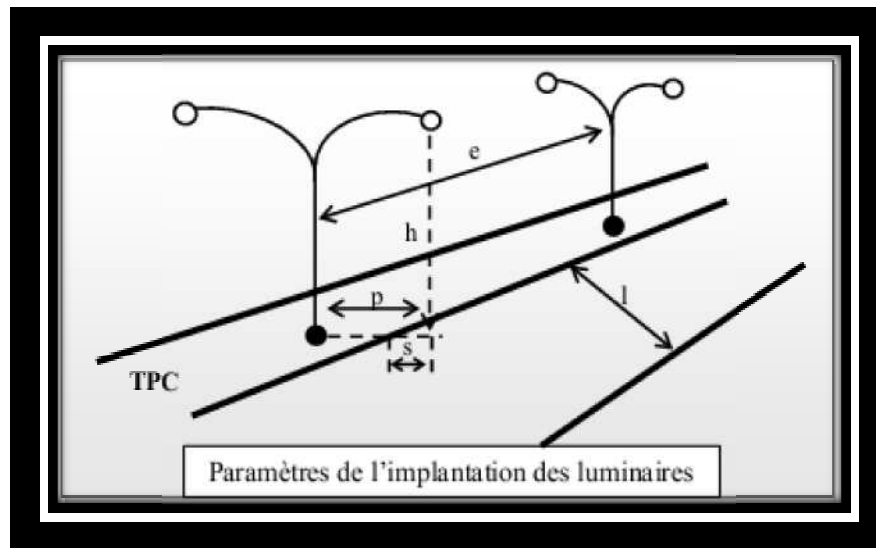


Figure.11 : Paramètres de l'implantation des luminaires

POUR NOTRE 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 à l'ordre de 10m 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.

IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

I-INTRODUCTION :

L'implantation d'un réseau routier est capitale au développement économique et social d'un pays, elle répond à des impératifs socio-économico-politiques, de rapidité et sécurité routière qui constituent des avantages recherchés. Le réseau routier doit tenir compte également de sa densité optimale et de son impact sur l'environnement. Au-delà d'un certain seuil, des dangers prendront le pas sur les avantages acquis et l'investissement consenti pourra être remis en cause.

En dépit de tous les aspects positifs générés par les tracés routiers neufs ces derniers peuvent aussi avoir des impacts négatifs directs ou indirects sur l'environnement dans lequel s'inscrivent. Les répercussions sur l'environnement naturel peuvent comprendre l'érosion des sols, les changements dans les cours d'eau (surfactive) et les eaux souterraines, et les contraintes causées à la flore et la faune.

Les infrastructures routières peuvent entraîner des avantages et des inconvénients à l'équilibre existant.

II-L'UTILITE DE L'ETUDE D'IMPACT DU PROJET :

L'étude d'impact sur l'environnement s'avère nécessaire afin de :

- ✓ Optimiser l'intégration du projet dans le milieu naturel.
- ✓ Identifier et évaluer l'importance des impacts appréhendés du projet sur le milieu physique, biologique et humain et ainsi proposer des solutions.

III-IDENTIFICATION ET DESCRIPTION DES IMPACTS :

L'analyse des effets du projet sur l'environnement est la phase centrale de toute étude d'impact.

L'identification des impacts d'un projet routier est basée sur l'analyse des relations conflictuelles possibles entre le milieu traversé et l'infrastructure à implanter.

Cette analyse permet de mettre en relation les sources d'impact associées aux phases de pré- construction, de construction et d'exploitation de la nouvelle infrastructure et les différentes composantes du milieu susceptibles d'être affectées.

Cette tâche comprendra :

- ✓ L'identification des impacts directs et indirects sur le milieu naturel et le milieu créé afin de définir les mesures de limitation nécessaires;
- ✓ L'évaluation quantitative et/ou qualitative de ces effets afin de définir la gravité des impacts et le niveau de priorité à donner aux mesures correspondantes.

Notre projet (dédoublage de la RN73) engendrera des effets sur l'environnement aussi bien positifs que négatifs.

IV-LES IMPACTS DU PROJET :

Pour réaliser cette étude d'impact, il faut aborder l'ensemble des thématiques directement liées à l'environnement (eau, air, faune, flore), mais aussi sur l'environnement de l'être humain.

V-LES IMPACTS POSITIFS DU PROJET:

Les impacts positifs générés par le projet ne sont remarquable qu'en phase d'exploitation parmi lesquels on peut citer :

- ✓ la fluidité de la circulation (gain de temps);
- ✓ le désenclavement des régions limitrophes.
- ✓ Une réponse aux besoins de confort, et la sécurité des usagers ;
- ✓ Développement économique et sécuritaire de la wilaya de Tizi-Ouzou ce qui attire le tourisme ;
- ✓ Création de poste d'emploi temporaire (pendant la réalisation du projet)
- ✓ Dynamiser l'activité économique régionale en reliant la wilaya de Tizi-Ouzou au littoral RN24 (AZEFFOUNE, TIGZIRT....) avec un temps de parcours ne dépassant pas les 30 à 40mn.
- ✓ Soulager la RN73 principal axe du littoral en offrant un raccourci vers l'intérieur de la wilaya.
- ✓ Permettre un gain de temps pour les usagers de l'actuelle RN73, RN71 et RN24.
- ✓ Favoriser la découverte et la mise en valeur des régions traversées.
- ✓ Désenclavement des régions avoisinantes.
- ✓ Néanmoins nous avons enregistré la présence de quelques anciennes bâtisses et passant à coté de deux petit villages, que nous avons pu éviter en respectant les règlements en vigueur.

VI-LES IMPACTS NEGATIFS DU PROJET:

La plupart des impacts négatifs seront limités à la période d'exécution des travaux pendant les travaux d'excavation, de nivellement de piste, de bitumage, d'exploitation des carrières et des zones d'emprunts, du transport des matériaux de construction, de l'entretien des véhicules.

D'autres impacts négatifs qui pourront se manifester concerneront : l'émanation des poussières, du bruit, des vibrations sonores et des problèmes de sécurité pendant les travaux et à la mise en place des équipements et des matériaux de construction ; le rejet anarchique de produits de purges/curages de travaux d'assainissement.

L'évaluation de ces impacts est basée sur certains facteurs : la durée (permanent, temporaire ou momentané), l'étendu (régional, local ou ponctuel) et l'importance (forte moyen ou faible) durant les périodes de chantier.

Les impacts les plus importants sont définis comme suit :

- ✓ Dégagement des poussières dans l'atmosphère.
- ✓ Déversement de boues dans l'espace urbain.
- ✓ Emission de bruit lors des travaux. Cette nuisance est due à l'usage des engins 24h/24h
- ✓ Coupure très forte de la circulation automobile (embouteillage).

- ✓ L'infrastructure portera une défiguration au paysage naturel malgré les efforts de l'ingénieur à adapter le tracé géométrique à la topographie du site.

a) IMPACT SUR LES RESSOURCES EN EAU :

Les détritiques résultants de l'usure des plaquettes de freins et des pneus, ou encore de fuites d'hydrocarbures aux postes de distribution de carburant risquent de contaminer les eaux de surface et souterraines

b) IMPACT SUR L'AIR :

- ✓ La nouvelle infrastructure générera un trafic important ce qui augmentera la pollution de l'air dans les zones traversées.

- ✓ La pollution résultant du fonctionnement des moteurs à combustion interne, essence ou diesel, est caractérisée par des émissions de polluant gazeux.
- ✓ La circulation routière est la principale source de CO₂.

c) IMPACT SUR LA FAUNE :

L'impact de l'aménagement d'une route sur les animaux doit faire partie des données essentielles prises en compte lors de la conception de son tracé pour atténuer la coupure biologique et pour protéger la faune des risques de collision, sachant que le transport routier génère la pollution, le bruit et la lumière artificielle ce qui affectent la vie animale par :

- ✓ réduction des populations d'oiseaux vivants dans les abords routiers.
- ✓ génération des perturbations comportementales.
- ✓ provoquer des collisions des animaux, favorisés par la lumière des phares.

d) IMPACT SUR LA FLORE :

Ces zones naturelles, en outre leurs contributions à l'absorption du gaz carbonique contenu dans l'air, leur production végétale est le premier élément de la chaîne alimentaire des insectes et des oiseaux.

Notre projet risque d'atténuer le rôle de la zone dans ce concept et ce par :

- ✓ Les terrassements du sol conduit à un déséquilibre dans l'aération des racines et empêche ainsi leurs développement
- ✓ Diminution du couvert végétal dans les deux forêts (BAHLALOU et TAMGOUT).

Enfin, la connaissance de la flore locale s'avère indispensable dans l'orientation du choix des espèces à planter sur les talus.

e) IMPACT SUR L'AGRICULTURE :

Notre projet s'implantera dans une région à vocation agricole. Le tracé de linéaire de 5 Km (5025m) causera.

- ✓ une substitution de quelques **ha** de terre cultivable.

- ✓ difficultés de travail et de circulation à l'intérieure d'une forêt (rupture de cheminements).

Dans le tableau ci-après, sont évalués les impacts liés à la phase de chantier :

Impact évaluation	Dégagement des poussières	Déversement de boues dans l'espace urbain	Emission des bruit (travaux 24h/24h)	Coupure de la circulation automobile.
Durée	Temporaire	Momentané	Temporaire	Temporaire
Etendu	Local	Ponctuel	Local	régional
Importance	Moyen	Faible	Moyen	Fort

Tableau.1 : les impacts liés au chantier

CONCLUSION

Ce projet de fin d'études a été, pour nous, une opportunité pour concrétiser nos connaissances théoriques et techniques acquises pendant notre cycle de formation à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Nous avons appliqué rigoureusement toutes les normes, directives et recommandations liées au domaine routier pour contrecarrer les contraintes rencontrées sur le terrain. Par ailleurs, le souci primordial ayant guidé notre modeste travail a été dans un premier temps la prise en considération du confort et de la sécurité des usagers de la route et dans un second temps l'économie et l'aspect environnemental lié à l'impact de la réalisation de cette route.

Notre étude d'aménagement en axe autoroutier du dédoublement RN73 en phase APD, présente les données liées à l'étude du trafic concernant la zone d'étude, en employant ces données, tout en respectant le règlement algérien (B40 et ICTAAL), on a abouti aux caractéristiques suivantes :

- ✓ Un accotement de **2×2,50 m=5m**
- ✓ Un Terre-plein central **3 m**
- ✓ Deux chaussées de deux voies de **3,5m** chacune **(2 x 3,5) x 2 = 14,00m**

Ce qui fait que la largeur de la plate-forme est égale à **22m**.

L'élaboration de ce projet nous a aidés à mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels PISTE+5.05 et Autocad (version 2015), Excel, compte tenu de leur traitement rapide et exact des données, ces outils nous permettent d'éviter les contraintes existantes avec une détermination d'un meilleur tracé. Aussi, on a utilisé le logiciel ALIZE III qui nous a permis de vérifier les épaisseurs des différentes couches constituant le corps de chaussée constitué de :

- ✓ Couche de roulement **06cm en BB**
- ✓ Couche de base **22 cm en GB**
- ✓ Couche de fondation **26 cm en GC (GNT)**
- ✓ Couche de forme **40 cm en TUF**

Enfin, par la réalisation de ce dédoublement de la RN73 ne sera plus un corridor de congestion encore moins une infrastructure moins sécurisée pour les usagers. Cependant elle contribuera à une fluidité des échanges entre toutes les localités qu'elle liaisonne.

BIBLIOGRAPHIE

[1]-KALLI Fatima Zohra - GOUMETTRE Ahmed, *Manuel de projet de routes*, Edition L'Office des Publications Universitaire n°5266, Alger, 2011.

[2]-SETRA, *Aménagement des Routes Principale*, (Guide technique), 1994.

[3]- SETRA, *Guide des terrassements routiers*, (), (Guide technique).

[4]- SETRA, *Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison (I.C.T.A.A.L)*, (2000).

[5]-SETRA, *Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (C.T.T.P)*.

[6]-MTP, *normes techniques d'aménagement des routes (B40)*.

[7]-SETRA, *Recommandation pour l'assainissement routier*,

[8]- M^r : GABI, *cours de route et d'aménagement*, 2013/2014

[9]-Thèses de fin d'études précédentes à l'UMMTO :

- **BOUFFETA**, *Etude de l'évitement de la RN 12*, 2013/2014
- **AKOUCHE**, *Etude en APD d'une pénétrante de la rn25*, 2012/2013.

[10]-les logiciels :

-Autocad version

-logiciel PISTE 5.05

[11]- *La direction des travaux publics (DTP) de la wilaya de Tizi-Ouzou*

[12]-SITE internet :

www.SETRA.com

www.Google Earth.com

