



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université MOULOUD MAMMERI de Tizi-Ouzou

Faculté de Génie de construction

Département de Génie civil, option : Voies et ouvrages d'art

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue d'obtention du diplôme de Master en Génie Civil

THEME

***Etude d'un tronçon de la liaison Fréha – Azeffoun sur un linéaire
de 5 km, avec conception d'échangeur***



Encadré par :
Mr. GABI Smail

Présenté par :
Mr ELKECHAI Fayçal
Mr DAHMANI Akli

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous tenons à remercier le bon Dieu, le clément et le miséricordieux de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

*Nous remercions vivement notre encadreur Monsieur **GABI SMALL**, pour son suivi et ses précieux conseils durant l'évolution de ce travail.*

*Notre gratitude va également a Messieurs ; **DEHMOUS** pour son aide et son encouragement.*

Que tous le personnel du la DTP de TIZI OUZOU trouvent ici l'expression de nos remerciements les plus sincères.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, et qui nous feront l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.

Nous aimerons exprimer notre gratitude envers tous ceux qui ont, de diverses façons, de près ou de loin contribué à l'élaboration de cet ouvrage

Dédicaces

Je dédie ce travail, particulièrement, à mes très chers parents qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de mon cursus.

A mes frères : Yacine, Mohamed amine et Ayoub.

A mes sœurs : Sabrina et Farida ainsi qu'à toute ma famille sans exception.

A mon binôme Elkechai Fayçal avec qui j'ai partagé ce travail.

A Mes très chers (es) amis (es) : Ounía, Amar, Lahlou et Abdou.

Sans oublier tous mes amis(es) avec qui j'ai passé des moments inoubliables durant tout mon cursus du primaire à l'université et à tous ceux qui nous ont aidés à réaliser ce travail.

Akli



Dédicaces

Je dédie ce travail, à mes très chers parents qui m'ont soutenus et aidé pour arriver là où j'en suis aujourd'hui.

Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération et mes profonds sentiments envers eux.

Je prie dieu de les bénir et de veiller sur eux en espérant qu'ils seront toujours fiers de moi.

*A ma sœur, **Dalila**, pour qui mon amour est inconditionnel et éternel.*

A mes grands parents ainsi qu'à mes cousins et cousines :

Sarah, Agnes, Fawzi, Nabila et Athmane avec qui j'ai passé des moments remplis de joie et de rires.

*A mon binôme **Akli** avec qui ce travail fut partagé.*

Sans oublier tous mes amis(es) notamment:

Tarik, Miha, Yamina, Sabrina et Hadjira avec qui j'ai passé des années universitaires mémorables.

Fayçal



INTRODUCTION GENERALE

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 romaine dont les tracés sont encore apparents à ce jour, témoigne de l'avancée industrielle de l'empire et de la place privilégiée accordée aux réseaux de communication.

Parmi les différents modes de transports qui existent, le transport routier reste le plus utilisé dans notre pays, vu la disponibilité des matériaux nécessaires.

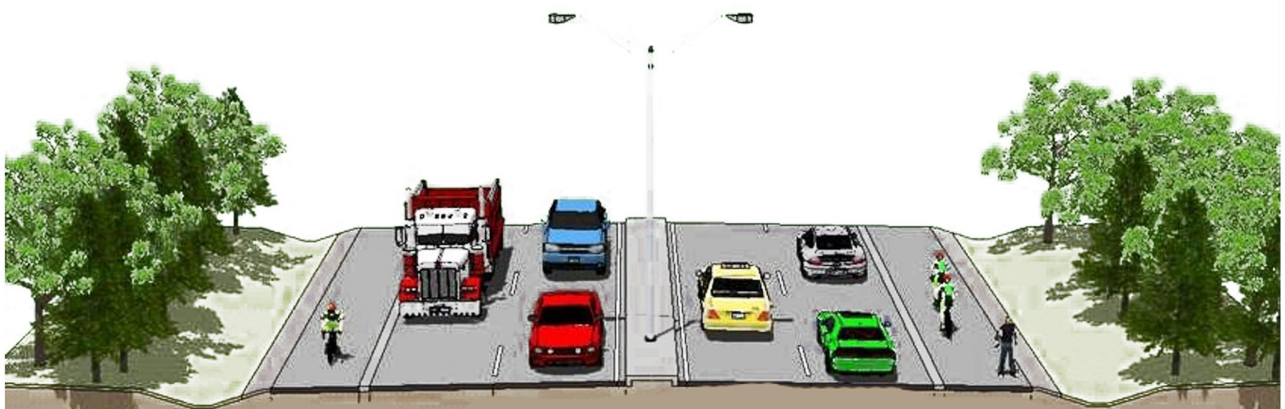
Notre projet (**Etude de la liaison RN12 -RN24**) s'inscrit parfaitement dans la stratégie de développement et de densification du réseau autoroutier d'Algérie.

Pour l'étude de ce projet en APD, nous avons procédé à une structure comportant (11 chapitres) :

- ✚ Nous aborderons dans le chapitre (I) la présentation globale du projet.
- ✚ Le chapitre (II) comportera l'étude et l'analyse du trafic.
- ✚ On passera aux chapitres (III, IV) comprenant respectivement un aperçu sur la géotechnique routière puis dimensionnement du corps de chaussée.
- ✚ Au chapitre (V) on fera une conception d'un échangeur.
- ✚ On définira dans le chapitre (VI) les caractéristiques géométriques de notre projet qui comporte : (le tracé en plan, le profil en long, le profil en travers).
- ✚ Une fois le tracé fini, on définira les cubatures des terrassements et leur calcul automatique (chapitre VII).
- ✚ On passera aux chapitres (VIII, IX) comprenant respectivement l'assainissement, et les ouvrages d'art.
- ✚ Le chapitre (X) comportera les différents équipements et signalisations de la route.
- ✚ Le chapitre (XI) portera sur « l'impact sur l'environnement ».
- ✚ On finira par l'élaboration d'un devis quantitatif et estimatif de la totalité du projet.

« La route du développement passe par le développement de la route. »





PRESENTATION DU PROJET

I-1- Introduction :

La wilaya de Tizi Ouzou est située dans la région de la Kabylie en plein cœur du massif du Djurdjura. Elle est divisée administrativement en 67 communes et 21 daïras.

Elle s'étend sur une superficie de 3 568 km². La population résidente telle qu'évaluée lors du recensement de 2008 est de 1 127 607 habitants. La densité atteint 381,21 habitants au km².

Tizi-Ouzou est aussi connue par sa route principale la RN 12, dite aussi la route de Kabylie, car elle traverse cette dernière de part en part, sur une distance de 250 km environ. Elle relie la RN 73 depuis Fréha à la RN 24 qui dessert Azeffoun, Tigzirt et dellys. Cette route nationale lie la localité au reste de la wilaya. Elle représente, un itinéraire important puisqu'elle relie la côte vers les villes d'Azazga, Fréha Aghribs et Timizart.

Le tracé complet est intitulé, aménagement de la liaison Fréha – Aghribs - Azeffoun en axe autoroutier sur 27 Km. Le tronçon qu'étudie notre projet débute du PK 10+000 au PK 15+000, il comporte un échangeur au PK 12+100 qui relie notre tracé avec le CW 158 desservant en particulier le chef lieu de la commune d'Akerrou (Tifrit N'Ait El Hadj).



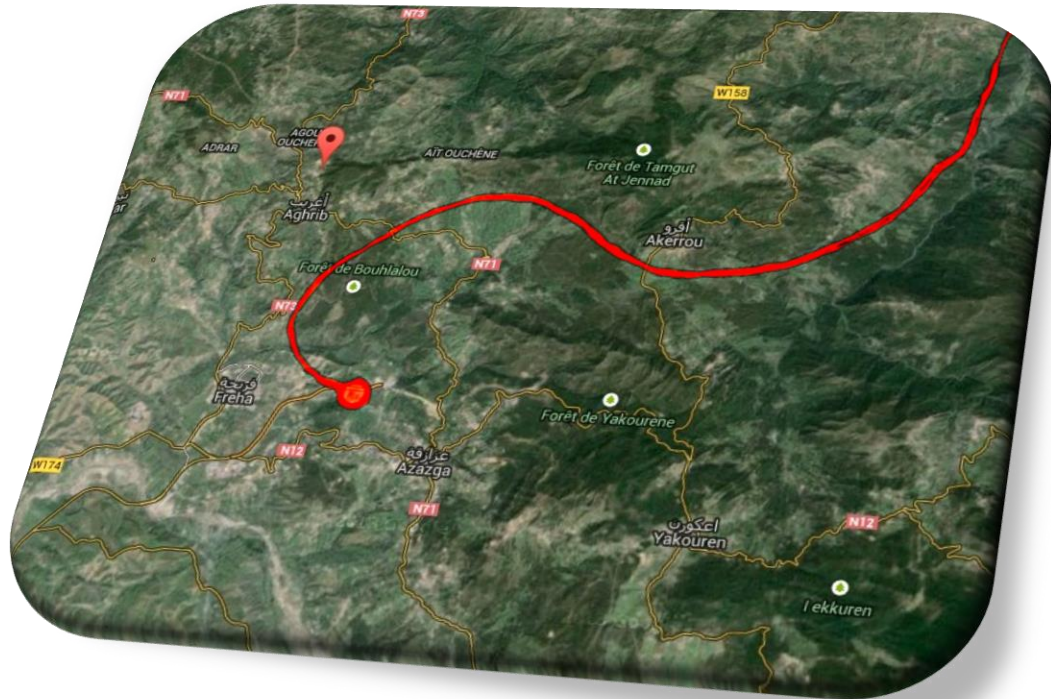


Figure I-1 : Implantation du projet sur le site.

- **Description du projet :**

Le présent projet est constitué des trois phases et nous en sommes à la troisième phase qui correspond à l'étude en APD. La variante retenue à l'issue de la phase APS fera l'objet d'étude avant-projet détaillé.

- **Problématique :**

La RN 73 fait souvent l'objet d'encombres surtout en période estivale.

L'une des conséquences de cet engorgement pour la deuxième ville côtière de la wilaya de Tizi Ouzou étant les bouchons qui se forment quotidiennement dans la ville et sur la RN 73 desservant les plages d'Azeffoun et Tigzirt.

Les points où sont enregistrés les encombrements les plus importants sont Agouni Charqui, M'lata et le Caroubier, entre Aghribs et Azeffoun, où des barrages y ont été installés.

Par moment, la file d'automobilistes prend naissance de M'lata jusqu'à la ville, côté ouest, sur une distance de près de 4 kilomètres sur laquelle on moisit d'impatience et de Sidi Korchi jusqu'à la ville, côté est.

La nationale 12 et la nationale 73 sont des routes qui supportent moyennement le flux de véhicules qui les traversent, et pour ce, on a cherché les solutions les plus adéquates pour soulager ces routes dont l'objet de notre projet.

I-2- Objectif du projet :

L'objectif de notre travail consiste à amoindrir la sollicitation de la RN73 et de créer une route alternative pour le trafic, vu le flux incessant de véhicules qui s'engagent sur cette route quotidiennement.

Ces problèmes peuvent être résolus par une étude de transport et mise en place d'une cellule qui devra prendre en charge tous les problèmes de déplacement des usagers dans la région.

C'est pour cela que les autorités ont pensé au lancement d'une réflexion sur l'aménagement d'une liaison qui relie la RN12 à la RN24 en traversant le CW 158, qui soulagera cette route du trafic d'échange et de transit.



Figure I-2 : Début et Fin du tronçon du projet.



ETUDE DU TRAFIC

II-1- Introduction :

L'étude de trafic est un élément essentiel qui doit être préalable à tout projet de réalisation d'infrastructure routières, elle permet de déterminer le type d'aménagement qui convient et les caractéristiques à lui donner depuis le nombre de voies jusqu'à l'épaisseur de différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée.

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

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

Différents types de trafic :

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

Trafic induit : c'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement vers d'autre déviation.

Trafic dévié : c'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée, la déviation de trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination

Trafic total : c'est le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme de trafic induit et le trafic dévié.

Le choix de nombre de voies résulte de la comparaison entre l'offre et la demande C.à.d. :

Le débit admissible et le trafic prévisible à l'année d'exploitation.

II-2- Analyse de trafic :

Cette analyse est réalisée par différents procédés complémentaires à savoir :

- ✓ **Comptages manuels :** ou compteur-enregistreur, un petit appareil conçu pour tenir dans la main, composé d'un dispositif affichant un nombre entier, et d'une gâchette actionnable par l'utilisateur pour incrémenter ce nombre. Il est également équipé d'une touche de remise à zéro, et parfois d'une seconde gâchette permettant de décrémenter. Il est parfois attaché au corps par une dragonne, afin ne pas le perdre.
- ✓ **Comptages automatiques :** Il consiste à dénombrer le nombre de véhicules sur un axe routier simple ou double sens. Les résultats de ces comptages sont fournis par sens, par classe de Véhicule et sont échantillonnés toutes les heures (ou autre intervalle de

temps). Les résultats De ces comptages rendent compte de la classification des véhicules.

Les enquêtes de type cordon : elles permettent de distinguer les trafics de transit des trafics locaux, et les origines de destination de chaque flux.

Les enquêtes qualitatives : elles permettent de connaître l'appréciation de l'utilisateur par rapport au réseau.

II-3- Paramètres fondamentaux :

a) Catégorie de la route :

L'ensemble des itinéraires de l'Algérie peut être classé en cinq catégories fonctionnelles, correspondant aux finalités économiques et administratives assignées par la politique d'aménagement sur le territoire :

Catégorie 1 :

Liaison entre les grands centres économiques et les centres d'industrie lourde considérés deux à deux, et liaisons assurant le rabattement des centres d'industries et transformation vers le réseau de base ci-dessus.

Catégorie 2 :

Liaisons des pôles d'industries de transformation entre eux, et liaisons de raccordement des pôles d'industries légères diversifiées avec le réseau précédent.

Catégorie 3 :

Liaisons des chefs lieux et daïra et des chefs lieux de wilaya, non desservi par le réseau précédent, avec le réseau de catégorie 1 et 2.

Catégorie 4 :

Liaisons de tous les centres de vie qui ne sont pas reliés au réseau de catégorie 1-2 et 3 avec le chef lieu de daïra, dont ils dépendent, et avec le réseau précédent.

Catégorie 5 :

Routes et pistes non comprises dans les catégories précédentes.

II-4- Environnement de la route:

Trois classes d'environnement ont été proposées dans le rapport b20 sur les couts d'aménagement et d'entretien.

Le tableau ci-dessous représente la classification des environnements selon le b40 et qui est le croisement des deux paramètres qui sont : la dénivelée moyenne et la sinuosité :

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

Tableau II- 1 : Classification des environnements.

Notre route, selon son utilité publique jugée capitale et vis-à-vis de sa situation géographique, elle est donc classée en **catégorie C2**.

La situation de notre projet comme étant un relief vallonné de sinuosités moyenne, il est donc classifié en un **environnement E2**.

II-5- Calcul de la capacité :

5-1- Définition :

La capacité d'une route est le flux horaire maximum de véhicules qui peut passer en un point ou s'écouler sur une section de route uniforme pendant un temps donné (en général 1/4heure).

5-2- Projection future du trafic :

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

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

TJMA_n : Le trafic à l'année horizon.

TJMA₀ : Le trafic à l'année de référence

τ : est le taux de croissance (%).

n : Année horizon.

5-3- 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 est donné par la relation suivante :

$$T_{eff} = [(1-z) + p*z]TJMA_h$$

Avec :

T_{eff}: Trafic effectif à l'année horizon en (**uvp**).

Z : pourcentage de poids lourd. (%)

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

Environnement	E ₁	E ₂	E ₃
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite ou la visibilité réduite.	3-6	6-12	16-24

Tableau II-2 : Coefficient d'équivalence p.

5-4- Débit point horaire normale :

Exprimé en unité de véhicule particulier (uvp) et donné par la formule suivante :

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

Avec :

- q : Débit de pointe horaire.
- n : Nombre d'heure, (en général $n=8$ heures).
- T_{eff} : Trafic effectif.

5-5- Débit horaire admissible :

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

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

Environnement	E_1	E_2	E_3
K_1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau II-3 : Valeur de K_1 .

Environnement	$V_b=40\text{km/h}$	$V_b 60\text{km/h}$	$V_b 80\text{km/h}$	$V_b 100\text{km/h}$	$V_b 120\text{km/h}$
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 II-4 : Valeurs de K_2 .

Catégorie de route		Débit journalier	Débit horaire uvp/h		
			14 %	12 %	10%
Chaussée séparée	2×3 voies	65000	9100	7800	6500
	2×2 voies	45000	6300	5400	4500
Bidirectionnelle	7 m	15000	2100	1800	1500
Bidirectionnelle	6 m	1750	1500	1250	1750
Bidirectionnelle	5 m	1400	1200	1000	1400

Tableau II-5 : Limites de capacité.

- **Chaussée bidirectionnelle** : on compare le débit de pointe horaire Q à (Q_{adm}) pour les divers type on prend le profil permettant : $Q \leq (Q_{adm})$.
- **Chaussée unidirectionnelle** : le nombre de voies $N = S \cdot Q / Q_{adm}$

Tel que :

S : coefficient de dissymétrie, en général $=2/3$.

Q_{adm} : débit admissible par voie.

II-6- Application au projet :

On se basant sur les résultats des comptages , et des prévisions en 2011 par le service concerné , pour estimer le trafic a l'horizon on fait une projection jusqu'à l'an 2037, tout en sachant que la durée de vie de notre projet estimer a 20 ans, et sa mise en service est prévue pour l'année 2017.

Données de trafics et hypothèses de calcul :

L'affectation du trafic est effectuée sur la base de la campagne de comptage de 2011 réalisé par les services de la DTP, et compte tenu des aménagements existants au alentour de, notre projet nous considérons que le trafic affecté a notre tracé est calculé comme suit :

Route	Section	TJMA 2011 (v/j)	Pourcentage%	TJMA de la liaison (v/j)
RN 12	Azzazga – Tizi-ouzou	16 582	20 %	3316
RN 73	RN12 – Fréha	12 863	20 %	2573
RN 73	Fréha- Aghrib	11 378	20 %	2276
RN 73	Azeffoun – Aghrib	2 160	20 %	432
RN 24	Azeffoun – RN73	3 271	20 %	654.2
RN 71	Aghrib – RN 72	2 177	20 %	435.4
				9687

Tableau II-6 : Trafic affecté au Projet.

On considère que le trafic affecté à notre projet est de l'ordre de 10 000 v/j

- Le trafic de l'année **TJMA₂₀₁₁=10000 (v/j)**.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic **T=4%**.
- La vitesse de bas sur le tracé **VB= 80 km/h**.
- Le pourcentage de poids lourd **Z= 10%**.
- L'année de mise en service : **2017**.
- La durée de vie de projet : **20ans**.
- Le coefficient d'équivalence : **P=4**.
- Catégorie **C2**.
- L'environnement **E2**.

6-1- Projection future du projet :

- L'année de mise en service (2017).

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

$\left\{ \begin{array}{l} TJMA_H : \text{le trafic à l'année horizon (année de mise en service 2017.)} \\ TJMA_0 : \text{le trafic à l'année de référence (origine 2011).} \end{array} \right.$

$$TJMA_{2017} = 10000(1 + 0,04)^6 = 12\ 653 \text{ (v /j).}$$

$$TJMA_{2017} = 12\ 653 \text{ (v /j).}$$

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

$$TJMA_{2037} = 12\ 653 \cdot (1 + 0,04)^{20} = 27\ 724 \text{ (v /j).}$$

$$TJMA_{2037} = 26\ 659 \text{ (v /j).}$$

6-2- Calcul du trafic effectif :

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

$\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{P} : \text{coefficient d'équivalence pour le poids lourds. Pour une route à bonne caractéristique et un environnement E2, on a } \mathbf{P=4} \\ \mathbf{Z} : \text{pourcentage de poids lourds est égale à } \mathbf{10 \text{ (\%)}.} \end{array} \right.$

$$T_{eff} = [(1 - 0,1) + 4 \times 0,1] \cdot 26\ 659 = 36\ 041 \text{ (uvp /j).}$$

Donc :

$$T_{eff} = 36\ 041 \text{ (uvp /j).}$$

6-3- Débit de pointe horaire normale :

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

Avec :

(1/n) : coefficient de pointe horaire pris est égale à 0,125

$$Q = 0,125 \times 36\,041 = 4505 \text{ (uvp/h)}.$$

Donc :

$$Q = 4\,505 \text{ (uvp/h)}.$$

6-4- Débit admissible :

Le débit que supporte une section donnée :

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

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 effective par voie. D'après **(B40)** on adopte un profil à 2 chaussées séparées.

On prend:

$$C_{th} = 1800 \text{ (uvp/h)}$$

$$Q_{adm} = 0,85 \times 0,99 \times 1800 = 1\,515 \text{ (uvp/h)}.$$

Donc:

$$Q_{adm} = 1\,515 \text{ (uvp/h)}.$$

6-5- Le nombre de voies:

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

$$n = (2 / 3) \times (4\,505 / 1515) = 1,98 \approx 2.$$

Donc:

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

	TJMA 2011 (v/j)	TJMA 2017 (v/j)	TJMA 2037 (v/j)	T _{eff} (uvp/j)	Q (uvp/j)	N
Valeur	10 000	12 653	27 724	36 041	4 505	2

Tableau II-7 : récapitulatifs des résultats

II-7- Calcul de l'année de saturation :

On a :

$$T_{eff} (2017) = [(1 - Z) + PZ]. TJMA_{2017}$$

$$T_{eff} (2017) = [(1 - 0,1) + 4 * 0, 1].12 653 = \mathbf{16\ 449\ (uvp/j)}.$$

$$D'où : Q_{2017} = 0,125 \times 16449 = \mathbf{20\ 56\ (uvp/j)}.$$

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

$$Q_{Saturation} = 4 \times 20\ 56 = \mathbf{8224\ (uvp/j)}.$$

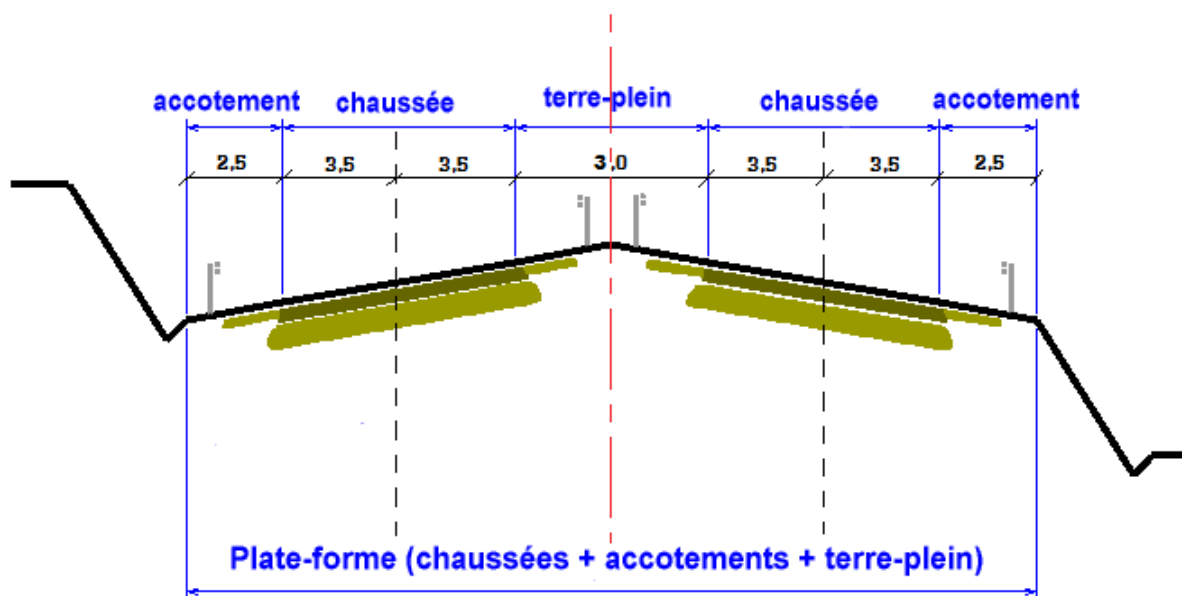
$$Q_{Saturation} = (1+\tau)^n \times Q_{2017} \quad \Rightarrow \quad n = \ln (Q_{Sat} / Q_{2017}) / \ln(1+\tau).$$

$$n = \ln(8224/2056) / \ln (1,04) = 35. \Rightarrow \quad \mathbf{n=35\ ans}$$

II-8- Conclusion :

Le calcul de la capacité de la route nous donne le profil en travers suivant :

- Largeur utile est 14 m (2×2voies de 3.5m).
- Accotement de 2.5m de chaque côté.
- Terre-plein central (tpc) de 3 m.



Schémas II-1 : Profil en travers de la chaussée.

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



III-1- Introduction:

L'étude géotechnique est une science qui consiste à étudier les caractéristiques physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de la chaussée. Pour cela, une mission de sondage doit être faite pour définir les caractéristiques du sol support, de dimensionner la chaussée et éventuellement les fondations des ouvrages d'art prévus.

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

III-2- L'objectif d'une étude géotechnique :

Afin d'appréhender le comportement du sol support / structure, une campagne de reconnaissance géotechnique a été élaborée conformément aux besoins du projet, et ce pour :

- ✓ Dimensionner la structure de chaussée.
- ✓ Calculer les contraintes admissibles aux droits des fondations des ouvrages d'art et dalots.
- ✓ Etudier la stabilité des parois des talus de déblais et remblais importants, en préconisant par besoin les modalités de confortements ou de protections nécessaires à leur stabilité.
- ✓ Classer les matériaux issus des déblais, et des gites d'emprunts, selon le guide GTR, pour leur éventuelle réutilisation en remblai, couche de forme et structure de chaussée; avec estimation de leur volumes.

III-3- Les différents essais en laboratoires :

Les essais réalisés au laboratoire sont :

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

3-1- Analyses granulométriques :

Il s'agit du tamisage qui permet par exemple de distinguer les sols fins, les sols sableux et les sols graveleux, c'est un essai qui a pour objectif de déterminer la répartition des grains suivant leurs dimensions ou leurs grosseurs. Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique.



3-2- Equivalent de sable :

Cet essai permet d'estimer la quantité des éléments fins contenus dans un sol ; c'est-à-dire déterminer le pourcentage de l'impureté soit des éléments argileux ultra fins ou des limons.



3-3- Limites d'Atterberg :

Limite de plasticité (W_p) et limite de liquidité (W_L), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance. W_p sépare l'état solide de l'état plastique et W_L sépare l'état plastique de l'état liquide ; les sols qui présentent des limites d'Atterberg voisines, c'est à dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité ($I_p = W_L - W_p$), sont très sensible a une faible variation de leur teneur en eau.



3-4- Essai PROCTOR :

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



3-5- Essai C.B.R (California Bearing Ratio):

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

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

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



3-6- Essai Los Angeles :

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

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



3-7- Essai Micro Deval :

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



III-4- Les essais in-situ:

4-1- L'essai de plaque :

Ces essais permettront d'apprécier directement le module d'un sol par un essai sur le terrain, ils consistent à charger une plaque circulaire et à mesurer le déplacement vertical sous charge. On déduira ensuite un module de sol E en interprétant la valeur du déplacement mesuré à l'aide de la formule de Bossinesq qui relie (Z), le déplacement, la pression (q_0) le rayon de charge (a) et les caractéristiques du massif E_2 . Après plusieurs approches, on a abouti à l'approche suivante : $E = 5 \text{ CBR}$.

4-2- L'essai préssiométrique :

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

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

III-5- Conditions d'utilisation des sols en remblais :

L'idéal est de pouvoir réutiliser les terres provenant des déblais, mais ceci doit répondre à certaines conditions.

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- ✓ Pierre de dimension $> 80 \text{ mm}$.
- ✓ Matériaux plastique $I_p > 20\%$ ou organique.
- ✓ Matériaux gélifs.

NB : Les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface sur laquelle seront exécutés.

Les matériaux des remblais seront établis par couche de 30 cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage. Une couche ne devra pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée qu'après une vérification de son compactage.

III-6- Les Talus :

En géométrie routière, on vérifie la stabilité des talus, dans le cas où les risques de glissements de sol existent.

Fondamentalement, il y a rupture lorsque les contraintes de cisaillement appliquées sont supérieures à la résistance au cisaillement.

6-1- La stabilité des pentes :

La vérification de la stabilité des talus passe par la vérification de l'équilibre des forces présentées dans un talus :

- La force motrice : le poids du sol stabilisant.
- La force déstabilisatrice : la somme des forces de résistance au glissement du sol selon un plan de glissement défini.

6-2- Recommandation :

- ✓ Un fossé de crête du talus de déblai en béton, qui va recevoir toutes les eaux amont du déblai.
- ✓ Des décentes d'eau au droit du talus, celles-ci seront acheminées vers les semi vers le fossé en aval du talus de déblais.
Les descentes d'eau seront espacées de 25 m
- ✓ Un revêtement des parois de talus moyennant l'implantation d'arbustes.
- ✓ Pour les remblais de plus de 10 m de hauteur, des bermes de 3 m de largeur, seront requises chaque 8 m de hauteur.

III-7- Application au projet :

7-1- Contexte géographique et topographique :

Il s'agit d'une étude de la pénétrante qui reliera la RN 12 à la RN 24, sur un terrain vallonné.

7-2- Campagne d'investigation sur le site :

L'étude a été menée essentiellement sur la base de la réalisation des sondages carottés de différentes profondeurs, et des essais de laboratoire.

Les sondages carottés confirment bien les données géologiques qui donnent les résultats des essais de laboratoire suivant :

- Les analyses granulométriques montrent que plus de 50% des éléments passant au tamis 80 μ m, ce sont des sols fins.
- Ces sols présentent des densités sèches γ_d faibles à moyennes de l'ordre de 1.76t/m³, et des teneurs en eau naturelles (w%) moyennes de 15.09%.
- Les sols sont majoritairement **plastiques**.
 - La limite de liquidité : $43.84\% \leq L_L \leq 60.4\%$.
 - L'indice de plasticité : $21.43\% \leq IP \leq 29.03\%$.
- Les limites d'Atterberg permettent de classer ces sols parmi **les argiles plastiques**.
- Les essais oedométriques ont donné des coefficients de compressibilité suivants :
 $0.08 < C_c < 0.202 \Rightarrow$ sols moyennement à assez compressibles.

 $0.03 < C_g < 0.065 \Rightarrow$ Sols peu gonflants.

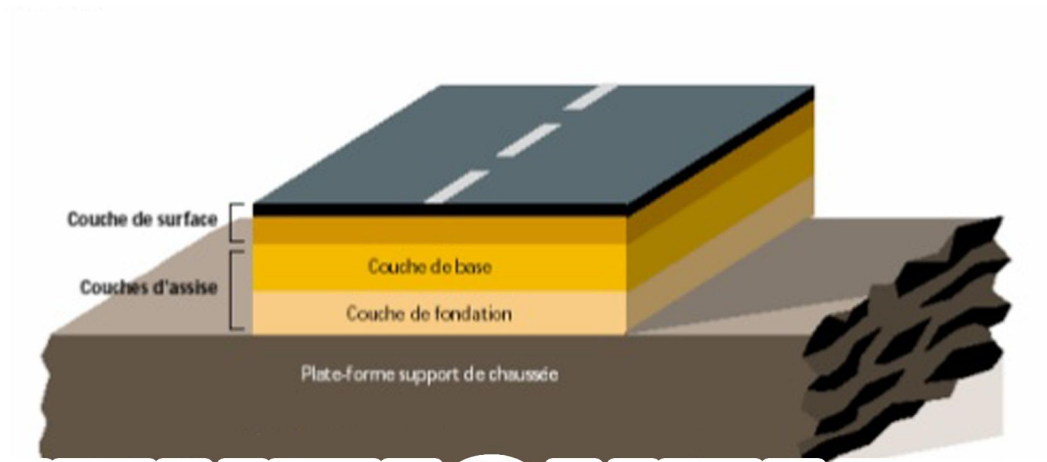
 $1.20 \text{ bares} < P_c < 2.0 \text{ bares}.$
- Les essais de cisaillement ont donné les valeurs de :
 - ✓ $0.3\text{bars} < C_{uu} < 0.45\text{bars}.$
 - ✓ $13^\circ < \varphi_{uu} < 25^\circ.$

III-8- Conclusion:

Au terme des investigations préliminaires menées sur le terrain de notre projet et les résultats des essais au laboratoire, montrent que ces matériaux peuvent être classés en **A_{3ts}**, selon la classification **GTR** (guide des terrassements routiers).

- ❖ de point de vu lithologique le tracé traverse des formations constituées généralement **d'argile limoneuse** en surface, surmontant **des argiles schisteuses**.
- ❖ Ces sols ne sont pas acceptables pour une éventuelle utilisation en remblai selon les conditions du GTR.

Les différents sondages sont joints en annexes.



DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

IV-1- Introduction :

Le corps de chaussée est dimensionné pour supporter la circulation du trafic (action des essieux Des véhicules) ainsi que les agressions des agents extérieures (des gradients thermiques, pluie Neige, verglas...etc.), pour une durée bien déterminée.

Il est définie comme étant l'épaisseur des différentes couches et matériaux qui seront mise en place pour constituer le corps de chaussée.

Pour cela ,il faudra non seulement assurer a la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques , il est ensuite indispensable que le choix et la mise en œuvre des matériaux soit réalisée conformément aux exigences arrêtée.

IV-2- Facteurs considérer dans le dimensionnement :

- **Trafic :**

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules supérieur a 3.5t) .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.

- **Environnement :**

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations, ainsi : La variation de la température intervient dans le choix du liant hydrocarboné, et aussi les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support.

Donc, l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement ; la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, propriétés des matériaux bitumineux.

- **Le Sol Support :**

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

$$N=T. A. C \quad \text{avec :} \quad C = [(1+ t)p - I] / t.$$

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.

- **Matériaux :**

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

IV-3- Définition de la chaussée :

➤ **Sens géométrique :**

Partie de la route aménagée pour la circulation des véhicules, elle est constituée d'une ou plusieurs voies.

➤ **Sens structurel :**

C'est l'ensemble des couches de matériaux superposées qui permettent la reprise des charges.

IV-4- Différents types de chaussées :

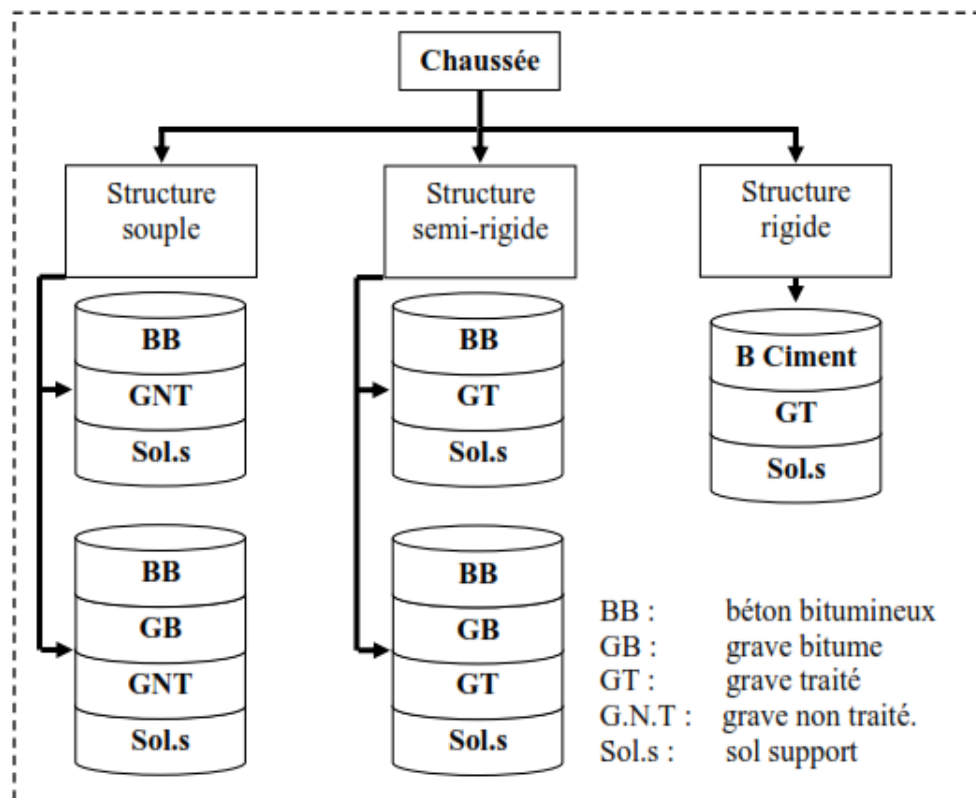
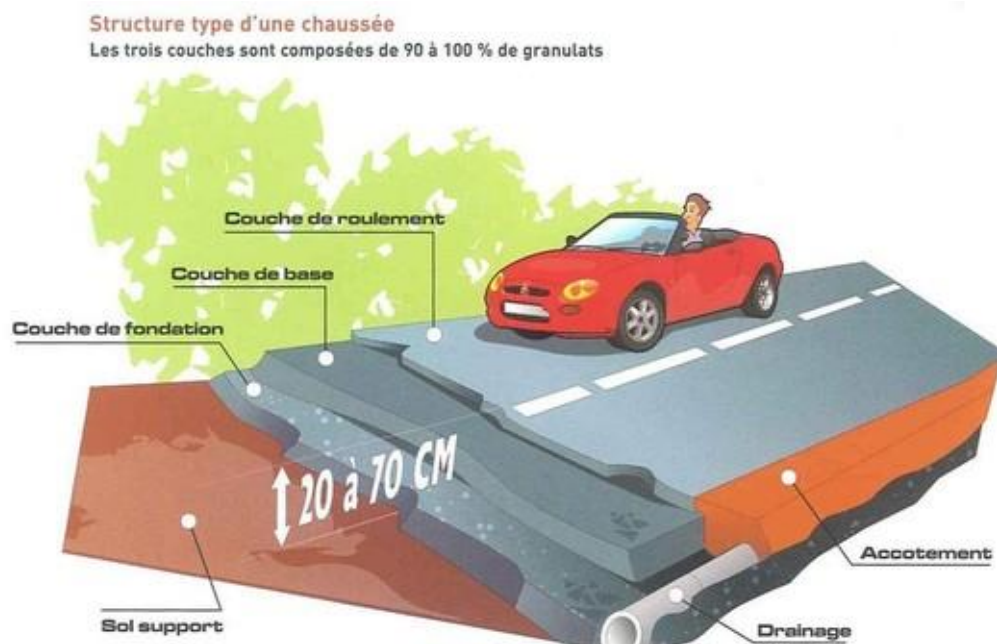


Figure IV-1 : Différents type de chaussée et leurs structures.

4-1- Chaussée souple :

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

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



a) La couche de surface:

Elle est constituée d'un matériau traité au liant hydrocarboné qui doit résister aux Efforts tangentiels des pneus et assurer l'adhérence et l'imperméabilisation de la Chaussée. Elle est composé généralement en :

- ✓ **Couche de roulement** : en enrobés denses en béton bitumineux.
- ✓ **Couche de liaison** : d'assurer une transition, avec les couches inférieures

b) La couche de base :

Elle a pour objectif de résister aux efforts verticaux et de répartir sur le terrain les Pressions qui en résultent. Elle est constituée d'un matériau non traité (ou traité) de bonnes caractéristiques mécaniques.

c) La couche de fondation :

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

➤ **Sous couche anti-contaminante :**

Si les matériaux de terrain naturel, des remblais ou même de la couche de formes est très fins (argiles ; limon,..) il est susceptible de remonter dans la couche supérieures, la contamination par les particules fines.

➤ **Sous couche drainante :**

Comme on n'est jamais à l'abri de l'infiltration de l'eau dans la chaussée, il convient alors une sous couche drainante, constitué par des matériaux très perméables, assure le drainage de la chaussée.

➤ **Sous couche anticapillaire :**

Empêche la remontée des eaux sous l'action des forces capillaire dans les terrains en présence de nappes aquifères.

d) La couche de forme :

La couche de forme est la surface de terrain préparée, sur laquelle est édifiée la chaussée.

Dans certains cas, on peut avoir intérêt à remplacer sur une certaine épaisseur le sol naturel par un sol meilleur sélectionné à cet effet. On constitue ainsi une couche de forme qui améliore la portance du sol support en permettant entre autres la circulation d'engins de chantiers.

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

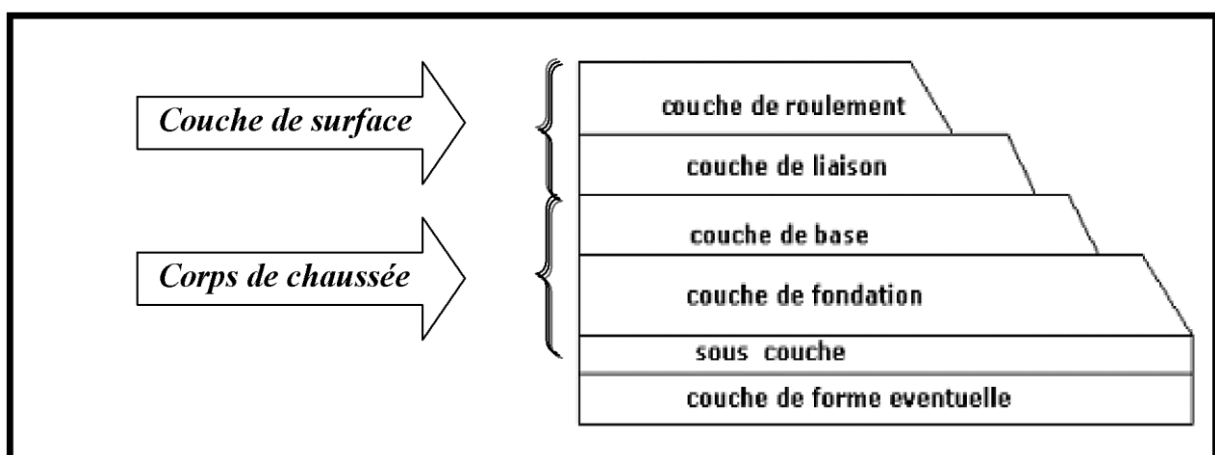


Figure IV-2 : Différentes couches de la chaussée.

4-2- Chaussée rigide :

Une chaussée est dite rigide si elle comporte une dalle en béton. Cette dalle correspond à la fois à la couche de base et à la couche de surface d'une chaussée souple.

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

4-3- Chaussée semi-rigide :

C'est un cas intermédiaire entre les chaussées souples et les chaussées rigides. On peut le retrouver dans les chaussées renforcées, qui comportent une couche de base en matériaux traités avec un liant hydrocarboné.

IV-5- Méthodes de dimensionnement des chaussées :

- **Méthodes empiriques :**

Ces méthodes se basent sur des observations et planches d'essais, elles s'appuient sur trois paramètres :

- ✓ La force portante : obtenue par les différents essais géotechniques.
- ✓ Le trafic par une charge unitaire dite de référence.
- ✓ Caractéristiques mécaniques des différents matériaux constituant les couches.

On peut citer: La méthode CBR (California-Bearing-Ratio)

- **Méthodes rationnelles:**

Ces Méthodes se basent sur la connaissance du sol des matériaux mise en place et du trafic envisagé, elles font appel à des modèles mathématiques élaborés, ces modèles fournissent les contraintes, déformations et déplacement à différents niveaux.

On peut citer :

- ✓ les méthodes des catalogues du dimensionnement des chaussées neuves CTTTP,
- ✓ les méthodes des catalogues des structures (Catalogue des structures type neuf établie par SETRA).

5-1- Etude de la méthode CBR (Californien Bearing Ration) :

C'est une méthode semi-empirique, basé sur un essai de poinçonnement sur un échantillon de sol support en compactant des échantillons de 90 à 100% de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'au moins 15 cm. Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale répartie suivant théorie de BOUSSINESQ, soit inférieure à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice CBR.

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à metre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci apres :

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

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

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

- e** : épaisseur totale du corps de chaussée.
- I_{cbr}** : indice CBR.
- N** : désigne le nombre moyen de camion de plus de 1500Kg à vide.
- P** : charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).
- Log** : logarithme décimal.

5-1-1 Notion de l'épaisseur équivalente:

Elle a été introduite pour tenir compte des qualités mécaniques des différentes couches, et l'épaisseur équivalente d'une couche est égale à son épaisseur réelle multipliée par un coefficient d'équivalence **a**.

L'épaisseur équivalente de la chaussée est égale à la somme des épaisseurs équivalentes des différentes couches.

$$e = \sum a_i e_i$$

$\left\{ \begin{array}{l} a_i : \text{Coefficient d'équivalence de chacun de matériau à utiliser.} \\ e_i : \text{Épaisseur de chaque couche.} \end{array} \right.$

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

$\left\{ \begin{array}{l} a_1 e_1 : \text{Couche de roulement.} \\ a_2 e_2 : \text{Couche de base.} \\ a_3 e_3 : \text{Couche de fondation.} \end{array} \right.$

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée on fixe e_1 , e_2 et on calcul e_3 tel que :

$\left\{ \begin{array}{l} e_1 : \text{Couche de roulement} \longrightarrow 6 \text{ à } 8 \text{ cm.} \\ e_2 : \text{Couche de base} \longrightarrow 10 \text{ à } 25 \text{ cm.} \\ e_3 : \text{Couche de fondation} \longrightarrow 15 \text{ à } 35 \text{ cm.} \end{array} \right.$

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

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence a
Béton bitumineux-enrobé dense (BP)	2.00
Grave bitume (GB)	1.50 à 1.70
Grave ciment- grave laitier (GB) (GL)	1.50
Sable ciment (SC)	1.00 à 1.20
Grave concassé ou gravier	1.00
Grave roulée- grave sableuse-TVO	0.75
Sable	0.50
Tuf	0.60

Tableau IV-1 : Coefficient d'équivalence

Remarque :

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée, on fixe e_1 , e_2 et, on calcule e_3 telle que :

e_1 =épaisseur de la couche de roulement (**5-8cm**).

e_2 =épaisseur de la couche de base (**10-20cm**).

e_3 =épaisseur de la couche de fondation (**15-30cm**).

5-2- Méthode des catalogues des structures :

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

5-2-1- Détermination de la classe du trafic :

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

Classe du trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 20
T1	$T < 7,3 \times 10^5$
T2	$7,3 \times 10^5 < T < 2 \times 10^5$
T3	$2 \times 10^6 < T < 7,3 \times 10^6$
T4	$7,3 \times 10^6 < T < 4 \times 10^7$
T5	$T > 4 \times 10^7$

Tableau IV-2 : Classe du trafic

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

Le trafic cumulé est donné par la formule :

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

T_{pl} : Trafic poids lourds à l'année de mise en service.

τ : Taux d'accroissement annuel.

n : Durée de vie (n=20 ans).

5-2-2 Détermination de la classe du sol :

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

Classe du sol	Indice C.B.R
S ₁	25 -40
S ₂	10 - 25
S ₃	5 - 10
S ₄	<5

Tableau IV-3 : Le classement des sols

a) Caractéristiques du sol support :

Nous avons un indice de **CBR= 5**, donc la portance de sol support est de **S3**. Nous devons donc prévoir une couche de forme en matériau non traité de 40 cm (en deux couches), pour améliorer la portance de sol support.

b) Amélioration de la portance du sol support :

Pour améliorer la portance d'un sol, 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 CF.

Les résultats de ces recherches sont résumés dans tableau suivant :

Portance de sol	Matériau CF	Epaisseur de CF	Portance
< S ₄	Non traité	50 cm (2 couches)	S ₃
S ₄	Non traité	35 cm	S ₃
S ₄	Non traité	60 cm (2 couches)	S ₂
S ₃	Non traité	40 cm (2 couches)	S ₂
S ₃	Non traité	70 cm (2 couches)	S ₁

Tableau IV-4 :Les résultats de différentes épaisseurs de la couche de forme.

5-3 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) :

Le catalogue de dimensionnement des chassées se présente sous forme des fiches de dimensionnement dans les quelles les structures sont déjà pré calculées.

L'utilisation du catalogue du dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement des chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement.ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

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

- Approche théorique.
- Approche empirique.

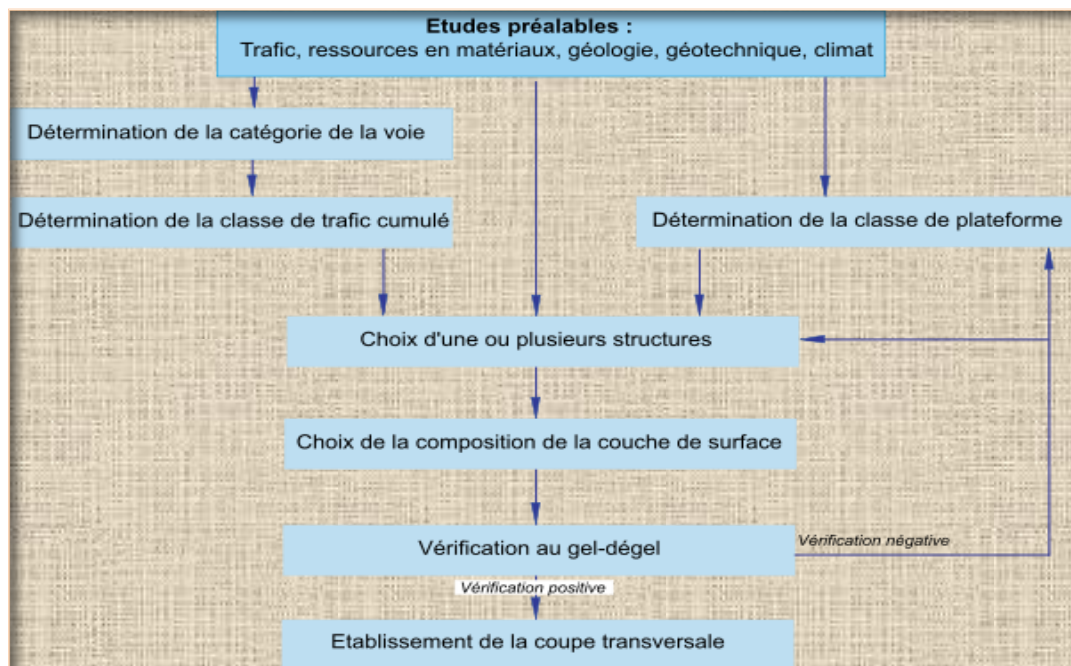


Figure IV-3 : démarches de catalogue.

5-4 Méthode A.A.S.H.O (American Association of Highway official):

Cette méthode est née, à la suite d'un constat fait sur l'accroissement considérable de la circulation routière, qui créait des dommages sur les chaussées américaines et l'exigence des ingénieurs à l'amélioration des techniques de conception routière. Elle est basée sur l'observation du comportement sous trafic de chaussées réelles ou expérimentales. Il s'agit d'établir par régression multiple, des relations entre la durée de vie, l'épaisseur des couches et les propriétés mécaniques des matériaux. Cette méthode permet d'établir des lois d'équivalence entre essieux de charges différentes, de relier statistiquement les déflexions à la structure de la chaussée, de définir un indice de qualité de service des chaussées PSI (ou Present Serviceability Index) ou indice de viabilité et un indice d'épaisseur pouvant s'exprimer par une forme linéaire des épaisseurs des différentes couches.

5-5- Méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)

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

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

T_{eq} : Trafic équivalent par essieu de 13 t.

TJMA : Trafic a la mise en service de la route.

a : Coefficient qui dépend du nombre de voies.

τ : Taux d'accroissement annuel.

n : Durée de vie de la route.

P : Pourcentage de poids lourds.

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

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

IV-6- Choix de la méthode :

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 la qualité des matériaux mise en place.
- ✓ Le soin apporté à l'élaboration et à la mise en œuvre des matériaux.

Nous allons faire un pré-dimensionnement des différentes couches avec les méthodes empiriques telles que la méthode CBR. Après ca, on vérifiera si la structure choisie sera apte à supporter le trafic qu'on a, en utilisant le logiciel ALIZE et en se basant sur les théories de la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.

IV-7- Application au projet :

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

1/ Méthode CBR :

- | | |
|---------------------------------------|--|
| ✓ Le trafic à l'horizon | TJMA₂₀₃₆ = 26659 v/j |
| ✓ Le pourcentage (%) des poids lourds | PL = 10 % |
| ✓ Taux d'accroissement annuel | $\tau = 4\%$ |
| ✓ Indice CBR | 5 |
| ✓ La charge par roue (essieu) | P = 6,5 t |
| ✓ Log : logarithme décimal | |

$$\text{TJMA}_{2036} = 26659 \text{ v/j}$$

$$N = (0,10 \times 26659) / 2 \text{ pl/j/s}$$

$$N = 1332,95 \text{ pl/j/s}$$

Avec:

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

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5} (75 + 50 \log \frac{1332,95}{10})}{5 + 5} = 56,20 \text{ cm.}$$

Rappel :

Le trafic à prendre en compte pour le dimensionnement des chaussées c'est le trafic poids lourds sur la voie la plus chargée de la chaussée.

Répartition transversale du trafic :

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

Dans notre cas, il s'agit d'une route bidirectionnelle à 2 voies, répartition du trafic 50% sur chaque voie :

Soit 50% de 26659 v/j = 13329,5 v/j/sens

Ce qui correspond à :

$$13329,5 \times 10\% = \mathbf{1332,95 \text{ PL/j/voie.}}$$

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5} \left(75 + 50 \log \frac{1332,95}{10} \right)}{5+5} = 56,2 \text{ cm.}$$

$$\mathbf{e=56,5 \text{ cm.}}$$

$$e = \sum a_i e_i = a_1 e_1 + a_2 e_2 + a_3 e_3.$$

❖ **Les coefficients d'équivalence des matériaux utilisés :**

- | | | | |
|---|---|---|---------------|
| { | • Couche de roulement (Béton bitumineux) BB | → | $a_1 = 2.00.$ |
| | • Couche de base (grave ciment) GB | → | $a_2 = 1.50.$ |
| | • Couche de fondation (Grave concassé) GC | → | $a_3 = 1.00.$ |

Pour calculer l'épaisseur de la couche de fondation on fixe l'épaisseur de la couche de roulement et celle de base.

Couche de roulement en BB. $e_1 = 6 \text{ cm}$

Couche de base en GB. $e_2 = 15 \text{ cm}$

$$\begin{cases} e = a_1 e_1 + a_2 e_2 + a_3 e_3 = 2 \times 6 + 1.5 \times 15 + e_3 \times 1 \\ e = 56,5 \text{ cm} \end{cases}$$

$$\mathbf{e_3 = 22 \text{ cm.}}$$

Remarque:

- ❖ Nous avons choisit le matériau non traité pour des conditions économiques.

Pour notre cas on a CBR 5 $\rightarrow S_3$; à partir du {**tableau 3**} nous proposons une couche de forme de 40 cm de tuf pour améliorer la portance du sol support cela veut dire obtenir un CBR compris entre 10 et 25.

Couches	Epaisseur équivalentes cm	Epaisseur réelle cm
Couche de roulement BB	12	6
Couche de base en GB	27	15
Couche de fondation en GC	22	22
total	61	43

Tableau IV-5 : Dimensionnement du corps de chaussée.

Conclusion :

Structure de la chaussée avec la méthode CBR :

6(BB) + 15 (GB) + 22 (GC) + la couche de forme de 40 cm en tuf.

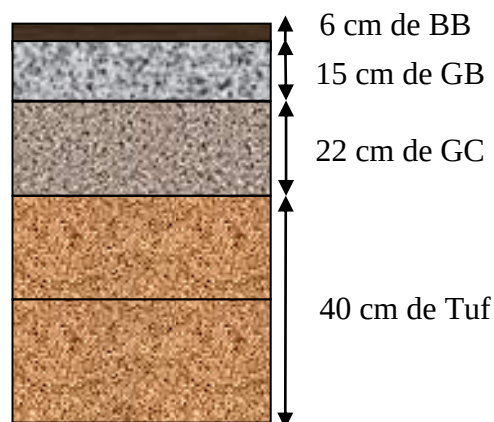


Figure IV-4 : Schémas des différentes couches

2/ Méthode catalogue des structures :

a) Classement de la route dans le réseau principal :

Le réseau routier national est décomposé comme suit :

❖ Le réseau principal noté RP :

Il se décompose des routes reliant :

- Les Chefs lieux de wilaya.
- Les ports, les aérodrômes et les postes frontaliers.
- Les principales agglomérations et importantes zones industrielles.

Ce réseau principal se décompose en deux niveaux :

- Le réseau principal de niveau 1 (RP1) : Liaisons supportant un trafic supérieur à 1500 véhicules /jour.
- Le réseau principal de niveau 2 (RP2) : Liaisons supportant un trafic inférieur à 1500 véhicules /jour.

❖ Le réseau secondaire noté RS :

Il se compose du reste des routes qui ne sont pas classées en RP.

Le trafic à la mise en service est de **TJMA₂₀₁₅=12167 v/j**. (déjà calculé dans le chapitre 2).

Notre projet est un tronçon qui supportant un trafic supérieur à **1500 v/j** donc il est classé dans le réseau principal de **niveau 1(RP1)**.

b) Classement de la route dans le réseau principal :

Niveau de réseau principal RPi	Matériaux types	structures
RP1	MTB (Matériaux traités au bitume)	GB/GB .GB/GNT .GB/TUF .GB/SG .GB/AG
	MTLH (Matériaux traités aux liants hydrauliques)	GL/GL. BCG/GC
	MNT (Matériaux non traités)	GNT/GNT .TUF/TUF .AG/AG .SG/SG
	MTB (Matériaux traités au bitume)	SB/SG

Tableau IV-5 : Classement de la route.

GB : grave bitume, **GL** : grave-laitier, **BCg** : béton de ciment goudonné, **GC** : grave ciment, **GNT** : grave non traitée, **SG** : sable gypseux, **TUF** : encroûtement calcaire, **AG** : arène granitique, **SB** : sable bitume.

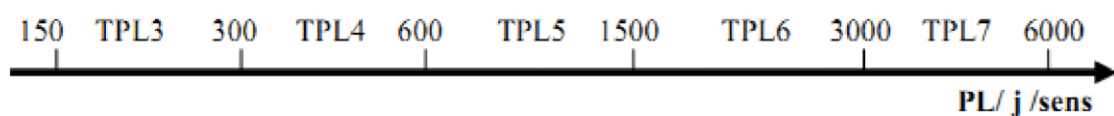
1) Détermination de la classe du trafic :

La classe de trafic **TPLi** est donnée en nombre de poids lourds par jour et par sens sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

$$N_D = 12167 \times 50\% = 6083,5 \text{ v/j/sens (à l'année de mise en service).}$$

$$N_{PL} = 6083,5 \times 10\% = 608,35 \text{ PL/j/voie.}$$

Donc **TPLi = 608,35 PL/j/voie.**



D'après le classement donné par le catalogue des structures, notre trafic est classé en TPL5 (entre 600 et 1500 PL).

2) Classement de portance du sol support de chaussée:

Elle est déterminée sur base du module $E = 5 \text{ CBR}$ avec $\text{CBR} = 5 \rightarrow E = 5 \times 5 = 25 \text{ MPa}$.

La classe du sol support est S_3 .

3) Sur classement du sol support:

Le passage de S_3 à S_2 nécessite la mise en place d'une couche de forme de 40 cm en TUF en deux couches de 20 cm pour chacune.

❖ Avec les données citées plus haut, et une classe de sol S_2 , le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves préconise une structure de :

6 BB+ 20 GB + 30 GNT + 40 TUF. (Catalogue/ fascicule3, page 13).

4) Durée de vie :

La durée de vie fixée par niveau de réseau principal RPI et par matériaux types est synthétisée dans le tableau 4 du catalogue / fascicule 2 page 13.

5) Risque de calcul :

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

→ $r = 10\%$.

6) Données climatiques :

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

→ Alors d'après le tableau 7 du catalogue/ fascicule 2 page 15 :

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

7) Température équivalente :

La valeur de température équivalente θ_{eq} retenu pour le calcul de dimensionnement est en fonction de la zone climatique, elle est donnée dans le tableau 8 du catalogue/fascicule 2 page 15.

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

8) Valeur du coefficient d'agressivité :

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

Il est dans le **tableau 11** du catalogue fascicule 2 page 17. Elle est en fonction du niveau de réseau principale.

$$\rightarrow A = 0,6.$$

9) Conditions aux interfaces :

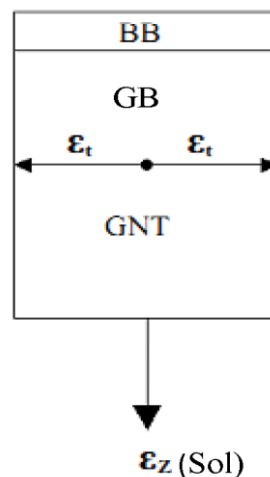
Les conditions aux interfaces interviennent dans la modélisation de la structure pour le calcul des contraintes et déformation, elles sont en fonction du type de structure.

→ Alors d'après le tableau 3 du catalogue/fascicule page toutes les interfaces sont **collées**.

10) Mode de fonctionnement pour le type de structure :

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

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



11) Calcul du trafic cumulé de PL(TCi) :

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

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

Avec :

{ i : Taux d'accroissement géométrique, (pris égal à 0.04 dans le calcul de dimensionnement).
N : Durée de vie considérée, (n= 20 ans).

$$\mathbf{TCi = 608,35 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04}.$$

$$\mathbf{TCi = 0.66 \times 10^7 \text{ PL/j/sens.}}$$

12) Calcul du trafic cumulé équivalent TCEi :

$$\mathbf{TCEi = TCi \times A = 0.66 \times 10^7 \times 0.6}$$

$$\mathbf{TCEi = 3.96 \times 10^6 \text{ pl/j/sens.}}$$

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

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

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

$$\epsilon_{z,ad} = 22 \times 10^{-3} \times (3.69 \times 10^6)^{-0.235}$$

$$\epsilon_{z,ad} = 629 \times 10^{-6}$$

Chaque valeur de TPLi correspond à une valeur de $\epsilon_{z,ad}$.

- La vérification $\varepsilon_Z < \varepsilon_{Z,ad}$ sera surtout à faire dans le cas des chaussées à matériaux non traité, car le critère prépondérant dans le calcul de dimensionnement.
- Dans le cas des chaussées traitées au bitume hydraulique, la pression sur sol support sera tellement faible que le critère $\varepsilon_Z < \varepsilon_{Z,ad}$ sera pratiquement toujours vérifié.

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

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

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

Avec:

$\varepsilon_6(10^\circ\text{C}, 25 \text{ Hz})$: Déformation limite au bout de 10^6 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25 Hz (essai de fatigue).

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

k_{θ} : Facteur lié à la température.

k_r : Facteur lié au risqué et aux dispersions.

k_c : Facteur lié au calage des résultants du modèle de calcul avec comportement observé sur chaussée.

$$K_{ne} = \left(\frac{TCEI}{10^6} \right)^b$$

$$k_{\theta} = \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C}, 10 \text{ Hz})}{E(\theta_{eq} 10 \text{ Hz})}}$$

$$k_r = 10^{-tb\delta}$$

D'ou:

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

Avec :

TCEi : Trafic en nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur une durée de vie considérée.

b : pente de droite de fatigue $b < 0$.

E (10°C) : Module complexe des matériaux bitumineux à la température équivalente qui est en fonction de la zone climatique considérée.

δ :f (dispersion).

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

Avec :

SN : Dispersion sur la loi de fatigue.

Sh : Dispersion sur les épaisseurs (en cm).

C : Coefficient égal à 0.02.

t : Fractile de la loi normale, qui est fonction du risque adopté (r%).

D'après le tableau 13 du catalogue/fascicule 2 page 18 :

➤ $\varepsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25 \text{ Hz}) = 100 \times 10^{-6}$ (déformation sous le grave bitume).

➤ $b = -0.146 : \left(\frac{1}{b} = 6.84 \rightarrow b = \frac{1}{6.84} \rightarrow b = -0.146\right)$.

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

➤ $SN = 45 \text{ (GB)}$.

➤ $Sh = 3 \text{ cm GB}$.

➤ $K_c = 1.3 \text{ (GB)}$.

$$K_{ne} = \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b = \left(\frac{3.96 \times 10^6}{10^6}\right)^{-0.146}$$

$$K_{ne} = 0.817$$

$$k_0 = \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C}, 10 \text{ Hz})}{E(\theta_{eq} 10 \text{ Hz})}} = \sqrt{\frac{12500}{7000}}$$

$$k_0 = 1.33.$$

❖ D'après le tableau 16 du catalogue/fascicule 2 page 20:

$$r = 10\% \rightarrow t = -1.282$$

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

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

$$\delta = 0.61.$$

$$kr = 10^{-tb\delta} = 10^{-1.282 \times 0.146 \times 0.61}$$

$$kr = 0.77$$

$$\rightarrow \varepsilon_{t,ad} = 100 \times 10^{-6} \times 0.817 \times 1.33 \times 0.77 \times 1.3$$

$$\varepsilon_{t,ad} = 108.77 \times 10^{-6}.$$

❖ **Calcul automatique du dimensionnement:** (a l'aide du logiciel **ALIZE III**)

Les déformations admissibles sont :

- ✓ $\varepsilon_{z,ad}$ sol support = 629×10^{-6} .
- ✓ $\varepsilon_{t,ad}$ à la base de GB = 108.77×10^{-6} .

La structure de la chaussée devra satisfaire à la condition (essai de simulation) pour le matériau traité au bitume $\varepsilon_z < \varepsilon_{z,ad}$ **et** $\varepsilon_t < \varepsilon_{t,ad}$ **ou** ε_z **et** ε_t peuvent être déterminés à partir d'un calcul automatique avec le logiciel **ALIZE III**.

IV-8- Principe du programme ALIZE III :

ALIZE III est un programme mis au point au laboratoire central des ponts et des chaussées Paris (1975), il permet de déterminer à partir d'un modèle multicouche, élastique et linéaire fondé sur l'hypothèse de BURIMESTER, les contraintes et les déformations 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 de rayon (r) avec une Symétrie de révolution, Le problème est traité en coordonnées cylindrique.

Les données a rentrer dans le model pour les différentes simulations :

- L'épaisseur de chaque couche.
- Le module (E) et le coefficient de poisson (ν) de chaque couche y compris le sol support.
- Le type d'interface entre les couches

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

Tableau IV-5 : Modélisation de la structure.

								variante 1: Durée= 00:00sec	
épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μ def)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μ def)	SigmaZ (MPa)	Grandeurs affichées	
0,060	4000,0	0,350	0,000	34,7	0,297	31,9	0,660	☒ tableau 1	☐ tableau 2
	collé		0,060	17,5	0,255	70,9	0,606	☐ tableau 3	☐ tableau 4
0,200	7000,0	0,350	0,060	17,5	0,427	30,4	0,606	☐ tableau 5	☐ tableau 6
	collé		0,260	-62,1	-0,547	60,1	0,074	☐ tableau 7	☐ tableau 8
0,150	500,0	0,250	0,260	-62,1	-0,013	156,3	0,074		
	collé		0,410	-45,5	-0,014	101,5	0,045		
0,150	500,0	0,250	0,410	-45,5	-0,014	101,5	0,045		
	collé		0,560	-41,0	-0,018	69,6	0,026		
0,200	500,0	0,250	0,560	-41,0	-0,018	69,6	0,026		
	collé		0,760	-46,9	-0,027	48,6	0,011		
0,200	500,0	0,250	0,760	-46,9	-0,027	48,6	0,011		
	collé		0,960	-69,4	-0,044	52,6	0,004		
infini	25,0	0,350	0,960	-69,4	0,000	183,4	0,004		
								Déflexion =50,2 mm/100	
								entre-jumelage	
								Rdc = 1057,2 m	

Tableau IV-6 : Résultat écran ALLIAE III.

Résultats de simulation :

	Déformation calculées ALLIZE	Déformation admissible
$\varepsilon_{z,ad}$ sol support	183×10^{-6}	629×10^{-6}
$\varepsilon_{t,ad}$ à la base de GB	$62,1 \times 10^{-6}$	$108,77 \times 10^{-6}$

$$\varepsilon_{z,ad} \text{ sol support} = 183 \times 10^{-6} < \varepsilon_{t,ad} = 629 \times 10^{-6}$$

$$\varepsilon_{t,ad} \text{ à la base de GB} = 62,1 \times 10^{-6} < \varepsilon_{z,ad} = 108,77 \times 10^{-6}$$

Résumé: L'application des deux méthodes nous donne les résultants suivants:

Indice CBR	Méthode	
	CBR	Catalogue
5	6BB+ 15 GB + 22 GC + 40 cm TUF	6BB+20GB+30GC+40 cm TUF

Tableau IV-8 : Récapitulatif des résultats.

La méthode CBR est une méthode empirique contrairement à la méthode Catalogue des structures qui se base sur des raisonnements rationnels, c'est pour cela qu'elle est plus précise.

IV-9- Conclusion :

D'après les méthode ci-dessus, on remarque que la méthode CBR, nous donne le corps de chaussée plus économique et tout en sachant que cette méthode reste la plus utilisée en Algérie, donc on choisi les résultat obtenus dans cette dernière pour construire le corps de chaussée de notre projet.

Notre corps de chaussées sera dimensionné comme suit:

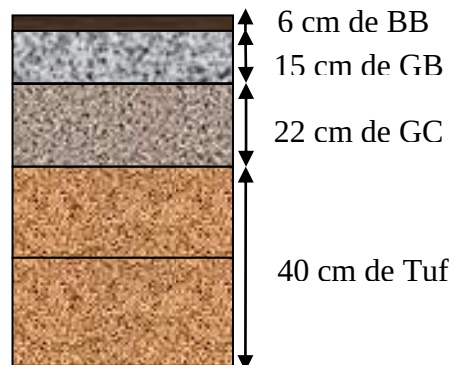


Figure IV-5 : Schémas finals des différentes couches.



CONCEPTION D'ECHANGEUR

V-1- Introduction :

La conception d'un échangeur est l'une des étapes les plus importantes de notre projet, il servira à relier notre liaison autoroutière (RN12-RN24) avec le chemin de wilaya 158 (CW 158) dans quatre directions différentes (Freha, Azzefoun, Akerrou et Yakouren).

V-2- Définition :

Un échangeur est un ouvrage à croisement étagé (niveaux différents) ou un carrefour dénivelé entre deux routes avec raccordements de circulation entre les voies qui se croisent.

En terme plus technique, il est décrit comme un dispositif de raccordement entre plusieurs voies de circulation sans croisement à niveau sur l'autoroute permettant d'y accéder ou d'en sortir, son implantation doit permettre de respecter les conditions générales de visibilité et de perception du point d'échange.

Il compte au minimum un pont permettant au réseau routier d'enjamber l'autre.

Dans les cas les plus complexes, les chaussées peuvent s'étagé sur quatre niveaux différents.

V-3- Rôle d'un échangeur :

Un échangeur a pour rôle d'assurer la continuité des réseaux autoroutiers et de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les flux dans les différentes directions 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 qui provoquent des pertes de temps.

V-4- Avantages et inconvénients d'un échangeur :

a) Avantage de l'échangeur :

Les avantages de l'échangeur sont :

- Facilité aux usagers un déplacement dans de bonnes conditions de confort et de sécurité.
- Évité les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents.
- Évité les points d'arrêts et de reprise
- Assuré la continuité du réseau autoroutier.

b) Inconvénients de l'échangeur :

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

Par rapport au rond-point, les échangeurs augmentent fortement l'emprise au sol et la consommation d'espace (cultivable, habité ou supports d'habitats naturels).

V-5- Règles de conception :

La conception est l'étape la plus déterminante d'un projet puisqu'elle tient compte du prix de rente comparativement aux avantages procurés à moyen et long terme, et pour alléger son prix de rente on évite :

- ✓ Les passages sur des terrains agricoles.
- ✓ Les longs alignements droits.
- ✓ Les terrassements importants.
- ✓ Les sections à forte déclivité.
- ✓ Les sites en courbures à faibles rayons.

V-6- Caractéristiques géométriques des échangeurs :

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

- ✓ Le pont (passage supérieur ou inférieur).
- ✓ Le carrefour plan.
- ✓ Les bretelles.

a) Pont :

Il assure un passage supérieur ou inférieur. La détermination du nombre d'ouvrage d'art «pont» dans un échangeur est en étroite relation avec :

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

b) Carrefour plan :

On trouve les carrefours plans seulement sur les raccordements autoroute-route ordinaire, leur aménagement doit tenir compte des facteurs de sécurité et commodité.

c) Bretelles :

Une bretelle est une voie qui permet le transfert du trafic d'une route à une autre.

Au sens large, est une chaussée de transfert dans un échangeur de circulation entre voies à niveaux différents ou entre voies parallèles.

Les bretelles se terminent à une de leurs extrémités par une voie de décélération et à l'autre par voie d'accélération.

V-7- Différents types d'échangeurs :

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

On distingue deux classes d'échangeurs :

- ✓ Echangeurs majeurs : raccordement autoroute- autoroute.
- ✓ Echangeurs mineurs : raccordement autoroute - route.

a) Echangeurs majeurs :

L'échangeur majeur raccorde entre autoroute et autoroute sans qu'il y ait cisaillement dans les deux autoroutes à raccorder, sont :

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

a-1) Echangeur en trèfle :

C'est l'un des tout premiers types d'échangeurs, apparu dans les années 1930 aux États-Unis. Il est très utilisé également en Allemagne. C'est un échangeur massif, demandant une très grande emprise, et qui est généralement justifié par un trafic important. Le modèle ci-contre comprend également des collectrices latérales, destinées à éviter les croisements de flux de circulation.



Figure V-1 : Echangeur en Trèfle.

a-2) Echangeur en turbine :

Ce type d'échangeur occupe la même superficie qu'un échangeur en trèfle mais en corrige l'un des inconvénient : les bretelles en boucles du trèfle ont un rayon assez serré pour éviter de trop s'étendre, induisant l'obligation de réduire fortement sa vitesse (parfois jusqu'à 30 km/h), donc une capacité limitée et un risque accru de sortie de route, alors que la turbine met en œuvre des courbes à plus grand rayon.



Figure V-2 : Echangeur en Turbine.

a-3) Bifurcation « Y » :

Pour le raccordement à trois branches on utilise le type « Y » tel que la branche qui présente le plus faible doit se détacher par la droite de tronc principal on rejoignant par la droite le même tronc principal.

Ce type comporte un ouvrage biais qui fourni une excellente liaison avec les caractéristiques autoroutières continues.

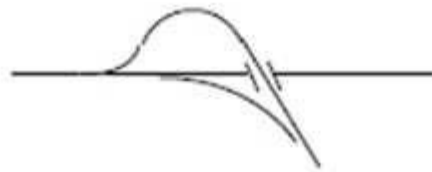


Figure V-3 : Echangeur en Bifurcation « Y ».

b) Echangeurs mineurs :

Il est utilisé pour les raccordements d'une autoroute (route principale) et une route ordinaire (route secondaire), les schémas par raccordement sont :

- ✓ Losange.
- ✓ Demi-trèfle.
- ✓ Trempette.

b-1) Losange:

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

Avantage :

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

Inconvénients :

- L'emprise « il occupe quatre quadrants ».

- Subsistent des cisaillements sur la route secondaire qui exige un aménagement de carrefour.

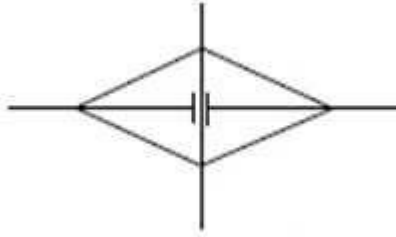


Figure V-4 : Echangeur en Losange.

b-2) Demi-Trèfle :

Comporte deux boucles et deux diagonales, c'est un carrefour à niveau sur la route secondaire, il est envisagé de préférence au schéma de type losange dans le cas particulier d'une distribution nettement dissymétrique des trafics d'échange dans la mesure de possible utilisation des boucles en voies d'entrée. Ce qui améliore les conditions de visibilité et de sécurité.

Avantage :

- Emprise réduite « occupe deux quadrants ».
- Construction économique.

Inconvénients :

- Schéma moins directionnel.
- Ouvrage de franchissement très large.
- Circulation lente dans les boucles.
- Cisaillement sur la route secondaire.

Généralement on a deux types de demi-trèfle :

1. Demi-trèfle symétrique par rapport au centre (à quadrants opposés).
2. Demi-trèfle symétrique par rapport à la route principale (à quadrants contigus).

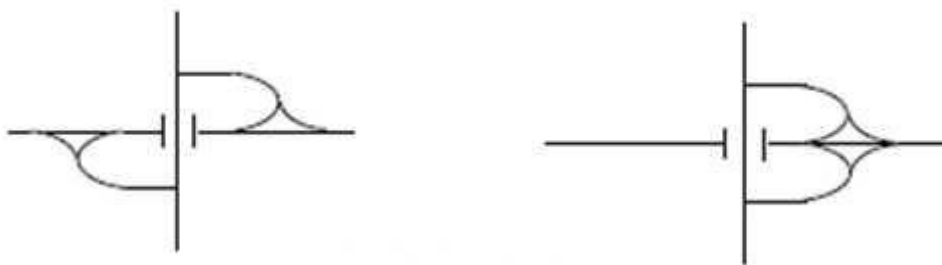


Figure V-5 : Echangeurs en Demi-Trèfle.

b-3) Trempette :

D'usage exceptionnel par exemple raccordement à une route importante parallèle à l'autoroute. Utilisé dans le cas de raccordement entre trois branches, il comporte :

- Un alignement droit commun à toutes les bretelles.
- Une boucle « entrée ou sortie ».
- Une diagonal de sortie.

Ce schéma est bien adapté pour les accès aux autoroutes à péage, par ce que toute voiture roulant parcourra un sens à l'autre, doit obligatoirement passer par un alignement droit où on implante la station de péage. Ce type est utilisé même pour les raccordements à quatre branches.

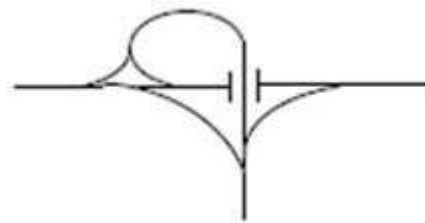


Figure V-6 : Echangeur en Trempette.

V-8- Conditions à respecter :

- ✓ Eviter les sites en courbe de faibles rayons.
- ✓ Eviter les sites en point haut profil en long.
- ✓ Eviter de passage au voisinage ou sur des habitations et édifices publics.
- ✓ Eviter les sections à fortes déclivités.
- ✓ Les terrassements importants.
- ✓ Passage au terrain agricole.

V-9- Choix de l'échangeur :

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 adaptée 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 garantie 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.

V-10- Application au projet :

Le tracé de notre liaison RN12-RN24 intercepte le CW 158 au PK12+100 où on a prévu d'implanter un échangeur afin d'assurer tous les échanges avec Freha, Akerrou, Azeffoun et Yakouren.

Etape 1 : détermination du tracé à partir du :

- **Terrain :**
 - ✓ Terrain vallonné.
 - ✓ Le terrain devant recevoir le futur échangeur implique l'introduction de procédure d'expropriation.
- **Types de routes à raccorder :**

L'échangeur à concevoir doit assurer un raccordement entre la liaison (RN12- RN24) (2x2 voies) et le CW158 (2 voies).

Donc notre échangeur sera de type : **Echangeur mineur.**

- **Vitesse sur les bretelles :**

D'après B40 :

- La vitesse sur la pénétrante est de 80 km/h.
- La vitesse sur le CW 158 est de 60 km/h
- La vitesse sur l'échangeur est de 40 à 60 km/h.

On va prendre la vitesse sur les bretelles $V_B=40$ km/h

Distribution du trafic :

- Le croisement est de 2 branches.
- L'échangeur distribue le trafic dans 8 directions.

Etape 2 : Configuration du tracé à adopter :

Valeurs limite sur les bretelles avec une vitesse de 40 km/h

$R_{min} = 100$ m

$R_{max} = 300$ m

Etape 3 : Analyse :

L'échangeur prévu sera constitué de 2 branches, pour cela nous avons le choix entre :

- Demi-Trèfle à quadrants opposés.
- Demi-Trèfle à quadrants contigus.

L'échangeur choisi :

Après l'analyse de 2 types d'échangeurs proposés, on a trouver que l'échangeur le plus avantageux est celui de type Demi-trèfle a quadrants contigus, avec l'implantation d'un giratoire pour permettre l'échange dans les 8 directions.

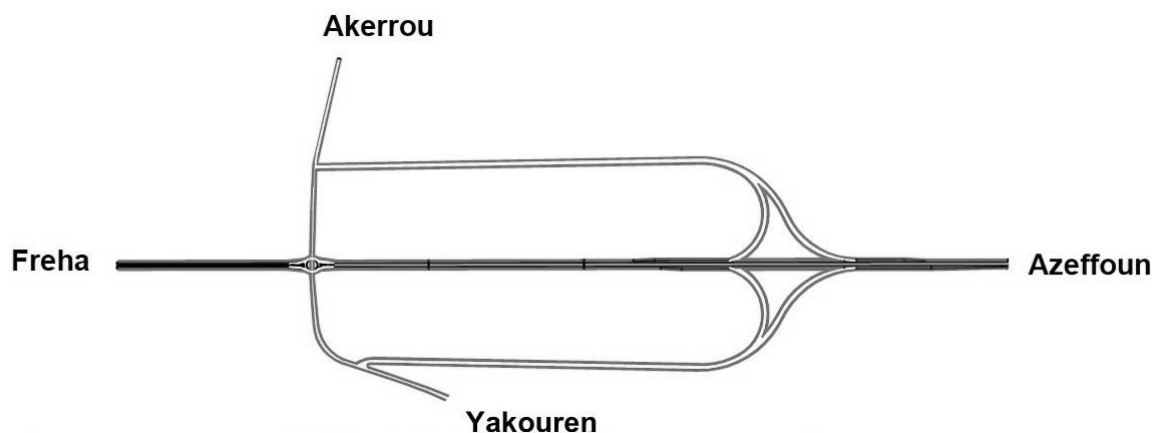
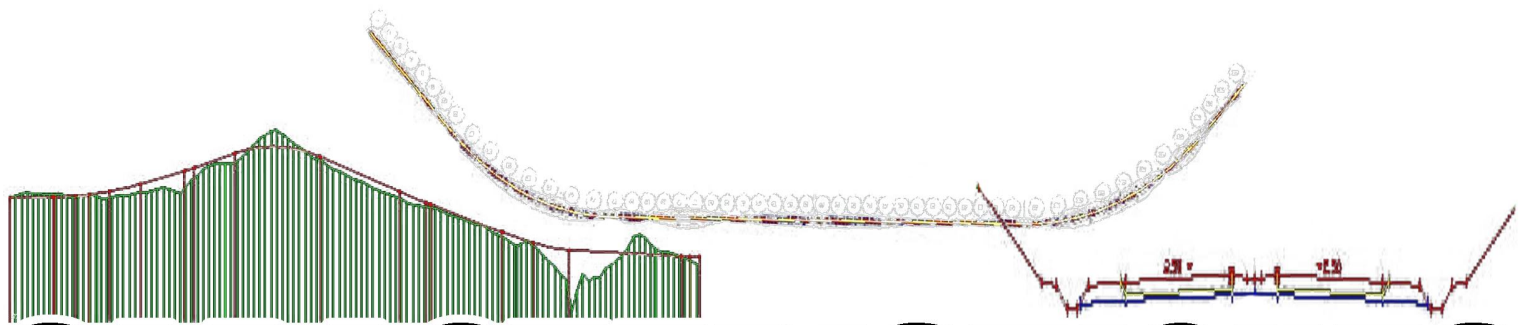


Figure V-7 : Schéma type de l'échangeur.

V-11- Conclusion :

Notre échangeur va relier la nouvelle pénétrante Freha-Azeffoun (2x2 voies) avec le chemin de wilaya 158 (2 voies), pour désengorger ce dernier, et amoindrir son trafic.



CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES

Partie I : Présentation du logiciel Piste 5 :

VI-1- Introduction :

Dans tout projet de réalisation d'une infrastructure de transport routière, l'ingénieur doit commencer par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus adéquate à la configuration du terrain.

La route est un ouvrage spatial, représenté en trois dimensions, la projection de la route sur les trois plans de l'espace nous permet d'avoir les trois principales représentations graphiques de la route à l'aide du logiciel **Piste 5** :

- Tracé en plan.
- Profil en long.
- Profils en travers.

VI-2- Présentation du logiciel Piste 5 :

Le logiciel Piste est l'un des logiciels les plus utilisés dans la conception routière.

Il se base sur la méthode de conception géométrique des routes à partir du tracé en plan (AP), profil en long (PL) et profil en travers (PT).

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

- Aménagement des routes principales.
- Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines (ICTAVRU)
- Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison (ICAAL).

VI-3- Organigramme de l'application :

Un projet piste est constitué d'un fichier principal appelé fichier piste, il peut être lancé de plusieurs manières :

- A partir du raccourci sur le bureau avec double clique.
- En exécutant le programme piste 5 du menu démarrer.
- En double cliquant sur le nom d'un fichier : conception plane (dap), conception longitudinale (dpl), fichier créé (pis), fond de plan (seg) et profil type (typ).

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

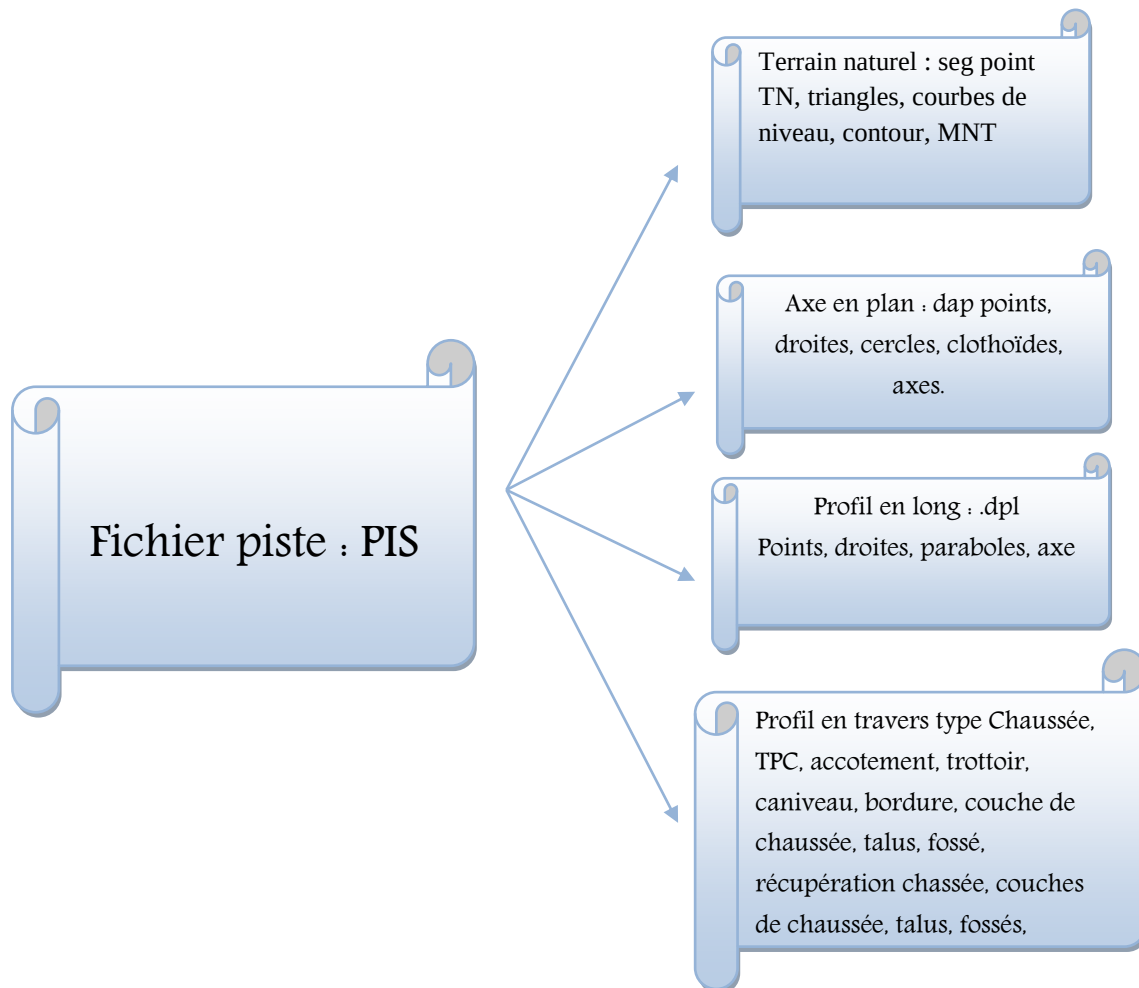


Figure VI-1 : L'interaction entre les fichiers principaux du logiciel piste.

Partie II : Caractéristiques géométriques :

VI-1- Introduction :

Une route dans le sens du tracé, est une voie de circulation composée d'une suite de tronçons qui relient les centres à desservir au moyen d'une bande de surface de l'espace, qui doit s'adapter le mieux possible au relief du terrain qui la supporte et qui peut être parcourue de façon sûre et confortable à la vitesse de base.

Cette voie se compose d'éléments géométriques bien définis, dont l'assemblage constitue ce que l'on appelle le tracé.

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

- Tracé de son axe en situation ou en plan
- Tracé de cet axe en élévation ou profil en long
- Profil en travers.

Les caractéristiques géométriques de ces éléments doivent correspondre à la meilleure solution du point de vue économique, et satisfaire certaines conditions minimales dictées par la nature, plus particulièrement la topographie et la géologie ainsi que le trafic futur prévu.

VI-2- Principes généraux de l'étude géométrique :

Pour parfaire la vue dans l'espace de son projet, l'ingénieur utilisera avec avantage le dessin des perspectives, les photomontages, les modèles, les maquettes, ...etc.

Les principes généraux dont s'inspirera le projeteur sont les suivants :

a) Influences naturelles :

- Le tracé général d'une route se rapprochera des grands axes naturels ou coupures naturelles (vallées, cours d'eau) et des axes construits (voies ferrées, canaux).
- La géologie et l'hydrographie joueront un grand rôle dans le coût de construction (qualité des terrains à excaver, présence et position de nappes phréatiques, approvisionnement en matériaux de construction).
- Les conditions climatiques seront prises en considération en vue d'une exploitation sûre et économique (ensoleillement, humidité, enneigement).

b) Influences techniques et économiques :

- L'équilibre déblais-remblais (mouvement des terres) sera recherché, mais il a moins d'importance que la mécanisation des chantiers.
- Les ouvrages d'art doivent s'adapter au tracé général adopté et non pas l'inverse, mais l'estimation de leur coût peut influencer le choix du tracé à l'origine ou amener une modification locale du tracé.

En secteur accidenté, trouver un compromis rationnel entre un mauvais tracé sans ouvrages d'art et un tracé élégant composé en majeure partie de ponts et tunnels, très coûteux.

- L'évaluation du coût de construction sera donc prise en considération très tôt dans l'étude, mais se souvenir qu'une solution techniquement insuffisante ne peut pas se justifier par un faible coût.

c) Sécurité d'exploitation et confort :

- Supprimer les risques d'inondation, de chutes de pierres et d'avalanches et les prévenir ou en tenir compte (digues, galeries de protection).
- Tracé le plus voisin de l'horizontale et le plus tendu possible (faibles déclivités et longues courbes de grands rayons)
- Pour les routes interrégionales ne pas traverser les agglomérations, se tenir le plus près possible pour faciliter les usages potentiels).

VI-I- Tracé en plan :

I-1- Définition :

Le tracé en plan d'une route représente la projection verticale sur un plan horizontal de la route dans l'espace, il est constitué d'une succession de courbes et d'alignements droits séparés ou pas par des raccordements progressifs. Il vise à assurer de bonnes conditions de sécurité et de confort tout en s'intégrant au mieux dans la topographie du site.

I-2- Règles à respecter dans le tracé en plan :

Pour un bon tracé en plan certaines recommandations doivent être suivies. Nous pouvons citer par exemple :

- L'adaptation du tracé au terrain naturel pour qu'il n'y ait pas de terrassement important et donc un grand mouvement des terres.
- Il faut raccorder le nouveau tracé au réseau routier existant.
- Eviter les terrains instables ainsi que les terrains agricoles et les propriétés privées.
- Eviter le franchissement des oueds pour éliminer la réalisation des ouvrages d'arts.

I-3- Les éléments géométriques du tracé en plan :

La route étant destinée à se rendre d'un point A à un point B, le tracé en plan rectiligne étant le plus court semble être la solution idéale, Dans les routes romaines c'était la solution adoptée, Aujourd'hui, on préfère un tracé légèrement infléchi au lieu de la droite, car pour la circulation actuelle les longs alignements présentent de sérieux inconvénients.

La tendance actuelle est donc d'adopter, même en plaine, des courbes de grands rayons (plusieurs Km), raccordées par des alignements courts ou pas d'alignements du tout.

Les grands rayons utilisés n'introduisent pratiquement pas d'accélération centrifuge sensible et n'allongent guère le tracé.

En première approximation, le tracé de l'axe des routes est composé de lignes droites raccordées par des cercles. Mais la pratique des grandes vitesses a imposé l'emploi d'un élément supplémentaire pour le raccordement entre les précédents.

Les éléments géométriques du tracé en plan sont donc :

- Droites = alignements
- Arcs de cercle
- Courbes de raccordement (CR) de courbure progressive.

Deux conceptions tout à fait valables sont alors envisageables pour un tracé en plan :

- Tracé composé essentiellement d'alignements, reliés par des courbes.
- Tracé composé essentiellement de courbes, reliés par des alignements.

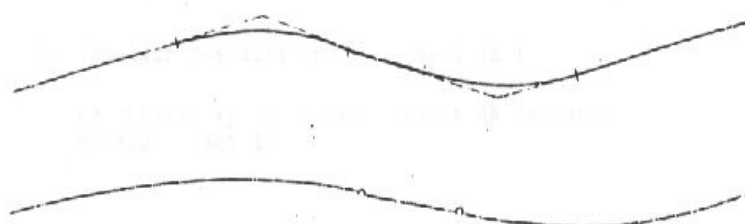


Figure VI-2 : Solutions envisageables pour un tracé en plan.

3-1- Alignements :

Bien qu'en principe la droite soit l'élément géométrique le plus simple, son emploi dans le tracé des routes modernes est restreint.

La cause en est qu'il présente des inconvénients, notamment :

- De nuit, éblouissement prolongé des phares.
- Difficultés de conduite et monotonie qui peuvent engendrer des accidents ou un malaise chez le conducteur.
- Mauvaise adaptation de la route au paysage.
- Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.

Il existe toutefois des cas exceptionnels, où l'emploi d'alignements se justifie pleinement, par exemple:

- En plaine, où des sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
- Dans les vallées étroites et rectilignes; où des courbes imposeraient des ouvrages d'art.
- Dans un secteur constitué de grandes parcelles rectangulaires.
- Pour donner une possibilité de dépassement à une route à deux voies.
- En zone urbaine, où existent des passages imposés, des bâtiments, des plans d'alignement.

❖ La longueur minimale :

C'est celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps t d'adaptation.

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

$$\text{Avec : } \begin{cases} t = 5 \text{ secondes} \\ v: \text{vitesse véhicule (m/s)} \end{cases}$$

$$L_{\min} = 5 \cdot \frac{V_B}{3,6}$$

❖ La longueur maximale :

C'est celle qui correspond au chemin parcouru pendant 1 minute à la vitesse v .

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

$$\text{Avec : } \begin{cases} t = 60 \text{ secondes} \\ v: \text{vitesse véhicule (m/s)} \end{cases}$$

$$L_{\max} = 60 \cdot \frac{V_B}{3,6}$$

Application au projet :

Pour notre projet, les alignements Lmin et Lmax sur la (RN12-RN24) et le CW158 sont :

- a) Lmin et Lmax sur la RN12-RN24 : (v = 80 km/h)

$$L_{min} = 5 \cdot \frac{80}{3.6} = 112 \text{ m}$$

$$L_{max} = 60 \cdot \frac{80}{3.6} = 1334 \text{ m}$$

- b) Lmin et Lmax sur le CW 158 : (v = 60 km/h)

$$L_{min} = 5 \cdot \frac{60}{3.6} = 84 \text{ m}$$

$$L_{max} = 60 \cdot \frac{60}{3.6} = 1000 \text{ m}$$

3-2- Arcs de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

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

a) Stabilité en courbe :

Dans un virage de rayon R, le véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système.

Afin de réduire l'effet de la force centrifuge, on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur de la courbe afin d'éviter le phénomène de dérapage, d'une pente dite dévers exprimée par sa tangente.

Remarque :

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

Catégorie C	Environnement E	Dévers (%)	
		dmax	dmin
1 - 2	1 - 2 - 3	7	2.5
3 - 4	3	7	3
3 - 4	1 - 2	8	3
5	1 - 2 - 3	9	3

Tableau VI-1 : Valeurs du dévers.

Ainsi pour chaque V_B , on définit une série de couples (R, d) :

➤ Rayon horizontal minimal absolu RHM :

$$R_{\min} = \frac{v^2}{g(f_t + d)}$$

Avec : $v = \frac{V_B}{3,6}$ (m/s)

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

- V_B : vitesse de base
- f_t : coefficient de frottement transversal donné par le (B40)

v	40	60	80	100	120	140
f_t	0.20	0.16	0.13	0.11	0.10	0.09

Tableau VI-2 : Coefficient de frottement transversal.

➤ **Rayon minimal normal RHN :**

Le rayon minimum normal RHN doit permettre à des véhicules dépassant V_B de 20 Km/h de rouler en sécurité.

Avec :

$$\text{RHN} (V_B) = \text{RHm} (V_B + 20)$$

➤ **Rayon au devers minimal RHD:**

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

$$\text{RHd} = \frac{V_B^2}{127.2. d_{\min}}$$

➤ **Rayon minimal non déversé RHND :**

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

$$\text{RHnd} = \frac{V_B^2}{127.3,035} \longrightarrow \text{Catégories 1 et 2}$$

$$\text{RHnd} = \frac{V_B^2}{127.(f''-0.03)} \longrightarrow \text{Catégories 3, 4 et 5}$$

Avec : $\begin{cases} f'' = 0,07 & \text{catégorie 3} \\ f'' = 0,075 & \text{catégorie 4 - 5.} \end{cases}$

Application au projet :

Tout projet routier est dimensionné conformément aux recommandations des normes techniques en vigueur. Ainsi notre projet sera dimensionné conformément aux normes algériennes d'aménagement des routes (B40).

Notre route, selon son utilité publique jugée capitale et vis-à-vis sa situation géographique, elle est donc classée en catégorie C2.

Elle se situe dans un environnement E2

Les rayons indiqués dans les normes B40 sont en fonction de la vitesse de base, la catégorie et le sens de circulation. En considérant VB=80km/h.

				Dévers associé %
RAYON	Minimum absolu (m)	RHm	250	7
	Minimum normal (m)	RHN	450	5
	Au divers minimal (m)	RHd	1000	2,5
	Non déversé (m)	RHnd	1400	-2,5

Tableau VI-3 : Les rayons horizontaux et les dévers associés.

b) Visibilité masquée dans une sinuosité :

Un virage d'une route peut être masqué du côté intérieur de la courbe par le talus du déblai si la route est en tranchée, par une construction ou une forêt. Pour assurer une visibilité étendue au conducteur d'un véhicule, il va falloir reculer le talus ou abattre les obstacles sur une certaine largeur à déterminer, Au lieu de cela, une autre solution serait d'augmenter le rayon du virage jusqu'à ce que la visibilité soit assurée.

c) Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible:

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

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

La valeur de la sur largeur théorique S est nécessaire pour une voie de circulation :

$$S = \frac{L^2}{2R}$$

Avec : $\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{L} : \text{longueur du véhicule (longueur moyenne est de 10m)} \\ \mathbf{R} : \text{rayon de l'axe de la route.} \end{array} \right.$

3-3 Courbes de raccordement :

Le tracé en plan qui, en première approximation, se compose d'une succession de droites et d'arcs de cercles accuse aux points de tangence une discontinuité de courbure qui n'est plus compatible avec les grandes vitesses pratiquées aujourd'hui, toute fois le passage de l'alignement droit au cercle ne peut se faire brutalement, mais progressivement en introduisant une courbe de raccordement dont la courbure varie linéairement.

a) Rôle des courbes de raccordement :

Les courbes de raccordements assurent :

- La stabilité transversale de véhicule
- Le confort des passagers de véhicule
- La transition de la chaussée
- Un tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

b) Types de courbe de raccordement :

- La parabole cubique.
- La lemniscate.
- La clothoïde.

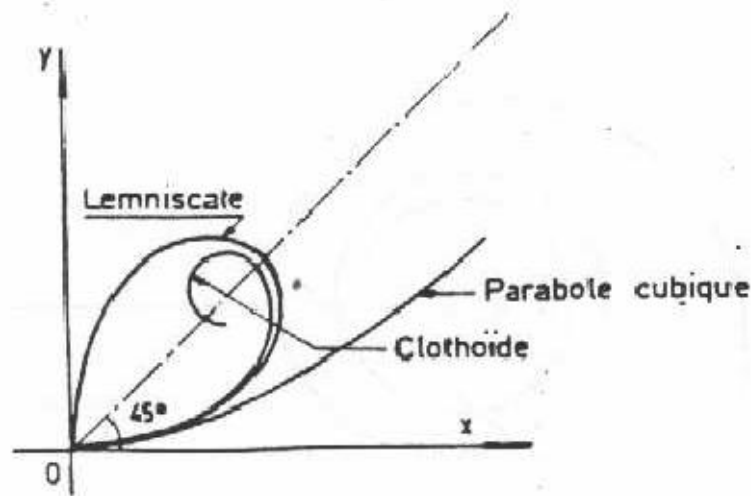


Figure VI-3 : Comparaison des 3 types de courbes de raccordement.

Toutefois la clothoïde reste la courbe à raccordement progressif la plus utilisée.

c) Les arcs de clothoïde :

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

Soit sa longueur L

Soit $\frac{\Delta d}{\Delta t} \leq 2\%$ avec $\Delta t = \frac{L}{v}$ et $v = \frac{V}{3,6}$

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

Δd : la différence de devers exprimé en valeur réelle.

V_B : vitesse de base.

Soit son paramètre A

Avec

$$A^2 = L \cdot R$$

L : la longueur de la clotoïde.

R : le rayon horizontal.

Le choix de celle-ci doit respecter les conditions optiques, de gauchissement, et de confort dynamique.

Leurs domaines d'utilisation sont les suivants :

- Ils peuvent constituer d'emblée une partie du tracé
- Ils servent de raccordement entre deux alignements droits entre deux cercles, entre cercle et alignement droits
- Ils sont utilisés pour toutes les zones où le devers doit varier.

I-4- Combinaisons des éléments du tracé en plan :

La combinaison des éléments du tracé en plan donne plusieurs types de courbes, qui sont:

a) Courbe en S :

Est une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle.

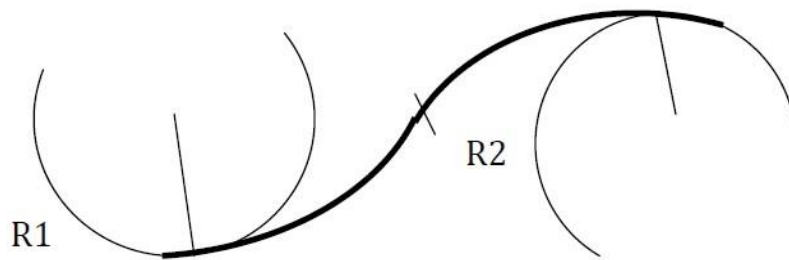


Figure VI-4 : Courbe en « S »

b) Courbe à sommet :

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

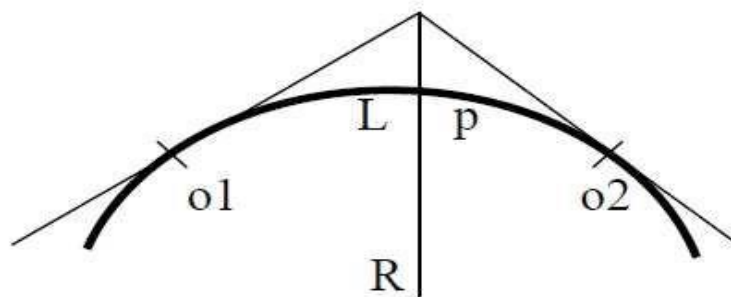


Figure VI-5 : Courbe a sommet.

c) Courbe en C :

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

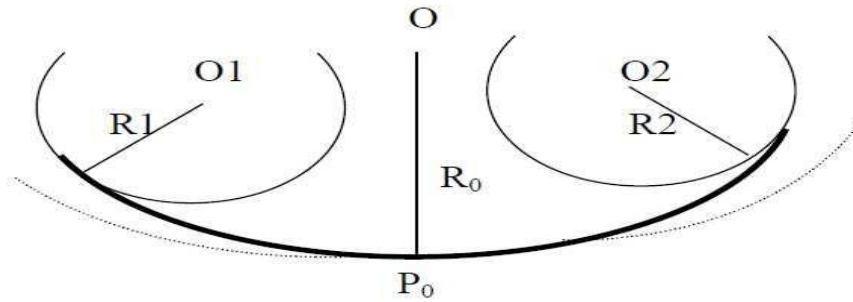


Figure VI-6 : Courbe en « C ».

d) Ove :

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

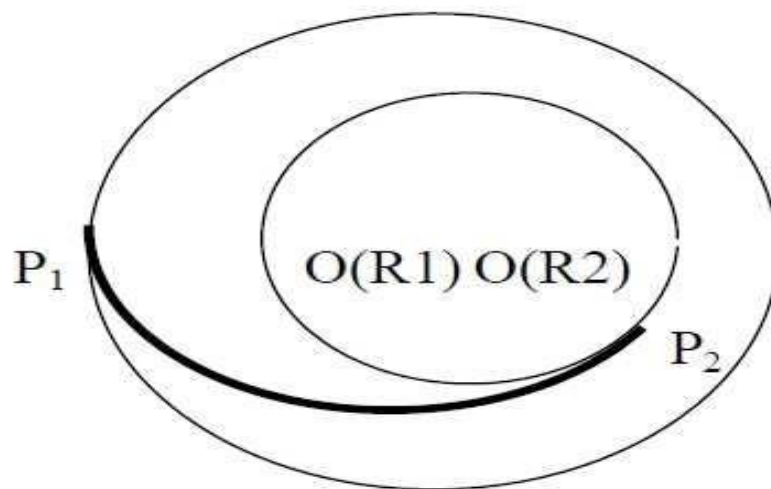


Figure VI-7 : Courbe en forme Ovale.

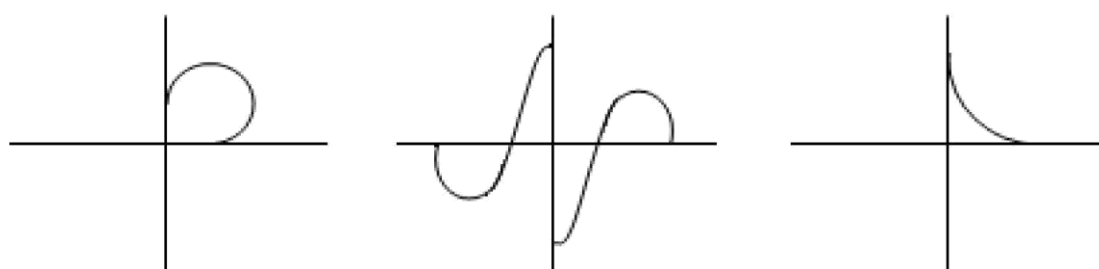
I-5- Les Bretelles

5-1- Définition :

Sont des voies qui se détachent et se raccordent entre les deux routes qui se croisent. Chaque bretelle se termine à une de ces extrémités par une voie de décélération et l'autre par une voie d'accélération.

5-2- Type de bretelles :

Il existe trois types de bretelles dont la combinaison entre elles donne une multitude de formes d'échangeurs.



Boucle

Anse

Diagonale

Figure VI-8 : Courbe en forme Ovale.

5-3- Caractéristiques des bretelles :

Bretelles	Boucle	Diagonale	Anse
Débit de pointe (uvp/h)	<500	500-1000	1000-2000
Rayon en plan (m)	40-75	100-175	>120

Tableau VI-4 : Caractéristiques des Bretelles.

I-6- Principes Généraux :

6-1- Calcul des longueurs de voies d'insertion et de décélération :

a) Voies d'insertion (d'accélération) :

La voie d'insertion permet au conducteur d'augmenter la vitesse jusqu'à atteindre celle pratiquée sur la route principale, elle est de type parallèle, sa longueur est donnée :

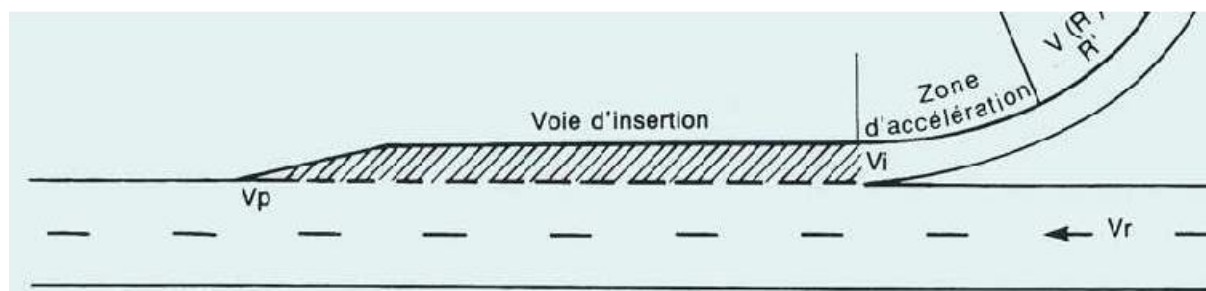


Figure VI-9 : Voie d'insertion.

Va (Km/h)	60	80	100	120
L (m)	140	180	240	320
l (m)	40	50	70	80

Tableau VI-5 : Longueur de voie d'insertion.

Va : vitesse d'approche à vide.

L : longueur de la voie d'insertion comptée du nez d'entrée réduit à 1m jusqu'au point où la longueur se réduit à 1.5m.

Les voies d'insertion ont pour largeur : 3m pour $V_a < 100 \text{ Km/h}$

3.5m pour $V_a > 100 \text{ Km/h}$

Pour notre cas :

La longueur de la voie d'insertion : Pour la RN12-RN24 ($V_r = 80 \text{ km/h}$) :

La longueur de la voie d'insertion $L = 180 \text{ m}$.

La longueur du sifflet d'insertion $l = 50 \text{ m}$.

Et le CW158 ($V_r = 60 \text{ km/h}$):

La longueur de la voie d'insertion $L = 140 \text{ m}$.

La longueur du sifflet d'insertion $l = 40\text{m}$.

b) Voie de décélération :

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

b-1) Voie de décélération de type diagonale :

L'usage de tel couloir est recommandé pour les tournes à droite, dans le cas où la vitesse d'approche à vide de carrefour est au moins égale à 80 Km/h , le couloir comporte :

- ✓ Un biseau de sortie rectiligne.
- ✓ Un raccordement progressif.

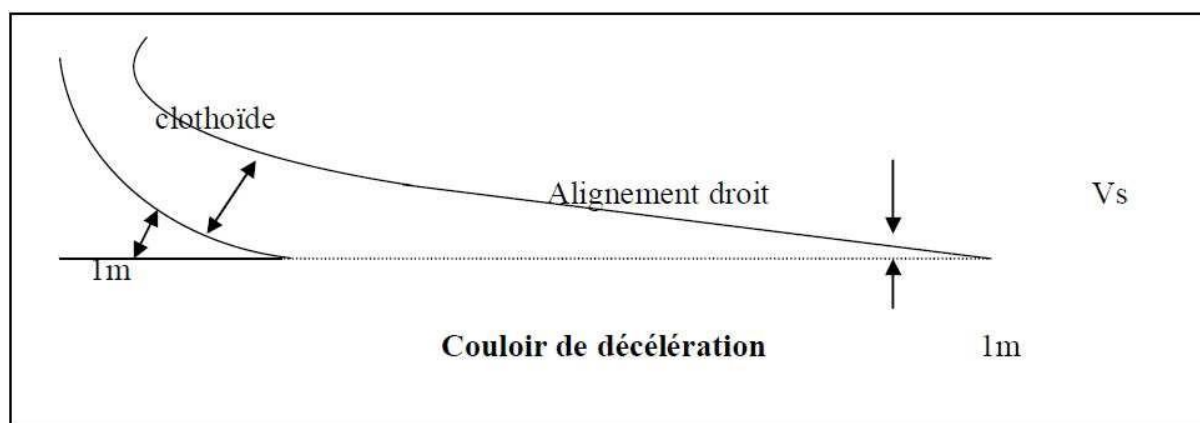


Figure VI-10 : Voie de décélération de type diagonale.

b-2) Voie 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.

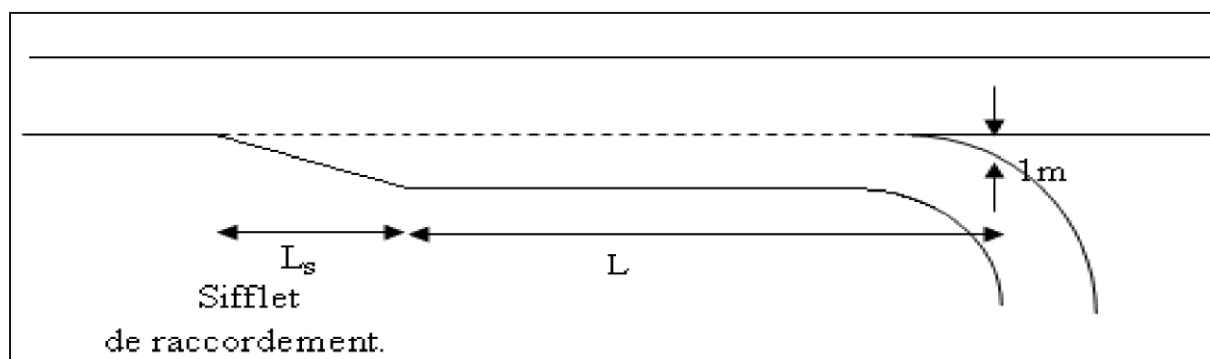


Figure VI-11 : Voie de décélération de type parallèle.

Le tableau ci-dessous donne la longueur de la voie de décélération (L) et la longueur du sifflet de raccordement (Ls) en fonction de la vitesse d'approche.

Va (Km/h)	60	80	100	120
L (m)	70	115	170	240
Ls (m)	40	50	60	75

Tableau VI-6 : Longueur de voie de décélération et de sifflet.

Pour notre cas :

La longueur de la voie de décélération :

Pour la RN12-RN24 ($V_r = 80\text{km/h}$) :

Longueur de décélération : $L = 115\text{m}$.

Longueur de sifflet de raccordement : $L_s = 50\text{m}$.

Et CW 158 ($V_r = 60\text{km/h}$):

Longueur de décélération : $L = 70\text{m}$.

Longueur de sifflet de raccordement: $L_s = 40\text{m}$.

I-7- Résultats obtenus avec le Logiciel Piste 5 :

Etape 1:

a) Construction du terrain :

Nous allons à présent procéder à la conception du projet a partir du logiciel piste et pour cela nous devons en premier lieu lire le levé topographique sur le logiciel piste :

A partir du levé topographique que nous a procuré la DTP

Ouvrir le levé sur Autocade → enregistrer sous forme DXF dans un fichier piste nommer levé topo.

Ouvrir piste en cliquant dessus → fichier → nouveau → fond de plan TPL (.seg) → dans le même fichier piste ou nous avons enregistré le levé topographique sous forme DXF → nommer (dans notre cas fond de plan) → ok

Fichier → lire → (levé)

Nous obtenons alors le nuage de points suivant :

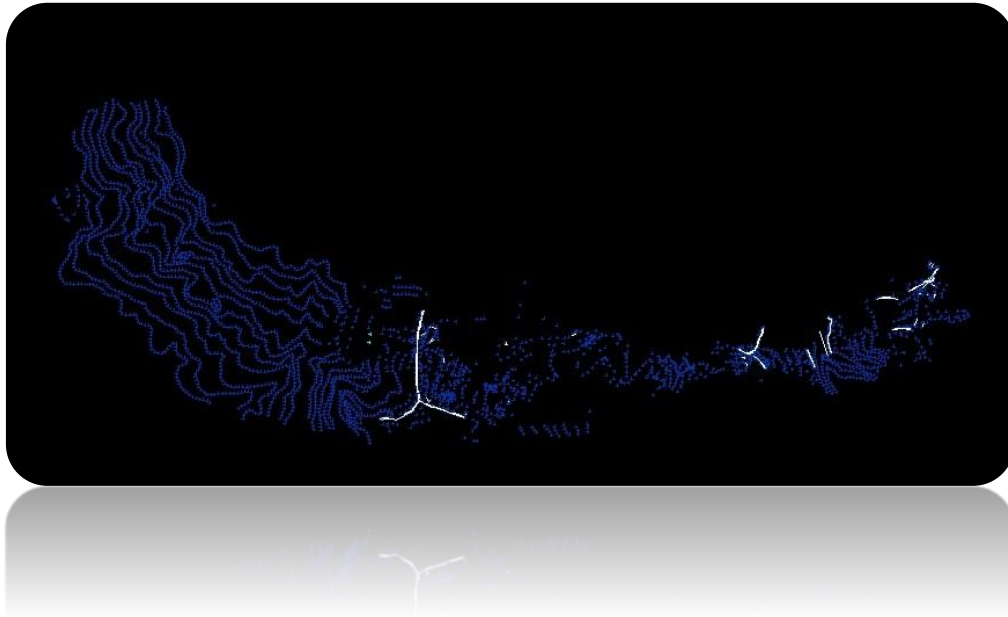


Figure VI-12 : nuage de points.

b) Triangulation :

Une fois la lecture effectuée, nous lançons la triangulation qui consiste à déterminer, pour tous les points, des facettes triangulaires qui modélisent les sommets.

Fichier → ouvrir → fond de plan → (fond de plan) → ok

Calcul → Trianguler → oui.

Nous obtenons la triangulation suivante :

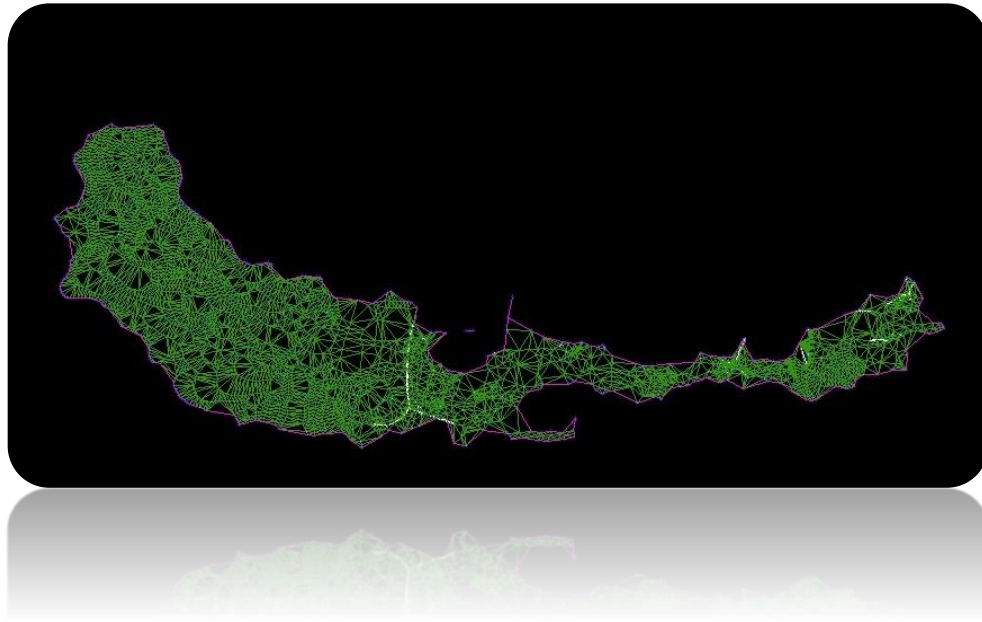


Figure VI-13 : Triangulation.

c) Calcul des courbes de niveau :

Les courbes de niveau sont les courbes reliant les points de la carte ayant la même altitude :

Une fois la triangulation effectuée → calcul → courbe de niveau → choisir la valeur du pas (ex : 1m) → ok

Nous obtenons :

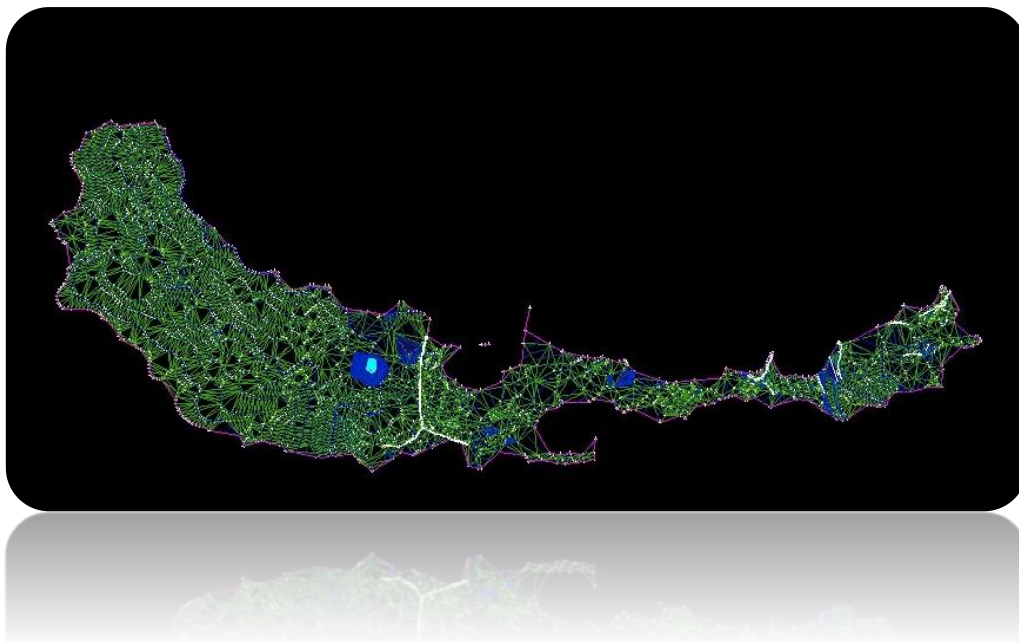


Figure VI-14 : Calcul des courbes de niveau.

On modifie alors les points à altitudes trop élevée ou trop basse dues à des erreurs de prélèvement topographiques et qui sont représentés par des zones rouges

Modification → cote d'un point → Modifier la cote.

Nous passons à présent à la conception plane pour avoir notre **TEP**

Fichier → nouveau → conception plane → créer un nouveau fichier nommée (axe en plan) → ouvrir.

Fichier → fond de plan → ouvrir.

Etape 2 :

a) Définition de l'axe en plan et tabulation :

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.

- **Les points :**

Elément → point → nom d'élément → saisir le nom d'élément dans la boîte de dialogue (P1, P2,...) → graphiquement → on place le point → exécuter

- **Droite**

Elément → droite → nom d'élément → saisir le nom dans la boîte de dialogue point → sélectionner graphiquement les deux points qui relient la droite → exécuter

- **Valeur des rayons :**

Elément → distance → nom d'élément → saisir R1 saisir → entrer la valeur du rayon → exécuter.

- **Création d'une liaison :**

Elément → liaison → nom d'élément → saisir sélectionner les deux droites à raccorder sélectionner la distance (rayon) → ok

- **Création de l'axe en plan :**

Elément → axe → Nommer l'axe (axe1) → point p1 → fin automatique.

- **Tabulation :**

Calcul → tabulation avec création de profil → création pis → 0 20 → ok

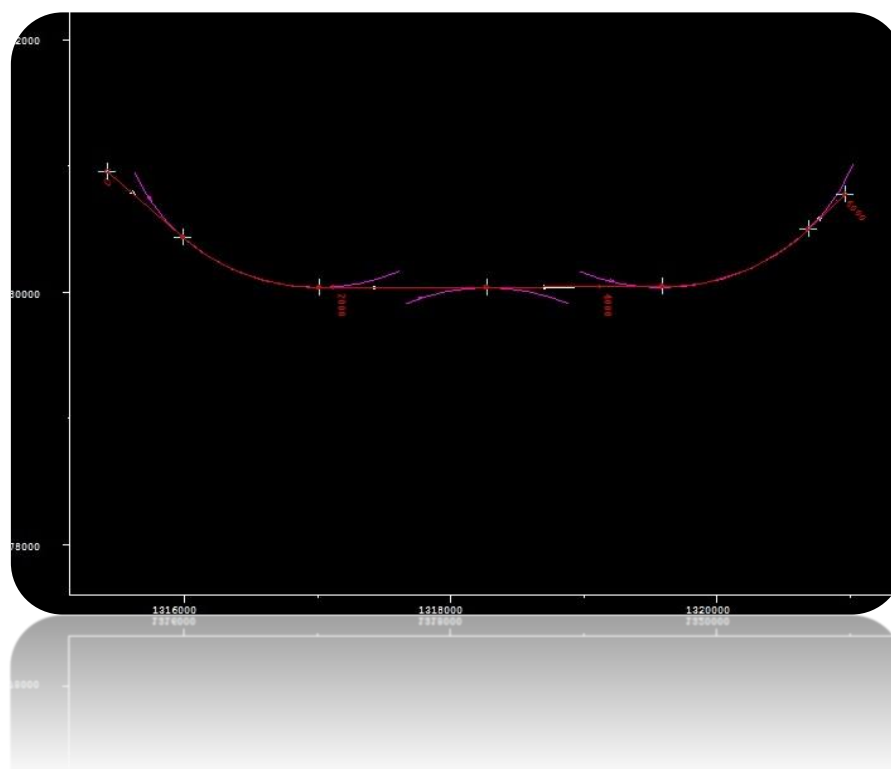


Figure VI-15-a : Axe en plan de la route (PK10 – PK15).

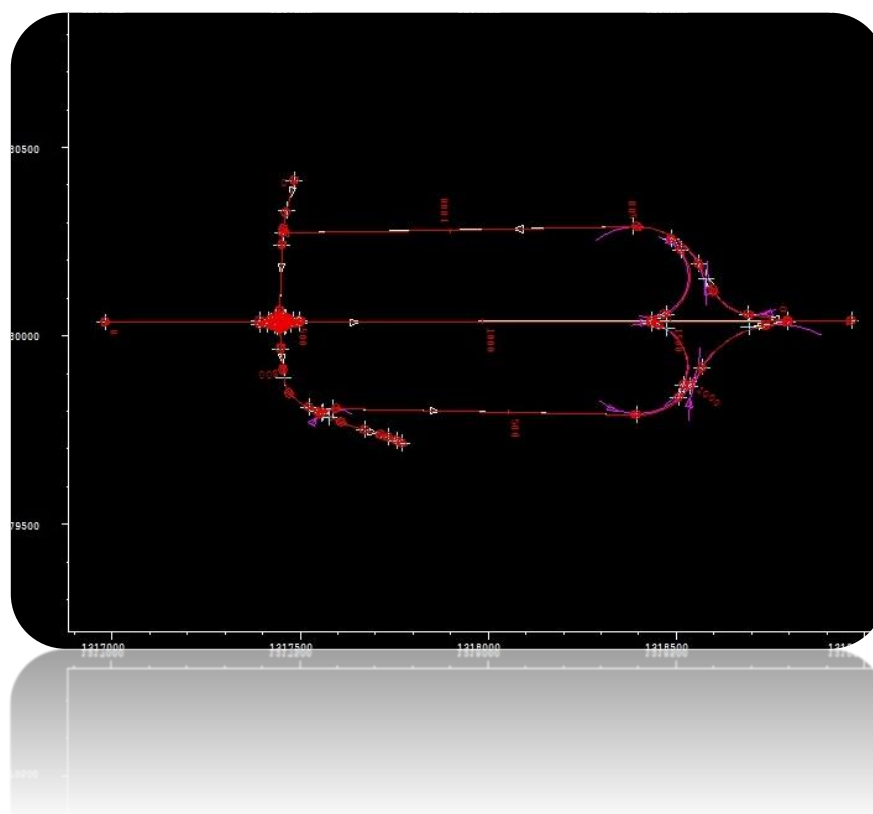


Figure VI-15-b : Axe en plan de l'échangeur (PK12+100).

b) Description du tracé :

Le tracé de notre projet s'étend sur un linéaire de 5km, il débute au **PK 10+00** en passant par un échangeur au **PK 12+100** qui relira cette liaison avec le chemin de wilaya 158, il se termine au **PK 15+00**.

Contraintes :

- Le tracé est traversé par cinq écoulements d'eau temporaires, ce qui nous mène à prévoir la construction d'ouvrages d'assainissement, dont un dalots et 3 buses , (Buses au **PK 10+320**, PK, au **PK 13+120** et au **PK 14+214**, et un Dalot au **PK 10+820**)
- Soutènement du chemin de wilaya 158 lors du déblai.

VI-II- Profil en long :

II-1- Définition :

Le profil en long ou la ligne rouge d'une route est une ligne continue obtenue par l'exécution d'une coupe longitudinale fictive, donc il exprime la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne.

Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers.

Le profil en long est constitué d'une succession de segments de droite (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires, pour chaque point du profil en long on doit déterminer l'altitude du terrain naturel et du projet ainsi la déclivité de ce dernier.

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

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

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- Eviter les angles rentrant en déblais, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.

- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers nuls dans une pente du profil en long.
- Recherche un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles.
- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison de cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- Il est recommandable d'éviter la déclivité maximum qui dépend de la vitesse minimum du profil en long ainsi que des conditions d'adhésions sans oublier les conditions économiques.

II-3- Coordination du tracé en plan et profil en long :

Il faut signaler dès maintenant qu'il ne faut pas séparer l'étude de profil en long de celle du tracé en plan, on devra s'assurer que les inflexions en plan et en profil en long se combinent sans porter des perturbations sur la sécurité ou le confort des usagers

Et pour assurer ces derniers objectifs, on doit associer le profil en long concave, même l'égerment, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important et faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition $R_{vertical} > R_{horizontal}$ pour éviter un défaut d'inflexion, et aussi supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de coup sensible, lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500 m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

II-4- Déclivité :

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

- **Déclivité minimale** : La stagnation des eaux sur une chaussée étant très préjudiciable à sa conservation et à la sécurité, donc il est déconseillé d'éviter les pentes inférieures à 1% et sur toute celle inférieure à 0.5% pour éviter la stagnation des eaux.
- **Déclivité maximale** : du point de vue technique, la déclivité maximale dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée (ce phénomène concerne tous les véhicules), ainsi de la réduction des vitesses qu'elle provoque ou les camions (poids lourds) sont déterminant car la plupart des véhicules légers ont une grande puissance, donc il est conseillé d'éviter les pentes supérieures à 6%.

Notre projet du PK 10+00 au PK 15+00 voit son implantation sur un terrain montagneux, donc on fixe la pente maximale de notre tracé à 10%.

La pente maximale de notre projet sera inférieure à ($I_{\max} = 10\%$).

II-5- Raccordement en profil en long :

Deux déclivités de sens contraire doivent se raccorder en profil en long par une courbe. Le rayon de raccordement et la courbe choisie doivent assurer le confort des usagers et la visibilité satisfaisante.

On distingue deux types de raccordement :

5-1- Raccordement convexe (Angle saillant) :

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants, sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain, des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité.

Leur conception doit satisfaire à la condition :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

a) Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, elle est limitée à

« $\frac{g}{40}$ (Catégories 1-2) et $\frac{g}{30}$ (Catégories 3-4-5) », le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

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

$$\left\{ \begin{array}{l} R_V \geq 0.3 V^2 \rightarrow (\text{Categories 1-2}). \\ R_V \geq 0.23 V^2 \rightarrow (\text{Categories 3-4-5}). \end{array} \right.$$

Avec :

$$\left\{ \begin{array}{l} R_V : \text{C'est le rayon vertical (m).} \\ V : \text{Vitesse de référence (km/h).} \end{array} \right.$$

b) Condition de visibilité :

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

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

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

Avec :

$$\left\{ \begin{array}{l} D_1 : \text{Distance d'arrêt (m).} \\ h_0 : \text{Hauteur de l'œil (m).} \\ h_1 : \text{Hauteur de l'obstacle (m).} \end{array} \right.$$

Les rayons assurant ces deux conditions sont donnés pour les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie pour le choix bidirectionnelle et pour une vitesse de base

$V_R = 80 \text{ Km/h}$ et pour la catégorie C_1 .

Rayon R_V	Symbole	Valeur
Min absolu	R_{Vm}	4500
Min normal	R_{VN}	10000
Dépassement	R_{VD}	11000

Tableau VI-7 : les valeurs des rayons verticaux.

c) Condition d'esthétique :

Une grande route moderne doit être conçue et réalisée de façon à procurer à l'utilisateur une impression d'harmonie, d'équilibre et de beauté pour cela il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivités sur des distances courtes, pour éviter cet effet on imposera une longueur de raccordement minimale et ($b > 50$) pour des dévers $d < 10\%$ 'spécial échangeur'.

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

Δd : Changement de dévers (%).
 $R_{V\min}$: Rayon vertical minimum (m).

5-2 Raccordement concaves (angle rentrant) :

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

$$R_V' = \frac{d_1^2}{1.5 + 0.035d_1}$$

Pour une chaussée bidirectionnelle avec une $V_r = 80 \text{ km/h}$ et catégorie C1 on aura le tableau suivant :

Rayon R_V'	Symbole	Valeur
Min absolu	$R_V'm$	2400
Min normal	$R_V'N$	3000

Tableau VI-8 : les rayons concaves.

Application au projet :

- La conception longitudinale :

Fichier → nouveau → cons long → nommer profil en long → ouvrir

Fichier → fond de plan → ok

Calcul → interpoler → tab → ouvrir → ok

Fichier → ouvrir → cons long → fond de plan → ok

Fichier → projet piste → tab → ouvrir

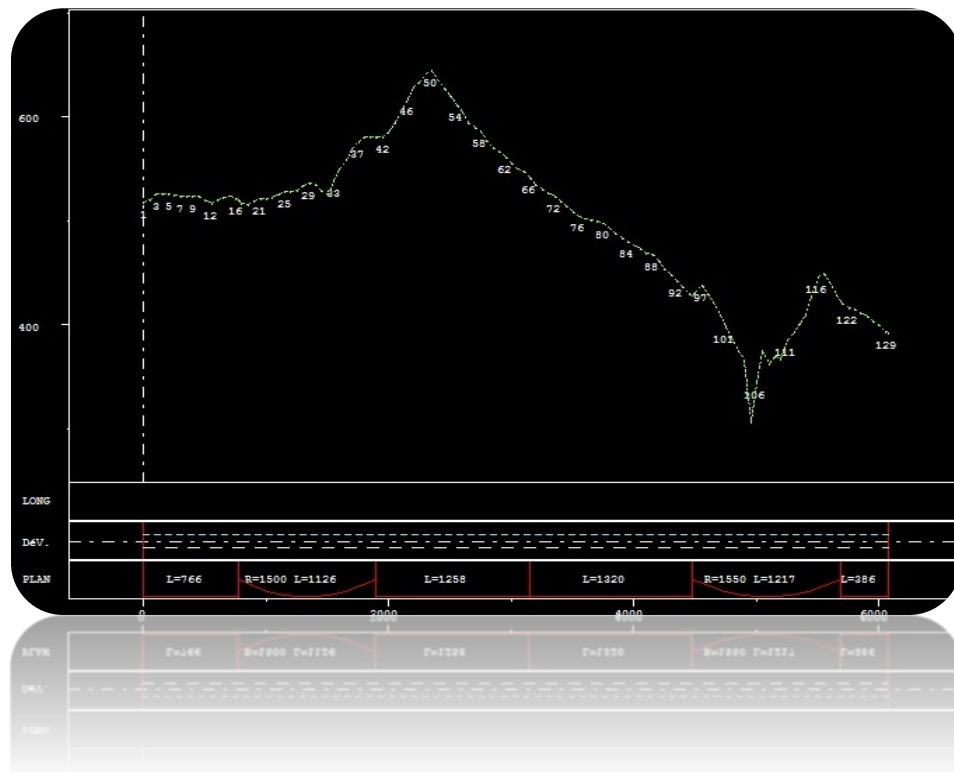


Figure VI-16-a: Terrain naturel de la liaison RN12-RN24.

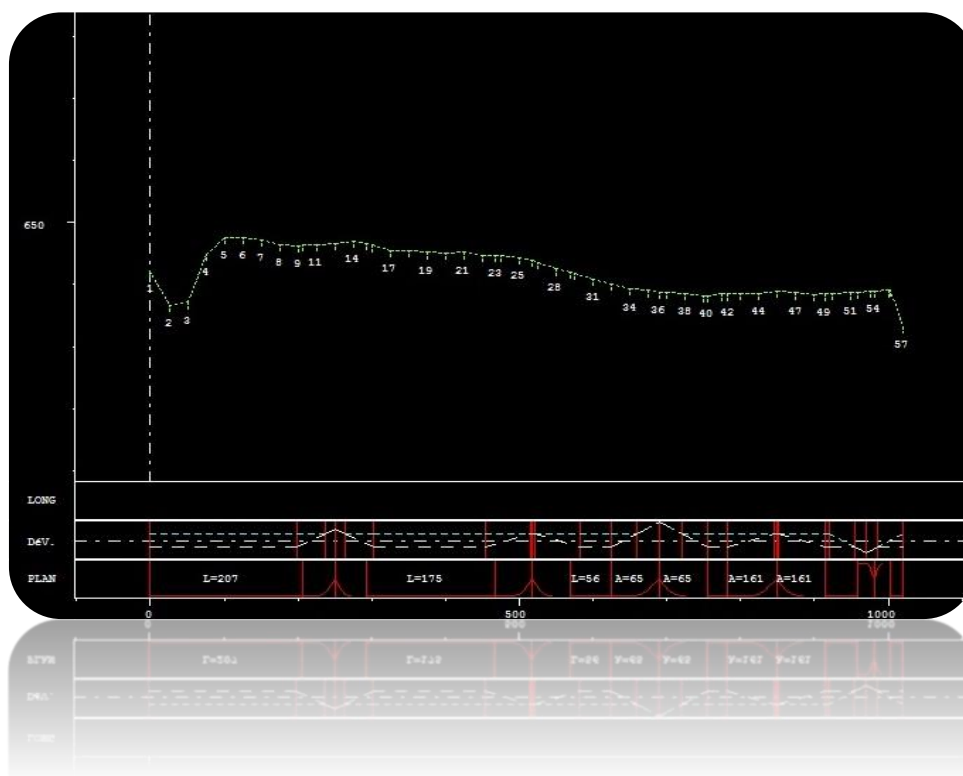


Figure VI-16-b: Terrain naturel du CW 158.

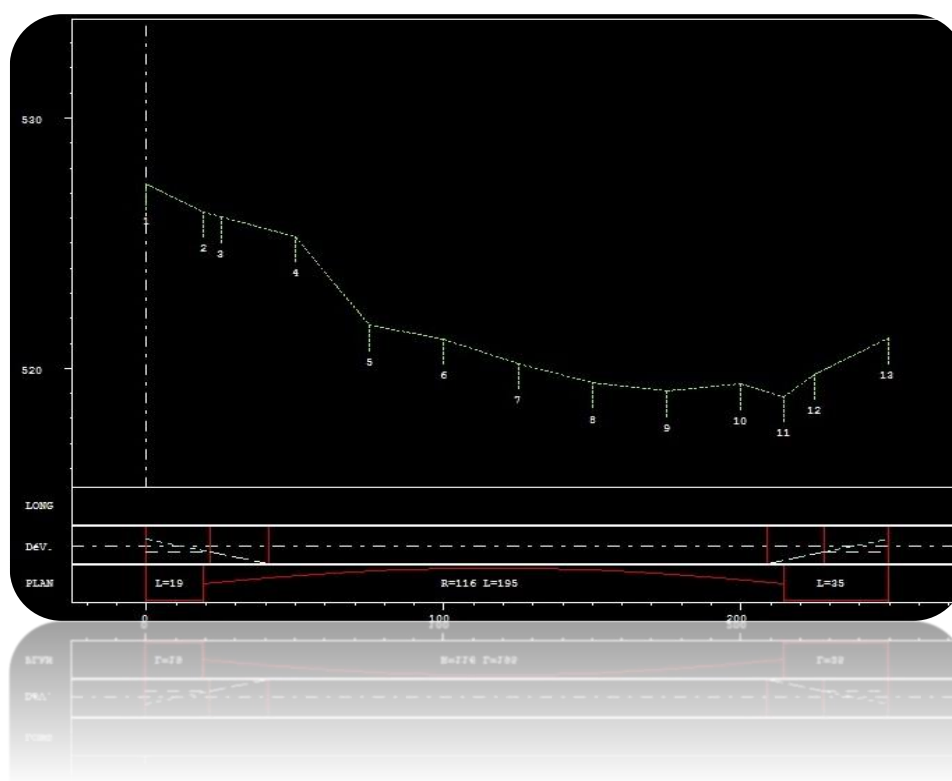


Figure VI-16-c: Terrain naturel d'une des boucles de l'Echangeur (Axe 5).

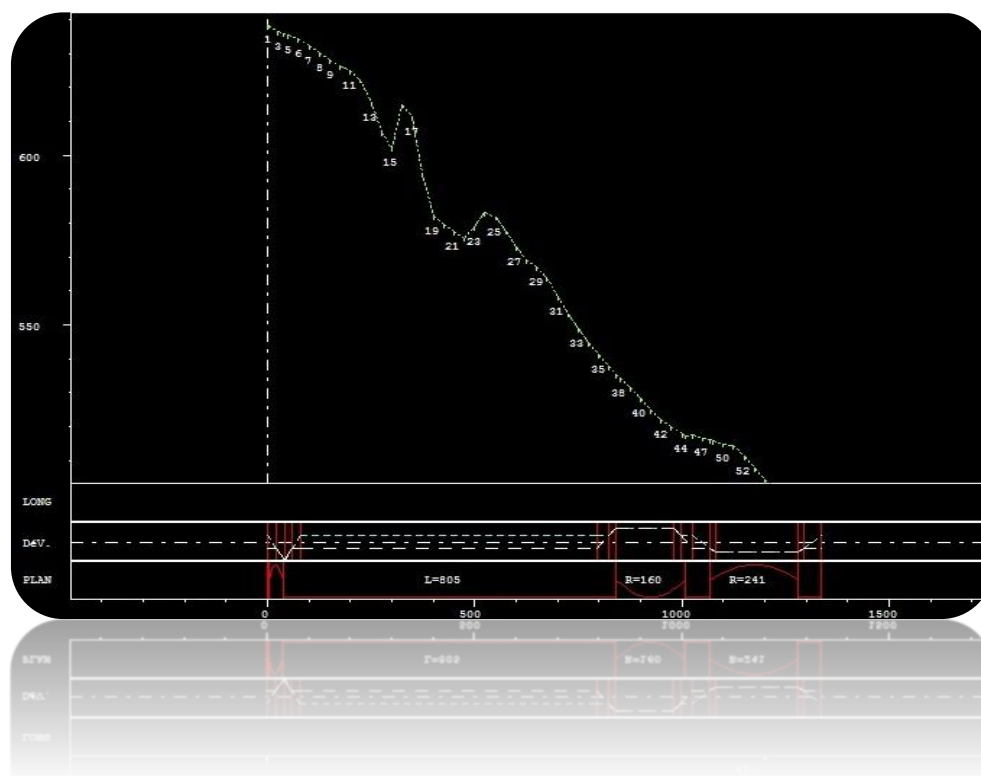


Figure VI-16-d: Terrain naturel d'une des bretelles de l'Echangeur (Axe 6).

Pour dessiner la ligne rouge on suit les mêmes étapes que la phrase conception pour les points et les droites.

Pour la distance, nous saisissons que les valeurs (R1, R2, ...etc.).

Distance → choisir une valeur de R → exécuter (échappe).

Parabole → nom d'élément : para1 D1 D2 R1 (entre deux droites).

Axe → Point P1 → Fin automatique → exécuté (échapper).

Zon → 0 25 → exécuter

Calcul → Tabuler un axe → <RC>compléter.

Les images ci-après représentent les profils en long après les tabulations.

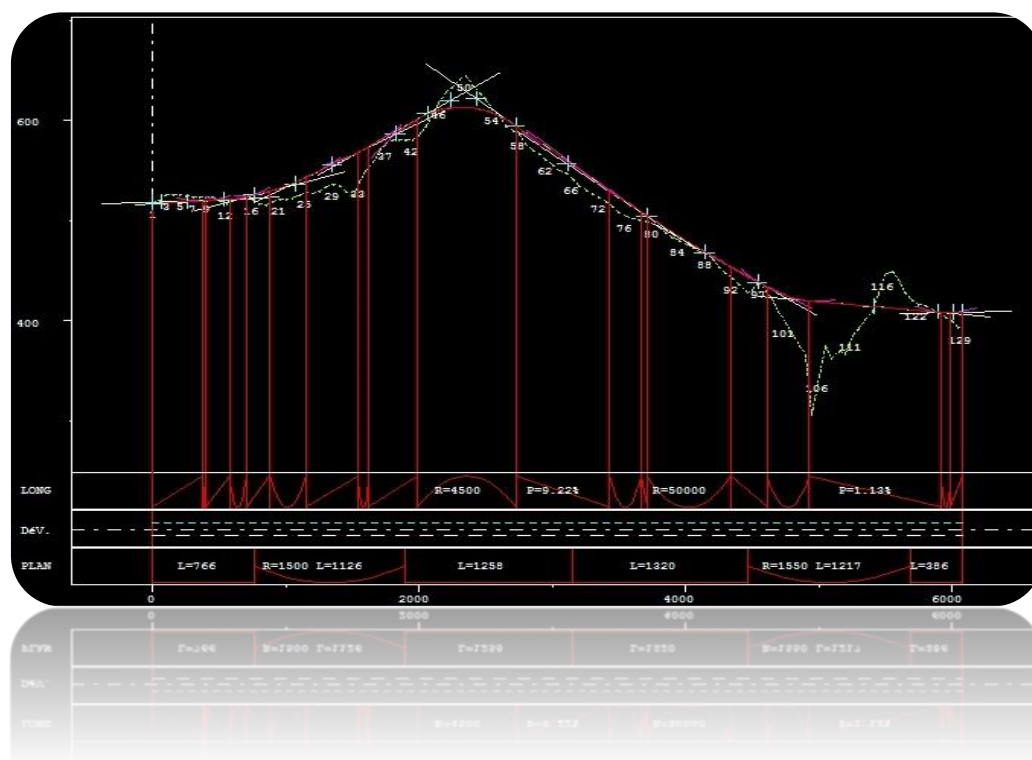


Figure VI-17-a : Profil en long de la liaison RN12-RN24.

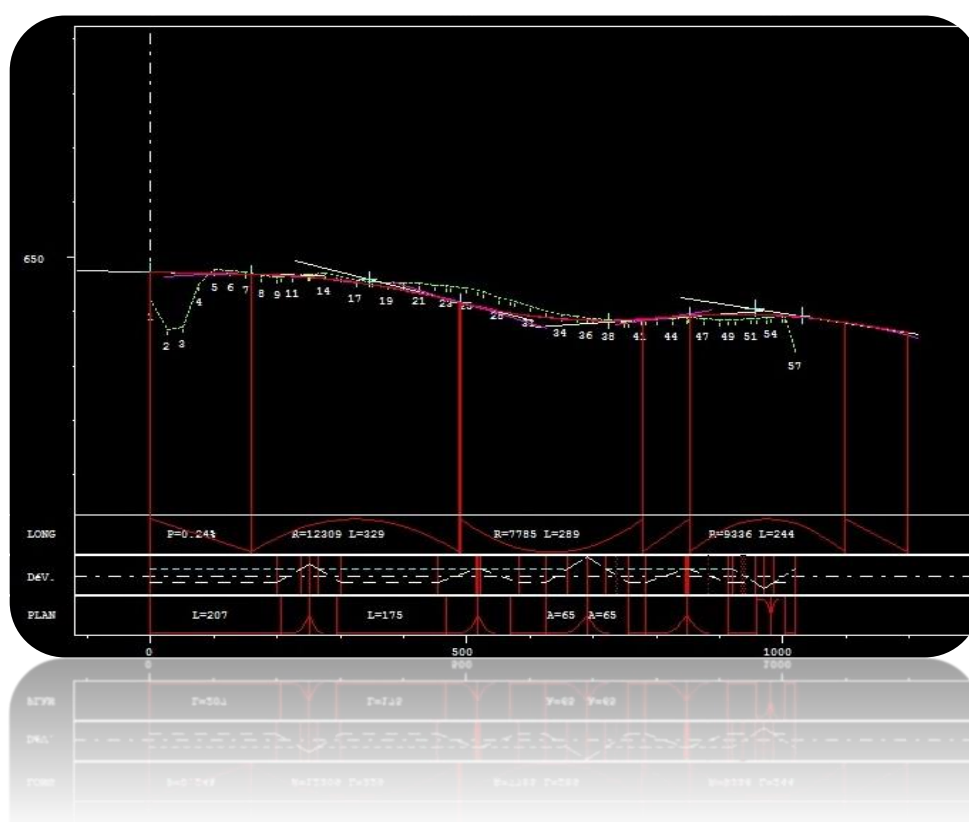


Figure VI-17-b : Profil en long du CW 158.

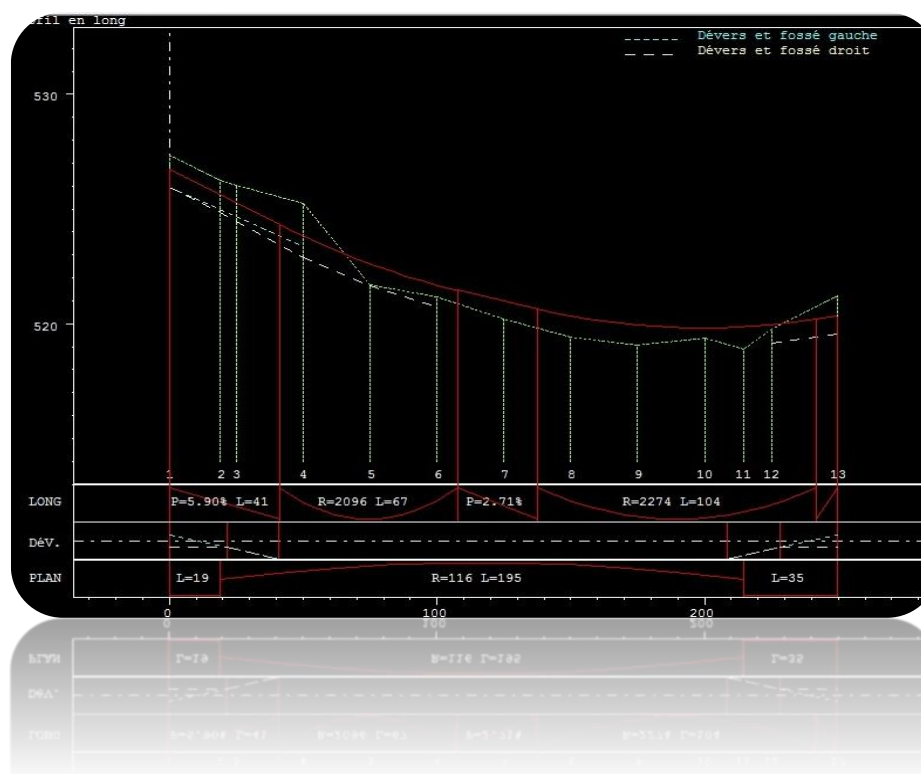


Figure VI-17-c : Profil en long d'une des boucles de l'Echangeur (Axe 5).

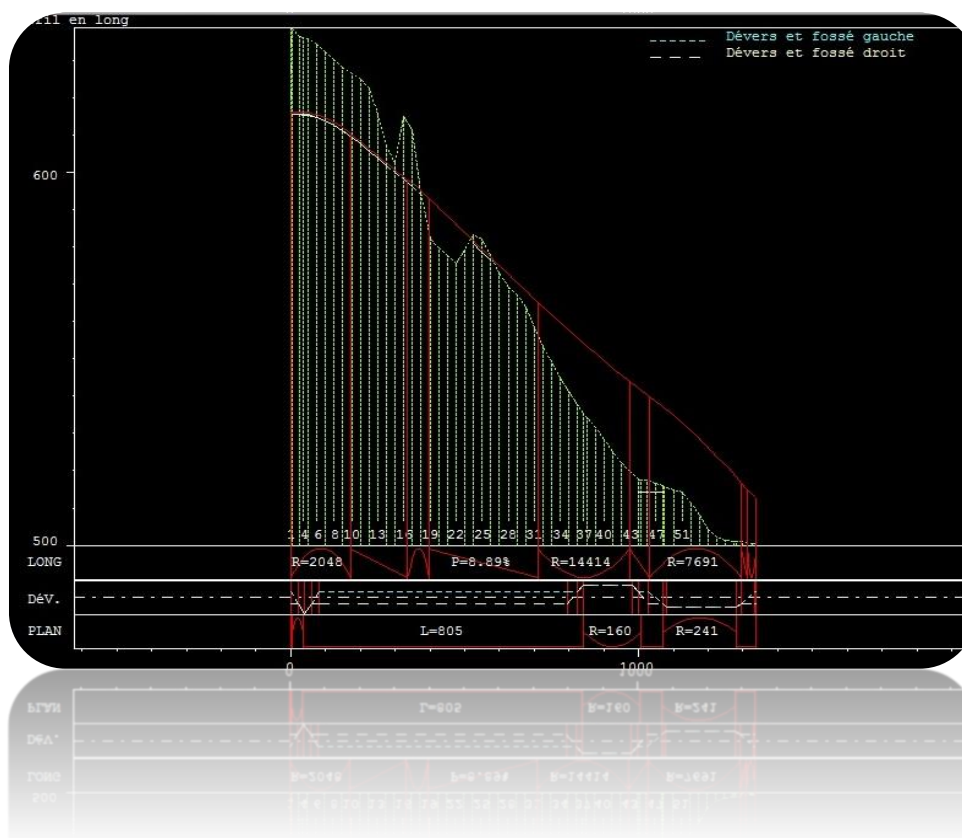


Figure VI-17-d : Profil en long d'une des bretelles de l'Echangeur (Axe 6).

Les contraintes :

Nous avons essayé de tracer la ligne rouge tout en respectant les règles et les normes tirées du B40, les principales contraintes rencontrées concernent les pentes qui ne doivent pas dépassé la valeur max de 10%. Pour amoindrir ces dernières, nous étions dans l'obligation d'agrandir le déblai du sommet de la montagne.

VI-III- Profil en travers :

III-1- Définition :

En conception routière, le profil en travers d'une route est représenté par une coupe perpendiculaire à l'axe de la route de la surface définie par l'ensemble des points représentatifs de cette surface. il comprend entre autre les chaussée avec leurs voies, le terre plein central quand il y en a un, les talus et les accotements.

Un profil en travers prend effet à un point donné d'une route. Tant qu'aucun autre n'est précisé, il reste valide. Il est de plus orienté dans les plans transversaux à la route à l'aide d'un pourcentage de déclivité appelée le divers.

III-2- Les éléments constitutifs du profil en travers :

- **L'emprise de la route :** C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc...) limitée par le domaine public.
- **L'assiette de la route :** C'est la surface de la route délimitée par les terrassements.
- **Plate forme :** C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des talus de remblais, comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts.
- **Chaussée :** C'est la partie affectée à la circulation des véhicules.
- **Largeur roulable :** L'ensemble de la chaussée et des deux bandes dérasées qui la bordent constitue la largeur roulable.

- **Bermes** : Bordée à l'extérieur d'un accotement, de largeur 0,75m pour une vitesse de base 80 à 100, et 1m pour une vitesse de base 120 à 140.
- **Accotement** : L'ensemble d'une bande dérasé et de la berme engazonnée qui lui est à coté, constitue l'accotement.
- **Terre-plein centrale (T.P.C)**: Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :
 - Les sur-largeurs de chaussée (bande de guidage).
 - Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.
- **Arrondi de talus** : En remblai, l'arrondi de talus constitue le raccordement entre la berme de droit et le talus. Sa largeur est de 1m.
- **Le fossé** : C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et le talus.

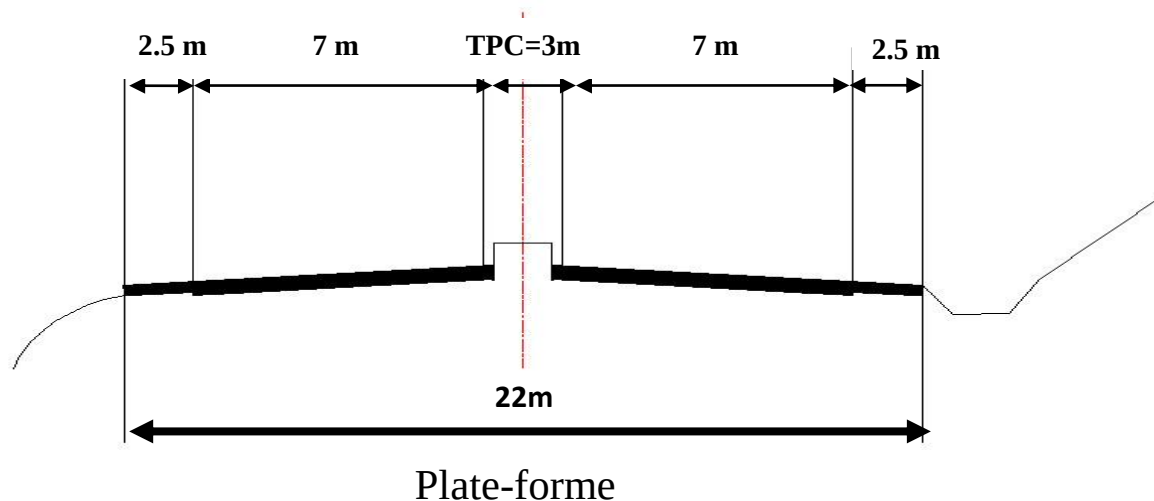


Figure VI-18 : Schéma des éléments du profil en travers.

III-3- Classification du profil en travers :

On distingue deux types de profils :

a) Profil en travers courant :

Sont levés perpendiculairement à l'axe de la route ; ils contiennent généralement comme indication chiffrée et l'altitude du terrain et celle de la chaussée finie, dans l'axe de la route.

b) Profil en travers type :

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

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

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

Application au projet :

- **La conception transversale :** Cette étape a pour but de créer un catalogue qui contiendra les demis profils en travers type que nous appliquerons à notre projet.
- **Le profil en travers type du projet :** Notre projet comportera un profil en travers type, qui contient les éléments constructifs suivant :
 - Deux chaussées de 2 voies de 3.5m chacune : $(2 \times 3.5) \times 2 = 14\text{m}$.
 - terre plein centrale de 3 m.
 - Une bonde d'arrêt d'urgence de 2.5 m pour chaque coté : $2.5 \times 2 = 5\text{m}$.

Notre tronçon de route a une largeur de 22 m.

Conception transversale → nom de fichier piste (profil type) → ok.

Compléter les tableaux suivants:

Figure VI-19 : Tableaux des caractéristiques de la chaussée profil en travers.

L'image ci-après représente le profil en travers type :

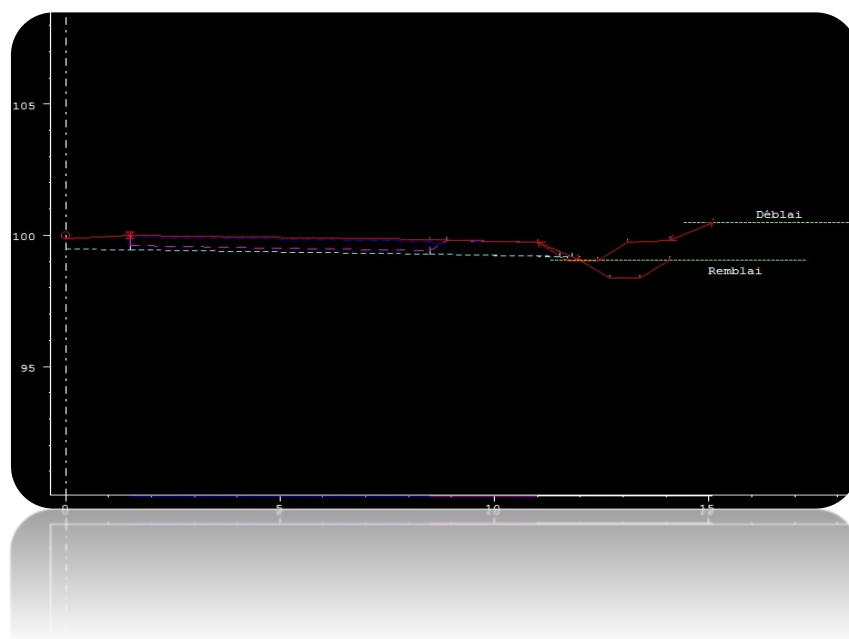


Figure VI-20-a : Profil en travers type de la pénétrante 2x2 voies.

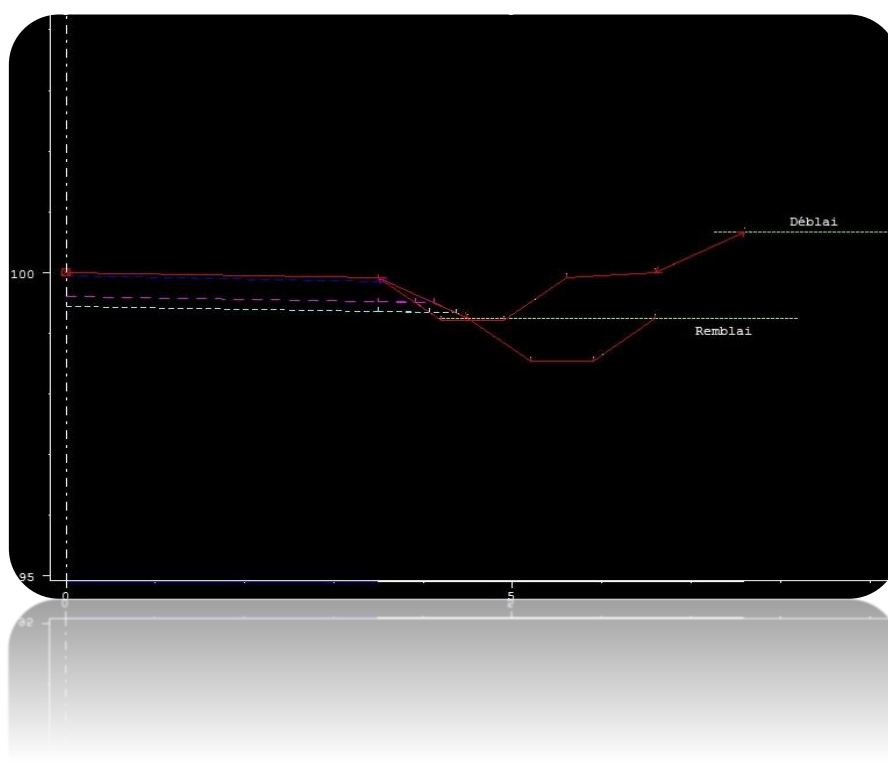


Figure VI-20-b : Profil en travers type de la 2 voies.

Calcul du dévers :

Calcul → Dévers → Calculer → recherche semi automatique (compléter le tableau).

Dévers → calculé → fermé.

Dévers → fin → créer un fichier dvt → ok.

Calcul du projet piste :

Projet → créer un fichier type.

Profil type → Nom de profil type (T1).

Créer → Nouveau → ok.

VI-IV-Conclusion

Au cours de ce chapitre nous avons pu voir le tracé en plan, le profil en long, le profil en travers ainsi que les conditions à respecter pour avoir ces tracés. Nous avons aussi tout au long de ce chapitre essayé de faire comprendre le logiciel PISTE tout en injectant les données relatives à notre projet, et en illustrant les étapes par les schémas obtenus sur l'écran.

Après avoir établi toutes les étapes sur le logiciel nous avons abouti aux résultats représentés ci-dessous :

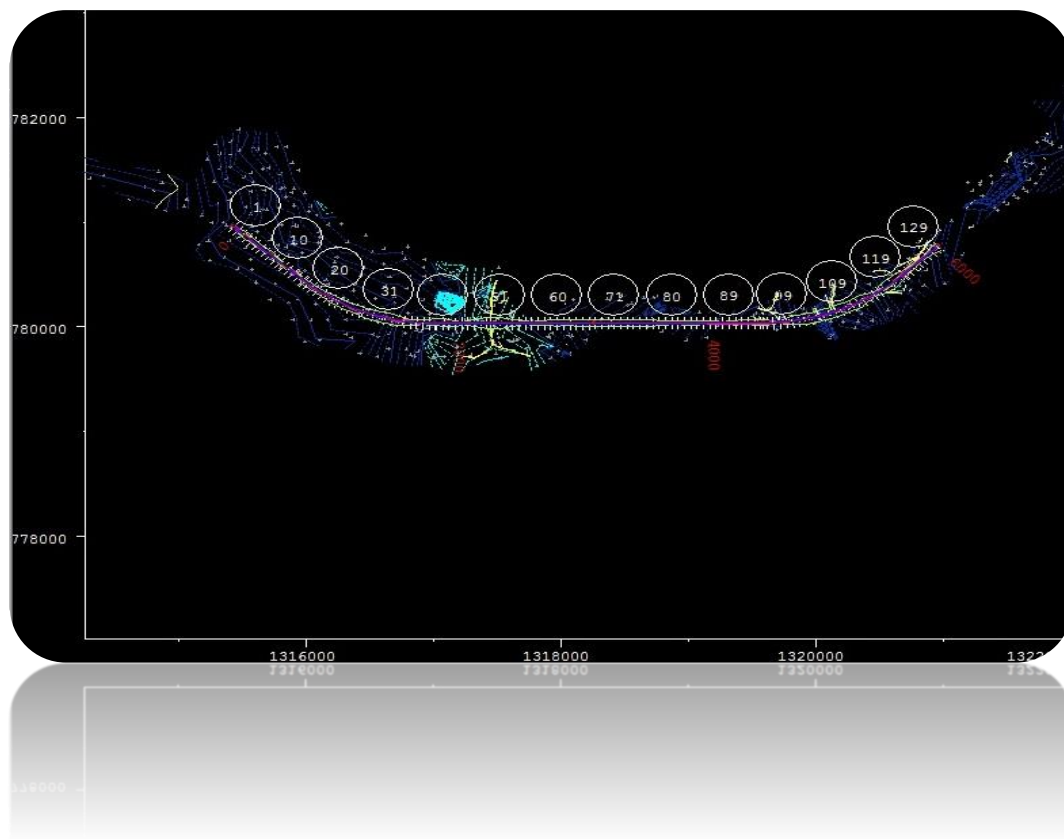


Figure VI-21-a : Tracé en plan de la Pénétrante (PK10+00 au PK15+00).

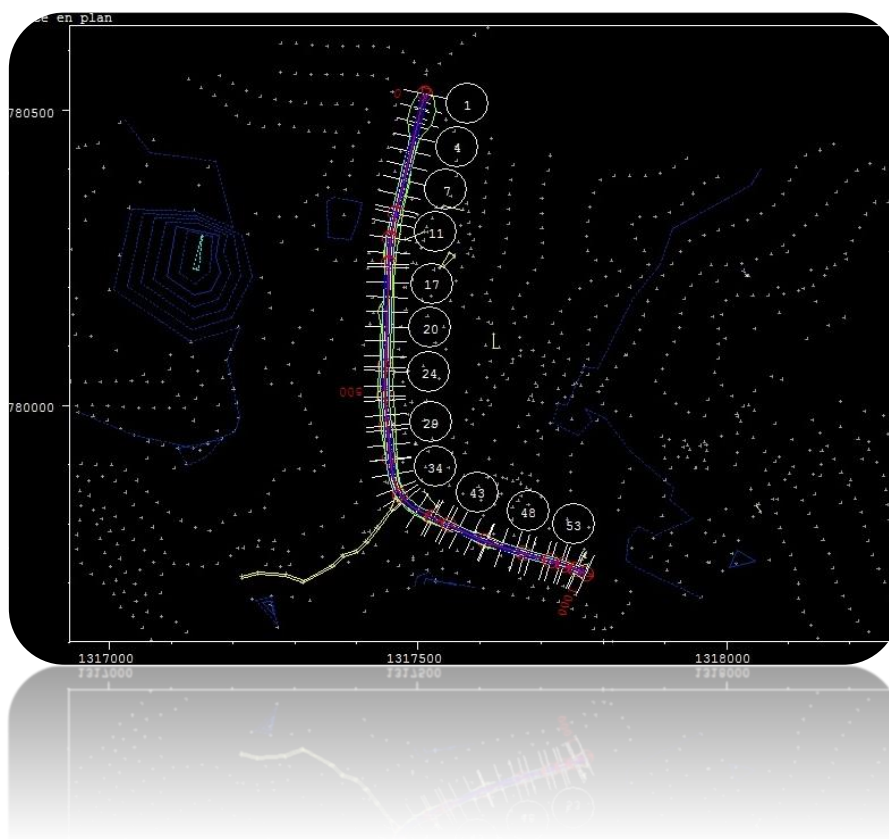


Figure VI-21-b : Tracé en plan du CW 158.

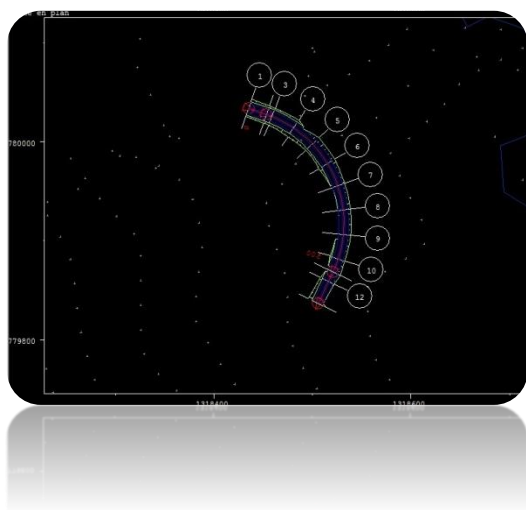


Figure VI-21-c : Tracé en plan de Boucle.

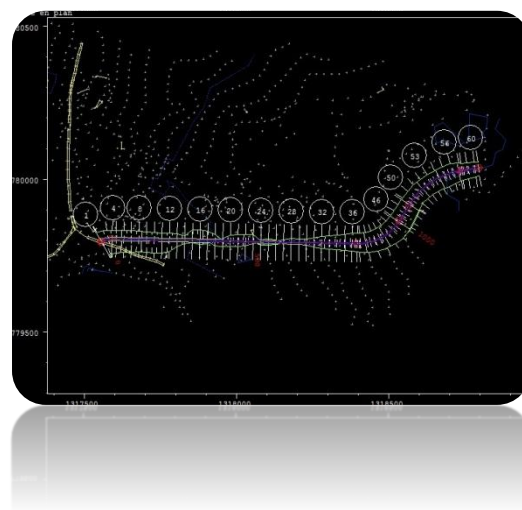


Figure VI-21-d : Tracé en plan de Brettelle.

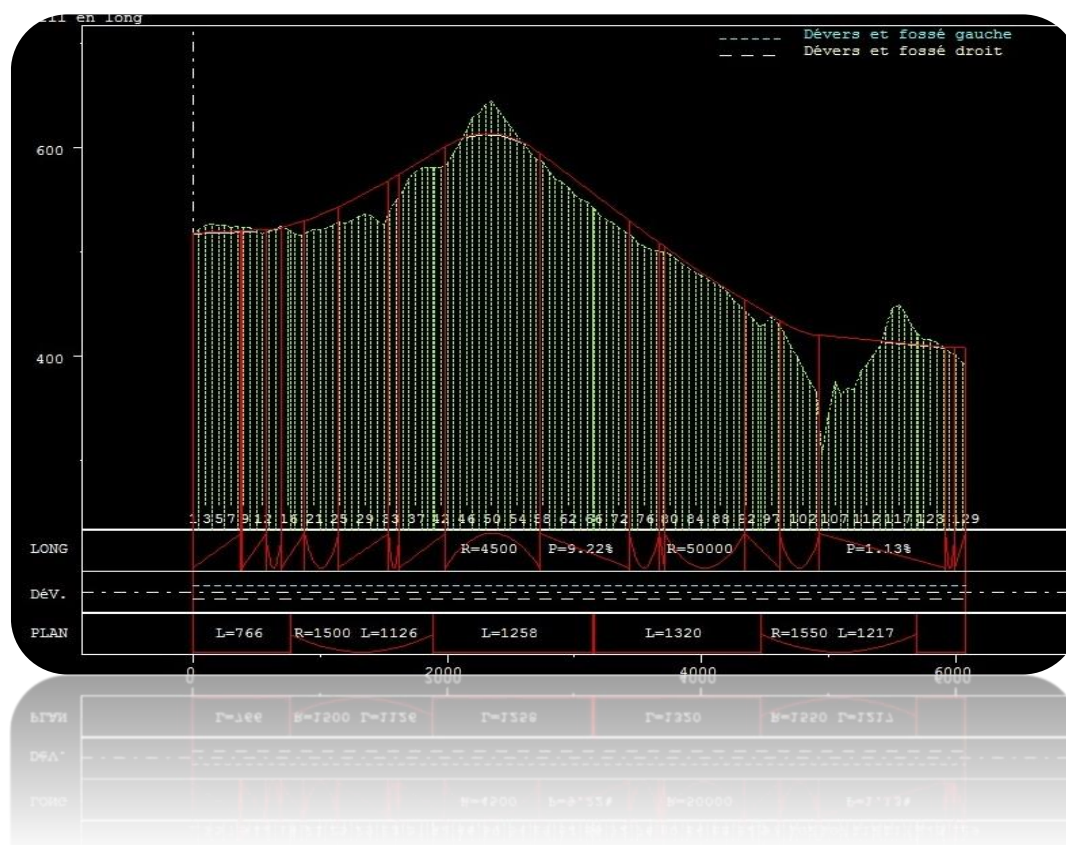


Figure VI-22- Profil en long de la pénétrante RN12-RN24.

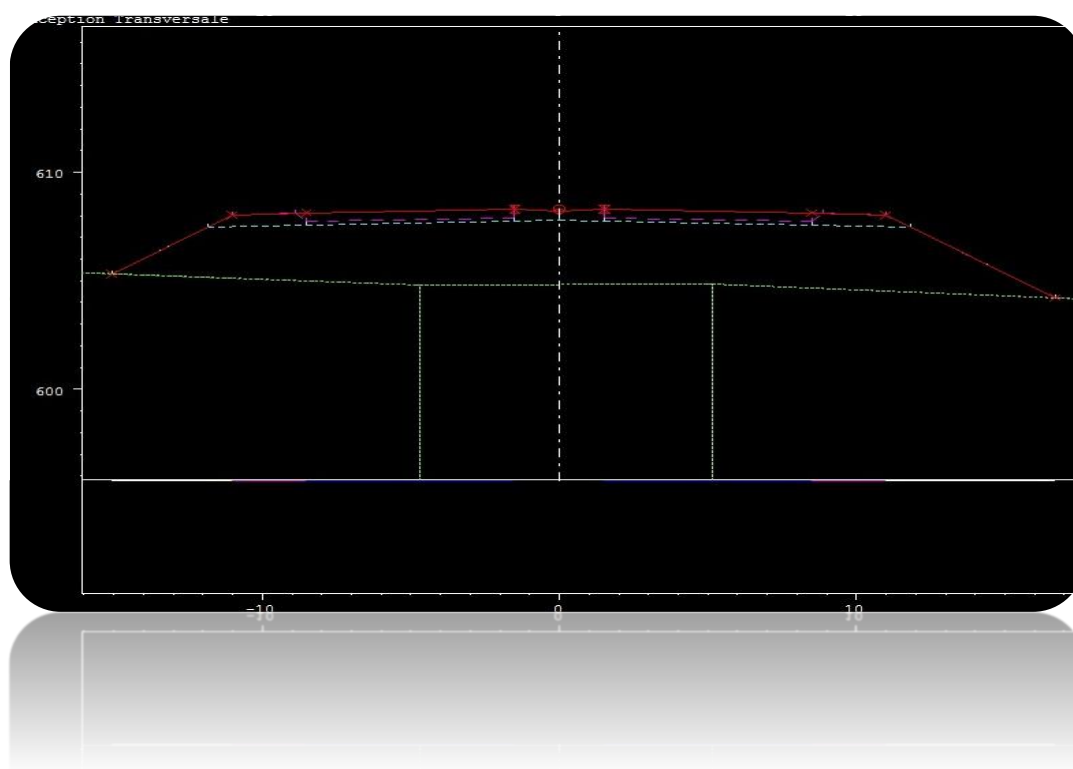


Figure VI-23-a : Profil en travers de la 2x2 voies.

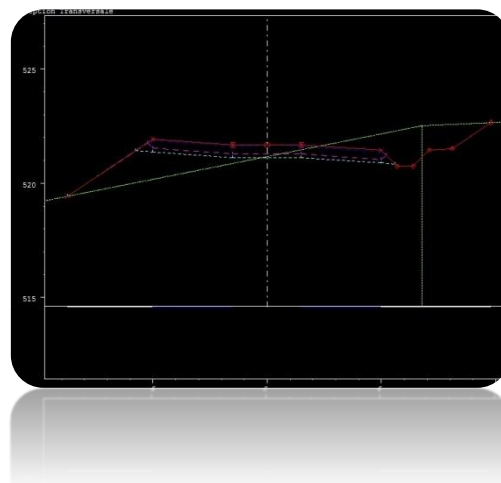
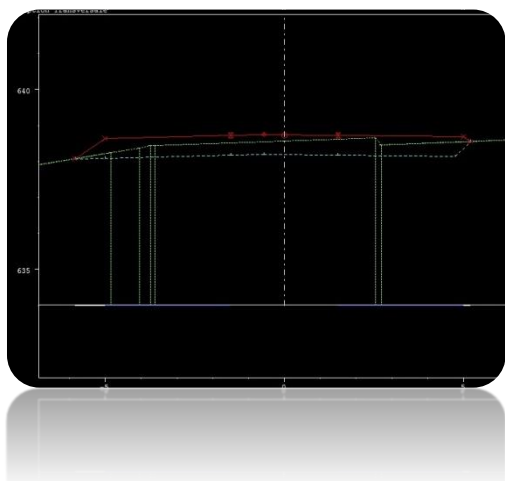


Figure VI-23-b : Profil en travers de la 2 voies. Figure VI-23-c : Profil en travers sur l'échangeur

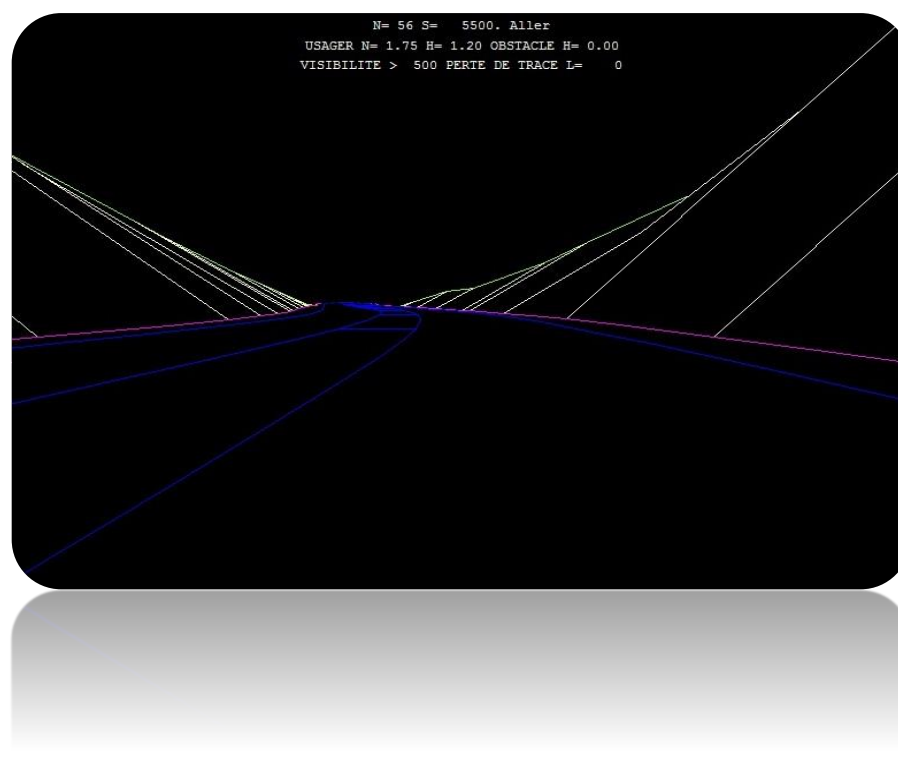


Figure VI-24- a : perspective de la Pénétrante.

En annexes, nous donnerons les planches des différents tracés.



CUBATURES

VII-1- Introduction :

La réalisation d'un projet routier ne peut en général se faire sans modifier la forme naturelle du terrain, car il n'est pas possible que le projet suit exactement les ondulations du relief du terrain. Cette modification s'effectue soit par apport de terre sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support remblai, soit par excavation des terres existantes au dessus du niveau de la ligne rouge déblai.

L'ensemble de ces deux opérations constitue les terrassements.

Nous verrons dans ce chapitre :

- ✓ La classification des terrassements.
- ✓ Les différents types de terrains.
- ✓ Les cubatures de terrassements.

VII-2- Définition :

a) Cubatures :

On définit les cubatures par le nombre des cubes de déblais et remblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme sensiblement rapprocher et sous adjacente à la ligne rouge de notre projet.

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

b) Terrassements :

On appelle terrassement, les différents mouvements de terre qui ont pour objet de creuser des fouilles ou de modifier la configuration du sol en vue de construire des ouvrages, aménager des routes et établir des branchements d'égout et de canalisations (assainissements des routes).

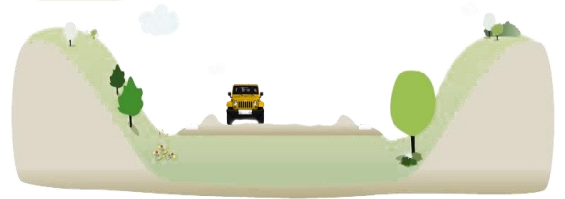
- **Déblais :**

Les déblais désignent l'opération qui consiste à creuser dans le sol pour dégager des terres.

- **Remblais :**

Les remblais consistent à transporter et déposer des terres pour combler des cavités (comblir une tranchée, aplanir un terrain...etc.). Les remblais sont constitués par des couches superposées qui ne doivent contenir aucun débris végétal. Les remblais sont commencés par les points les plus bas. Ils sont exécutés par couche de 20cm environ.

Déblai



Remblai



Cette opération consiste à répartir sur le longueur total du tracé de la ligne, les volumes de terre nécessaires à la réalisation de l'autoroute. En déblais, la terre est enlevée. En remblai, la terre est ajoutée.



VII-3- Classification des terrassements :

Ils peuvent être classés en deux grandes catégories :

- Terrassements à grands volumes (routes, voies ferrées, barrages...).
- Terrassements à quantités faibles de terre (fouilles d'ouvrages, canalisations, tranchées...).

Ce qui est important à savoir ce sont les propriétés physiques des matériaux :

- ✓ Résistance à la pénétration.
- ✓ Masse spécifique.

VII-4- Classification des terrains :

La résistance à la pénétration permet de préciser les possibilités d'extraction d'où trois types de terrain :

- ✓ Sol meuble.
- ✓ Sol meuble rocheux.
- ✓ Sol rocheux.

VII-5- Cubatures des terrassements :

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais et remblais que comporte le projet afin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne projet. Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

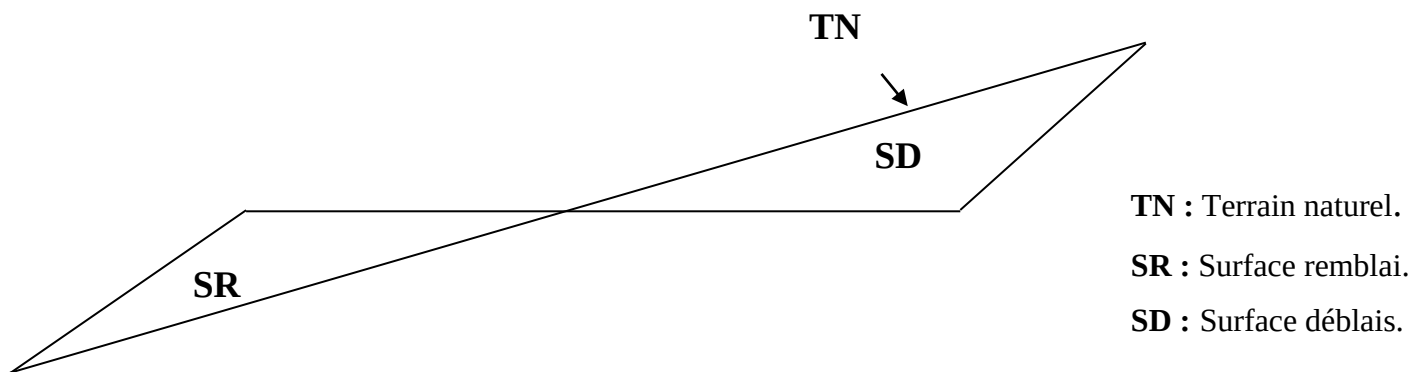
Les profils en long et les profils en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points différents le moins possible de la ligne du terrain qu'ils représentent.

VII-6- Méthodes de calcul de cubature :

Les cubatures sont les calculs effectuées pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet, les cubatures sont fastidieuses mais il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifie le calcul.

Le travail consiste à calculer les surfaces SD (surface déblai) et SR (surface remblai) pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.

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

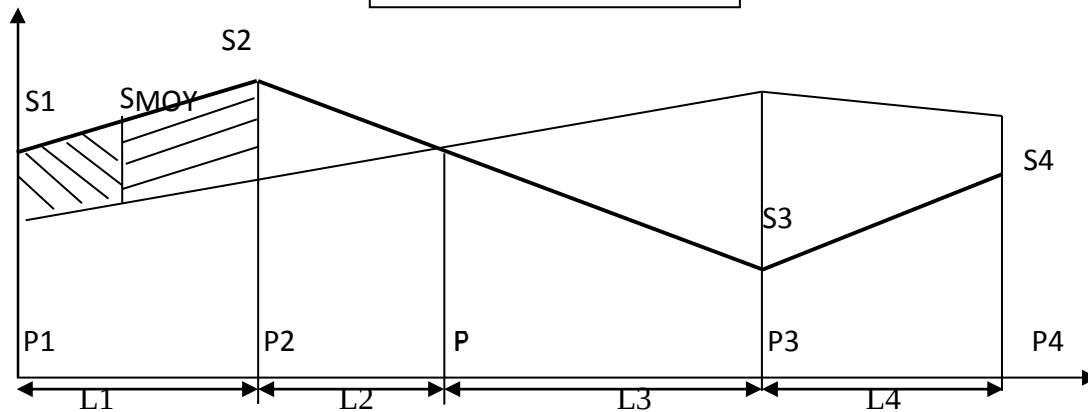


Schémas VII-1 : Description des sections déblais et remblais.

a) Formule de Sarraus :

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

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



Schémas VII-2 : Calcul des volumes remblais et déblais.

Avec:

- { Li: distance entre ces deux profils
- { S : Base intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance de P1 et P2).
- { Si on applique la formule de Sarraus, le volume entre P1 et P2 de surface S1 et S2 sera

$$V_1 = \frac{L_1}{6} (S_1 + S_2).$$

Le volume total de terre pour la figure de l'exemple ci-dessus est :

$$V = \frac{L_1}{6} (S_1 + S_2) + \frac{L_2}{2} S_2 + \frac{L_3}{3} S_3 + \frac{L_4}{2} (S_3 + S_4)$$

b) Méthode linéaire :

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

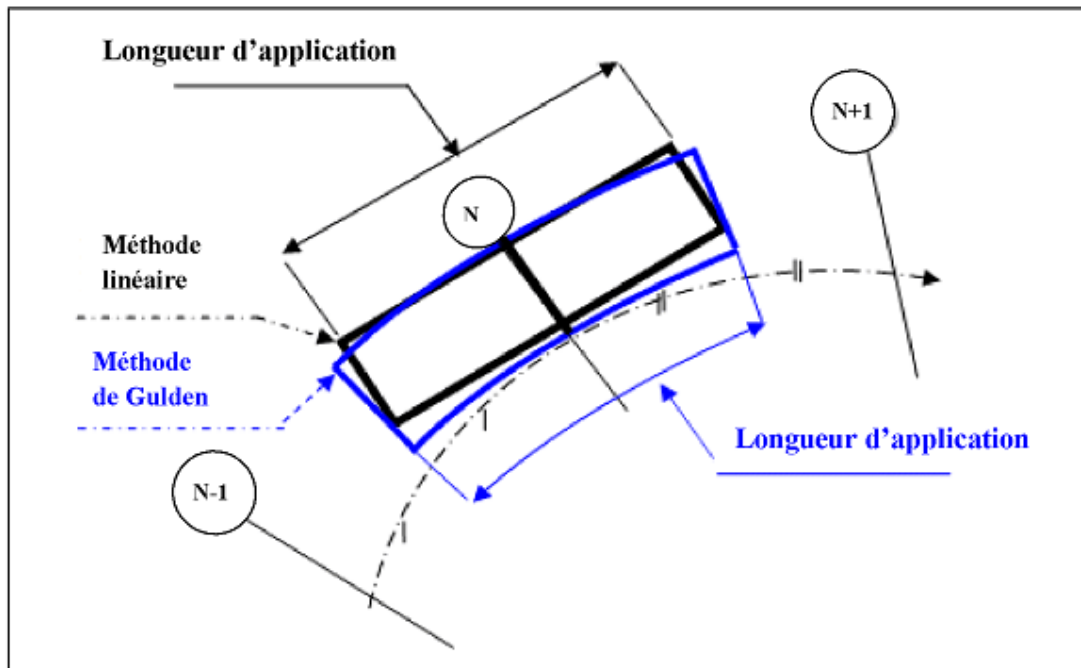
c) Méthode de Gulden :

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.



Schémas VII-3 : Description de la méthode Gulden.

VII-7- Application au projet :

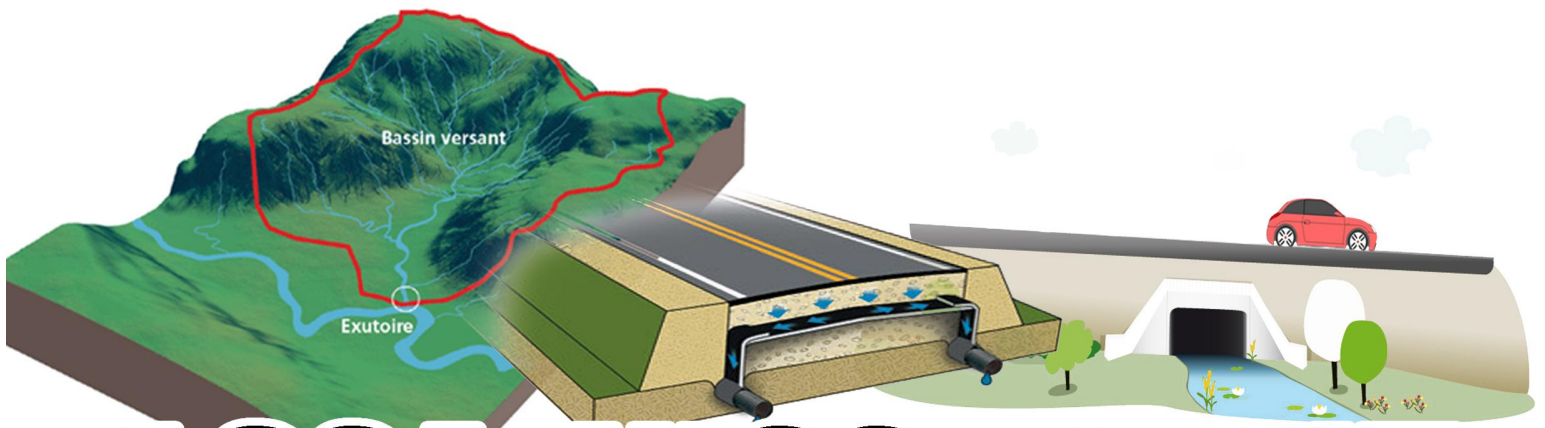
Calcul des cubatures de terrassement :

La méthode choisie pour le calcul est celle de Gulden.

Le calcul s'est effectué à l'aide du logiciel piste+5, les résultats sont joints en annexes.

Volume Déblais $V_D = 1040733 \text{ m}^3$.

Volume Remblais $V_R = 2008158.6 \text{ m}^3$.



ASSAINISSEMENT

VIII-1- Introduction :

L'eau quelle que soit son origine, pose à l'ingénieur routier des problèmes multiples et complexes, dans ce chapitre nous traitons le phénomène d'interaction entre l'eau et la route.

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

Toute accumulation d'eau sur la chaussée favorise en particulier l'aquaplanage, augmente la projection d'eau par les véhicules et tend ainsi à diminuer la sécurité des usagers. De plus l'eau qui stagne en surface finit toujours par s'infiltrer et provoquer l'imbibition des sols et des couches de chaussées, affaissements précoces de la route et formation rapide des nids de poules.

L'eau pénètre dans le corps de chaussée suivant plusieurs chemins :

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

Des ouvrages de rétablissement bien conçus et correctement exécutés permettent de se prémunir contre des inondations et contre les dégâts causés aux différents ouvrages, notamment aux remblais routiers.

VIII-2- Objectifs de l'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les conditions suivantes :

- ✓ Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée.
- ✓ Le maintien de bonne condition de viabilité.
- ✓ Réduction du coût d'entretien.
- ✓ Eviter les problèmes d'érosion.
- ✓ Garantir la stabilité de l'ouvrage durant toute sa durée de vie.

VIII-3- Définition des termes hydraulique :

➤ **Bassin versant :**

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

➤ **Collecteur principal (canalisation) :**

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

➤ **Chambre de visite (cheminée) :**

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

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

➤ **Sacs :**

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

➤ **Fossés de crêtes :**

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

➤ **Décence d'eau :**

Elle draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes. Dans les sections d'autoroute en remblai, lorsque la hauteur de ces remblais dépasse les 2,50 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau. Elles sont espacées généralement tous les 50 m lorsque la pente en profil en long est supérieure à 1%. Lorsque la pente est inférieure à 1 %, leur espacement est varié entre 30 m et 40 m.

➤ Les regards :

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

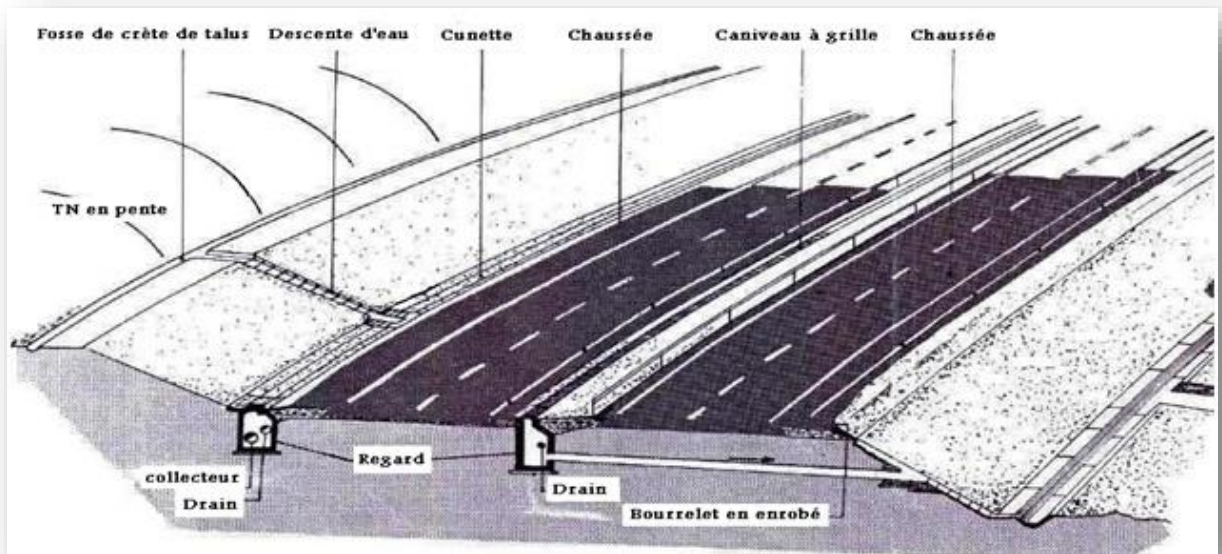


Figure VIII-1-a : Différentes parties de l'assainissement.

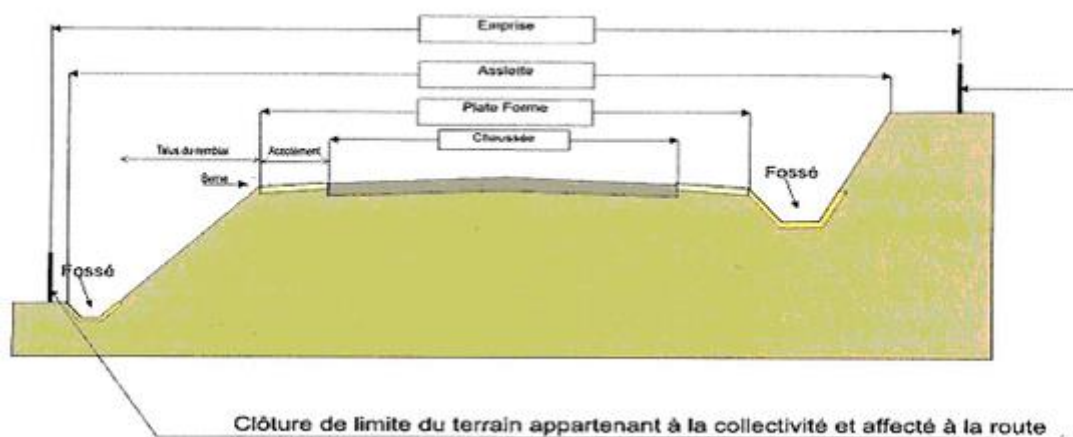


Figure VIII-1-b : Coupe de la route.

VIII-4- Etude Hydrologique :

L'étude hydrologique consiste en la détermination des débits de crue de chaque écoulement qui franchit le tracé routier. Par conséquent, tous les Oueds doivent être rétablis par des ouvrages hydrauliques (ponts, dalots et buses,...).

4-1- Estimation du débit de crue:

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 se dérive de la méthode dite rationnelle et elle est appliquée dans le cas des superficies inférieures à 200 km², elle est donnée par :

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

Q_a : Débit maximum d'eau pluviale (m³/s).

C : Coefficient de ruissellement.

I : Intensité de la pluie exprimée mm /h.

K : Coefficient de conversion des unités et est égale à 0.00278.

A : Aire du bassin d'apport (Km²).

4-2- Coefficient de ruissellement « C » :

Il dépend de l'étendue relative des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des trois paramètres suivants : la couverture végétale, la forme, la pente. Il peut être choisi suivant le tableau ci-après :

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

Tableau VIII-1 : Valeurs des coefficients de ruissellement.

4-3- Calcul de l'intensité de l'averse I_t :

$$I_t = I * (T_c/24)^B.$$

- I : intensité de l'averse pour durée de 1h.
- T_c : Temps de concentration (heure).
- B : $b-1$, d'où b : exposant climatique.

Pour déterminer l'intensité de la pluie on passe par plusieurs étapes de calcul qui sont :

A/ Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle :

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

- $P_{j\text{moy}}$: hauteur de la pluie journalière moyenne (mm)
- C_v : coefficient de variation.
- U : variable de Gauss (en fonction de la période de retour) dont les valeurs sont donné 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 VIII-2 : Variable de gauss en fonction de la période de retour.

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

(La période de retour doit prendre en compte le cout d'investissement de l'infrastructure avec les conséquences d'un débordement pour l'utilisateur.)

B/ calcul des fréquences d'averse :

Pour une durée de ($T=15\text{min}=0.25\text{h}$). La fréquence de l'averse est donnée par la formule suivante :

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

- P_t : hauteur de pluie de durée t (mm)
- P_J : pluie journalière maximale annuelle.
- b : l'exposant climatique de la région.
- T : temps de concentration (temps nécessaire à l'eau pour s'écouler depuis le point le plus éloigné du bassin versant jusqu' à son exutoire ou le point de calcul).

C/ Temps de concentration :

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 :

- **La formule de VENTURA :**

Lorsque : $A < 5 \text{ km}^2$: $tc = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}}$

- **La formule de PASSINI :**

Lorsque $5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$: $tc = \frac{\sqrt[3]{AL}}{\sqrt{P}}$

- **La formule de GIADOTTI :**

Lorsque $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$: $tc = \frac{1.5L + 4\sqrt{A}}{0.8\sqrt{H}}$

Tc : le temps de concentration (heure).

A : superficie de bassin versant (km^2).

L : longueur de thalwegs principaux (m.p.m)

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

Application au projet :

Nous présenterons ci-dessous un exemple détaillé des étapes à suivre pour le calcul des débits d'apport pour chaque écoulement qui traverse la chaussée :

Les données pluviométriques de la région (tizi ouzou) :

- Pluie annuelle moyenne **850 mm/an.**
- Pluie moyenne journalière **Pj= 63mm.**
- L'exposant climatique **b=0.37**
- Le coefficient de variation climatique **Cv=0.38.**

a) Calcul de la précipitation :

$$pj = \frac{pj_{moy}}{\sqrt{c_v^2 + 1}} \times e^{u \sqrt{\ln(c_v^2 + 1)}}$$

{ Pour une période de 10ansU=1.28

Pour une période de 50ansU=2.05

• Pendant 10 ans :

$$\left\{ \begin{array}{l} U=1.28 \\ C_v=0.38 \\ P_j=63 \end{array} \right. \quad p_j(10\%) = \frac{63}{\sqrt{0.38^2+1}} \times e^{1.28\sqrt{\ln(0.38^2+1)}}$$

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

• Pendant 50 ans :

$$\left\{ \begin{array}{l} U=2.05 \\ C_v=0.38 \\ P_j=63 \end{array} \right. \quad p_j(2\%) = \frac{63}{\sqrt{0.38^2+1}} \times e^{2.05\sqrt{\ln(0.38^2+1)}} \Longrightarrow P_j(2\%) = 125.03\text{mm.}$$

b) La fréquence de l'averse :

Pour une durée de 15min=0.25h.

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

• Pendant 10 ans :

$$P_t (10\%) = 94.3 * (0.25/24)^{0.37} \Longrightarrow P_t (10\%) = 17.42 \text{ mm.}$$

• Pendant 50 ans :

$$P_t (02\%) = 125.03 * (0.25/24)^{0.37} \Longrightarrow P_t (02\%) = 23.09 \text{ mm.}$$

c) Calcule de l'intensité de l'averse :

Pour une durée de 01 heure.

$$B=b-1 \Longrightarrow B=0.37-1= -063.$$

$$I=P_j / 24.$$

• Pendant 10 ans :

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

• Pendant 50 ans :

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

VIII-5- Superficie des bassins versants :

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

Il existe **05 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 2014.

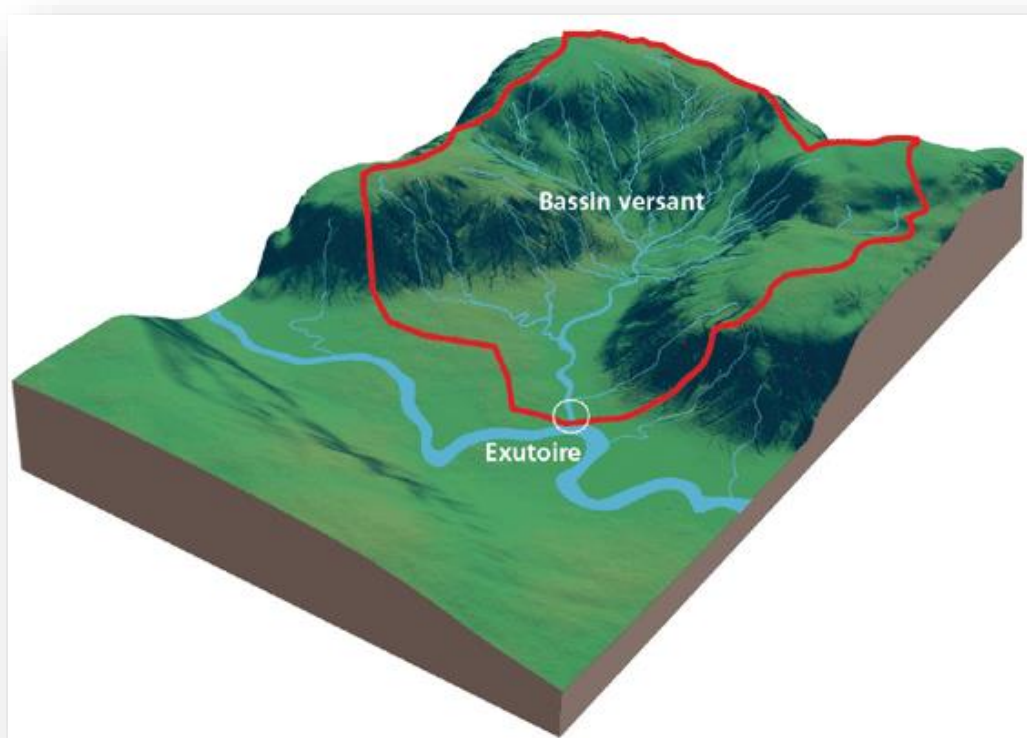


Figure VIII-2 : Représentation d'un bassin versant.

bassin versant	surface (HA)	Longueur L(m)	Long linéaire (m)	pente %	Hmax (m)	Hmin (m)
BV 1	37.34	800	488	41	786	457
BV 2	289.16	3120	710	24	1279	520
BV 3	112.28	882.6	2261	10	620	530
BV 4	16.2	168	287	15	453	427
BV 5	748.50	4191	940	16	1065	366

Tableau VIII-3: Caractéristiques des bassins versants.

Application au projet:

➤ **Pour (BV 01) (S=37.34 HA, P= 41%).**

- **C= 0.20**

S < 5 km², donc on applique la formule de Ventura :

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{S}{P}}$$

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{37.34}{41}} = 0.12 \text{ h.}$$

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

$$I_t = I \left(\frac{T_c}{24} \right)^{b-1} \quad I_t(10\%) = 2.054 \left(\frac{0.12}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{57.84 \text{ mm/h.}}$$

$$I_t(02\%) = 5.20 \left(\frac{0.12}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{146.43 \text{ mm/h.}}$$

Intensité de l'averse 10% I(mm/h) = **57.84 mm / h.**

Intensité de l'averse 2% I(mm/h) = **146.43 mm / h.**

➤ **Pour (BV 02) (S=289.16HA, P= 24 %).**

- **C= 0.20**

S < 5 km², donc on applique la formule de Ventura :

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{S}{P}}$$

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{289.16}{24}} = 0.44 \text{ h.}$$

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

$$I_t = I\left(\frac{T_c}{24}\right)^{b-1} \quad I_t(10\%) = 2.054 \left(\frac{0.44}{24}\right)^{-0.63} = \mathbf{25.51 \text{ mm/h.}}$$

$$I_t(02\%) = 5.20 \left(\frac{0.44}{24}\right)^{-0.63} = \mathbf{64.58 \text{ mm/h.}}$$

Intensité de l'averse 10% $I(\text{mm/h}) = \mathbf{25.51 \text{ mm / h.}}$

Intensité de l'averse 2% $I(\text{mm/h}) = \mathbf{64.58 \text{ mm / h.}}$

➤ **Pour (BV 03) (S=112.28HA, P= 10%)**

- **C= 0.20**
- **S < 5 km²**, donc on applique la formule de Ventura :

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{S}{P}}$$

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{112.28}{24}} = 0.42 \text{ h.}$$

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

$$I_t = I\left(\frac{T_c}{24}\right)^{b-1} \quad I_t(10\%) = 2.054 \left(\frac{0.42}{24}\right)^{-0.63} = \mathbf{26.27 \text{ mm/h.}}$$

$$I_t(02\%) = 5.20 \left(\frac{0.42}{24}\right)^{-0.63} = \mathbf{66.51 \text{ mm/h.}}$$

Intensité de l'averse 10% $I(\text{mm/h}) = \mathbf{26.27 \text{ mm / h.}}$

Intensité de l'averse 2% $I(\text{mm/h}) = \mathbf{66.51 \text{ mm / h.}}$

➤ **Pour (BV 04) (S=16.2 HA, P= 15%).**

- **C= 0.20**

S < 5 km², donc on applique la formule de Ventura :

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{S}{P}}$$

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{16.2}{15}} = 0.13 \text{ h.}$$

• Calcul de l'intensité de pluie :

$$I_t = I \left(\frac{T_c}{24} \right)^{b-1} \quad I_t(10\%) = 2.054 \left(\frac{0.13}{24} \right)^{-0.63} = 55 \text{ mm/h.}$$

$$I_t(02\%) = 5.20 \left(\frac{0.20}{24} \right)^{-0.63} = 139.23 \text{ mm/h.}$$

Intensité de l'averse 10% I(mm/h) = 55 mm / h.

Intensité de l'averse 2% I(mm/h) = 139.23 mm / h.

➤ Pour (BV 05) (S=748.51HA, P= 16 %).

• C =0.20

On a: $5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$: $t_c = \frac{\sqrt[3]{A L}}{\sqrt{P}}.$

$$t_c = \frac{\sqrt[3]{748.5 \cdot 0.4191}}{\sqrt{16}} = 1.7 \text{ h.}$$

• Calcul de l'intensité de pluie :

$$I_t = I \left(\frac{T_c}{24} \right)^{b-1} \quad I_t(10\%) = 2.054 \left(\frac{1.7}{24} \right)^{-0.63} = 10.88 \text{ mm/h.}$$

$$I_t(02\%) = 5.20 \left(\frac{1.7}{24} \right)^{-0.63} = 27.56 \text{ mm/h.}$$

Intensité de l'averse 10% I(mm/h) = 10.88 mm / h.

Intensité de l'averse 2% I(mm/h) = 27.56 mm / h.

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Bassin versant	Temps de concentration Tc (h)	Intensité de l'averse 10% I (mm/h)	Intensité de l'averse 2% I (mm/h)
BV1	0.12	57.84	146.53
BV2	0.44	25.51	64.58
BV3	0.52	26.27	66.51
BV4	0.13	55	139.23
BV5	11.7	10.88	27.56

Tableau VIII-4 : Intensité de l'averse.

VIII-6- Détermination des débits de crue des bassins versants:

On applique la formule : $Qa = K \cdot C \cdot I \cdot A$

➤ **BV 1:** $Qa(10\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 57.84 \cdot 37.34 \cdot 0.2 = 1.2 \text{ m}^3/\text{s}$.

$Qa(02\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 146.43 \cdot 37.34 \cdot 0.2 = 3.04 \text{ m}^3/\text{s}$.

➤ **BV 2 :** $Qa(10\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 25.51 \cdot 289.16 \cdot 0.2 = 4.10 \text{ m}^3/\text{s}$.

$Qa(02\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 64.58 \cdot 289.16 \cdot 0.2 = 10.4 \text{ m}^3/\text{s}$.

➤ **BV 3:** $Qa(10\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 26.27 \cdot 112.28 \cdot 0.2 = 1.63 \text{ m}^3/\text{s}$.

$Qa(02\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 66.51 \cdot 112.28 \cdot 0.2 = 4.15 \text{ m}^3/\text{s}$.

➤ **BV 4:** $Qa(10\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 55 \cdot 16.2 \cdot 0.2 = 0.49 \text{ m}^3/\text{s}$.

$Qa(02\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 139.23 \cdot 16.2 \cdot 0.2 = 1.25 \text{ m}^3/\text{s}$.

➤ **BV 5:** $Qa(10\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 10.88 \cdot 748.5 \cdot 0.2 = 4.52 \text{ m}^3/\text{s}$.

$Qa(02\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 27.56 \cdot 748.5 \cdot 0.2 = 11.46 \text{ m}^3/\text{s}$.

➤ Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Bassin versant	C	K	l'intensité de l'averse		surface A(HA)	Débits de crue	
			I 10 %(h/mm)	I 2 %(h/mm)		Q m³/s 10%	Q m³/s 2%
BV1	0.2	0.00278	57.84	146.43	37.34	1.2	3.04
BV2	0.2	0.00278	24.80	62.80	326.50	4.10	10.4
BV3	0.2	0.00278	26.27	66.51	112.28	1.63	4.15
BV4	0.2	0.00278	55	139.23	16.2	0.49	1.25
BV5	0.2	0.00278	10.88	27.56	748.5	4.52	11.46

Tableau VIII-5 : Débits de crue des bassins versants.

VIII-7- Estimation du débit d'apport :

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

Q_a : Débit maximum d'eau pluviale (m³/s).

C : Coefficient de ruissellement.

I_t : Intensité de la pluie exprimée en mm /h.

K : Coefficient de conversion des unités et est égale à 0.00278.

A : Air (ha)

7-1- 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) Pour la chaussée : (Exemple : BV5)

- **Surface de la chaussée :** $A_{\text{chaussée}} = 7 \times 940 \times 10^{-4}$

$$A_{\text{chaussée}} = 0.658 \text{ HA}$$

- **Calcul de temps de concentration :**

Nous utiliserons La formule de VENTURA :

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A_c}{P}}$$

Avec : $P_{\text{chaussée}} = 2.5\%$

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.658}{2.5}}$$

$$t_c = 0.067 \text{ h}$$

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

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

$$I_t(10\%) = 2.054 \left(\frac{0.067}{24}\right)^{-0.63}$$

$$I_t(10\%) = 85.3 \text{ mm/h}$$

$$I_t(2\%) = 5.20 \left(\frac{0.067}{24} \right)^{-0.63}$$

$$I_t(2\%) = 217.6 \text{ mm/h}$$

➤ Débit d'apport de la chaussée :

$$Q_{ach} = K \cdot I_t \cdot C_c \cdot A_c$$

$$Q_{ach}(10\%) = 2.78 \times 10^{-3} \times 85.352 \times 0.95 \times 0.65$$

$$Q_{ach}(10\%) = 0.146 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{ach}(2\%) = 2.78 \times 10^{-3} \times 217.6 \times 0.95 \times 0.65$$

$$Q_{ach}(2\%) = 0.373 \text{ m}^3/\text{s}$$

a) Pour l'accotement :

- Surface de l'accotement :

$$A_{acc} = 2.5 \times 940 \times 10^{-4}$$

$$A_{acc} = 0.235 \text{ HA.}$$

- Calcul de temps de concentration :

$$\text{Avec : } P_{acc} = 4\%$$

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

$$t_c = 0.03 \text{ h}$$

- Intensité de la pluie

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

$$I_t(10\%) = 2.054 \left(\frac{0.030}{24} \right)^{-0.63}$$

$$I_t(10\%) = 138.5 \text{ mm/h}$$

$$I_t(2\%) = 5.20 \left(\frac{0.030}{24} \right)^{-0.63}$$

$$I_t(2\%) = 350.71 \text{ mm/h}$$

➤ Débit d'apport de l'accotement :

$$Q_{a_{acc}} = K \cdot I_t \cdot C_a \cdot A_a$$

$$Q_{a_{acc}}(10\%) = 2.78 \times 10^{-3} \times 138.5 \times 0.4 \times 0.03$$

$$Q_{a_{acc}}(10\%) = \mathbf{0.004 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$Q_{a_{acc}}(2\%) = 2.78 \times 10^{-3} \times 350.7 \times 0.4 \times 0.03$$

$$Q_{a_{acc}}(02\%) = \mathbf{0.011 \text{ m}^3/\text{s}}$$

b) Pour le talus :

• Surface du talus:

$$A_t = 10 \times 940 \times 10^{-4}$$

$$A_t = 0.94 \text{ HA}$$

• Calcul de temps de concentration :

$$\text{Avec : } P_{ta} = 66\%$$

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.94}{66}}$$

$$t_c = 0.015 \text{ h}$$

• Intensité de la pluie

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

$$I_t(10\%) = 2.054 \left(\frac{0.015}{24} \right)^{-0.63}$$

$$(10\%) = 214.3 \text{ mm/h}$$

$$I_t(2\%) = 5.20 \left(\frac{0.015}{24} \right)^{-0.63}$$

$$I_t(2\%) = 542.7 \text{ mm/h}$$

➤ Débit d'apport Du talus:

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

$$Q_{a_t}(10\%) = 2.78 \times 10^{-3} \times 214.3 \times 0.3 \times 0.94$$

$$Q_{a_t}(10\%) = \mathbf{0.16 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$Q_{at}(2\%) = 2.78 \times 10^{-3} \times 542.7 \times 0.3 \times 0.94$$

$$Q_{at}(02\%) = 0.425 \text{ m}^3/\text{s}$$

Conclusion:

$$Q_a = Q_{ach} + Q_{acc} + Q_{at}$$

$$Q_a(10\%) = 0.309 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_a(02\%) = 0.809 \text{ m}^3/\text{h}$$

Les résultats des calculs des bassins versants BV1, BV2, BV3, BV4 et BV5 sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Bassin versants	Type	Surface A (HA)	Tc (h)	It (mm/h)		C	Qi (m³/h)		Qa = ΣQi (m³/h)	
				10%	2%		10%	2%	10%	2%
BV1	Chaussée	0.342	0.047	104.40	264.31	0.95	0.094	0.238	0.246	0.622
	accotement	0.122	0.022	168.42	426.39	0.4	0.041	0.104		
	talus	0.48	0.010	276.78	700.7	0.3	0.111	0.280		
BV2	Chaussée	0.71	0.067	83.50	211.40	0.95	0.156	0.396	0.391	0.956
	accotement	0.256	0.03	183.53	350.71	0.4	0.052	0.099		
	talus	1.02	0.015	214.38	542.7	0.3	0.183	0.461		
BV3	Chaussée	0.49	0.056	93.49	236.68	0.95	0.120	0.306	0.286	0.727
	accotement	0.17	0.026	151.60	383.8	0.4	0.028	0.072		
	Talus	0.71	0.013	234.61	593.95	0.3	0.138	0.351		
BV4	Chaussée	0.27	0.04	115.56	292.5	0.95	0.082	0.208	0.176	0.448
	accotement	0.096	0.02	178.84	452.78	0.3	0.004	0.01		
	talus	0.387	0.01	282.14	714.2	0.4	0.09	0.230		
BV5	Chaussée	0.655	0.067	85.3	217.6	0.95	0.145	0.373	0.309	0.808
	accotement	0.235	0.030	138.5	350.7	0.4	0.004	0.011		
	talus	0.94	0.015	214.3	542.7	0.3	0.16	0.425		

Tableau VIII-6: Résultats des calculs des débits d'apports.

VIII-8- Estimation des débits de saturation :

Le débit de saturation est donné par la formule de MANNING - STRICKLER :

$$QS = S Kst \sqrt{I} Rh^{\frac{2}{3}}$$

Tel que :

- **Kst** : Coefficient de Manning Strickler.
- **I** : Pente de pose de l'ouvrage.
- **S** : Section mouillée (m²).
- **Rh** : Rayon hydraulique moyen (m) avec : $Rh = \frac{\text{section mouillée}}{\text{périmètre mouillé}}$

Fossés en terre	K=30
Fossés plats engazonné	K=15
Collecteur en béton	K=70

Tableau VIII-7 : Valeurs des coefficients de Manning-Strickler.

VIII-9- Dimensionnement des ouvrages hydrauliques :

Les ouvrages d'art destinés à l'évacuation des eaux superficielles peuvent être classés en deux grandes catégories :

- les petits ouvrages tels que les buses, les dalots, les fossés, les radiers submersibles, etc ...
- les grands ouvrages tels que sont les ponts.

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 :

- ✓ Un écoulement à surface libre.
- ✓ Une vitesse d'écoulement inférieure à 4 m/s.
- ✓ Une hauteur d'eau amont acceptable.
- ✓ Une revanche pour le passage des corps flottants.

9-1- Dimensionnement des fossés :

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

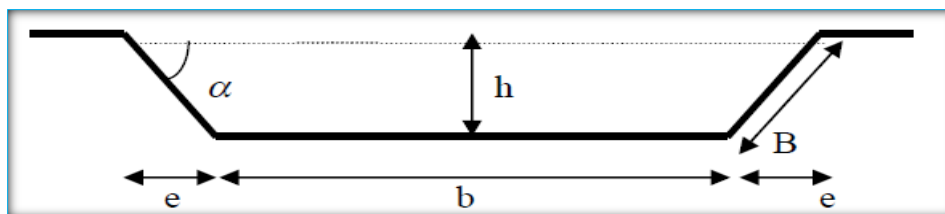
- Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation.

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

La hauteur (h) d'eau dans le fossé correspond au débit d'écoulement au point de saturation. Cette hauteur sera obtenue, en égalisant le débit d'apport au débit de saturation.

Les fossés récupèrent les eaux issues de la chaussée, de l' accotement et des talus, pour notre projet, Quelque soit la hauteur des talus, on prévoit des fossés de forme **trapézoïdale** à parois en béton.

Le profil en travers hypothétique d'un fossé est donné par la figure ci-dessous :



- ✓ **S_m** : surface mouillée.
- ✓ **P_m** : périmètre mouillé.
- ✓ **R** : rayon hydraulique= S_m/P_m .
- ✓ **P** : pente du talus =1/n.

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

Le dimensionnement des fossés doit satisfaire l'égalité entre le débit d'apport et débit de saturation.

$$Q_s = S_m K_{st} \sqrt{I} R^{\frac{2}{3}}$$

● **Calcul de la surface mouillée :**

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

$$\tan \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \quad \text{donc} \quad e = n.h$$

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

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

● **Calcul de périmètre mouillé :**

$$P_m = b + 2B$$

$$\text{Avec : } \begin{cases} B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + n^2.h^2} = h.\sqrt{1+n^2} \\ P_m = b + 2 h.\sqrt{1+n^2} \end{cases}$$

● **Calcul de rayon hydraulique :**

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

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

Bassin versants	Type	Surface A (HA)	Qi (m ³ /h)	Qa=ΣQi (m ³ /h)
			10%	10%
BV1	Chaussée	0.342	0.094	0.246
	Accotement	0.122	0.041	
	Talus	0.48	0.111	
BV2	Chaussée	0.71	0.156	0.391
	Accotement	0.256	0.052	
	Talus	1.02	0.183	
BV3	Chaussée	0.49	0.120	0.286
	Accotement	0.17	0.028	
	Talus	0.71	0.138	
BV4	Chaussée	0.27	0.082	0.176
	Accotement	0.02	0.004	
	Talus	0.38	0.09	
BV5	Chaussée	0.655	0.145	0.309
	Accotement	0.235	0.004	
	Talus	0.94	0.16	

Tableau VIII-8: Résultats des calculs des débits d'apports.

On dimensionne les fossés par rapport aux débits de calcul en considérant une période de retour de **10ans**:

On fixe le **b** et le **n** et le **h**

- **h**= 0.4m
- **b**=0.5m
- **n**=1.5
- **La pente I**= 4%
- **Kst**=70

➤ **Verification:**

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

$Q_s = 2,55 \text{ m}^3/\text{s}$.

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

9-2- Dimensionnement des buses :



-Buse-

Les buses ces des Ouvrage hydraulique en béton utilisé pour le rétablissement des écoulements naturels.

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 10+300	1.45	Buse
BV3	PK 13+120	1.92	Buse
BV4	PK 14+214	0.67	Buse

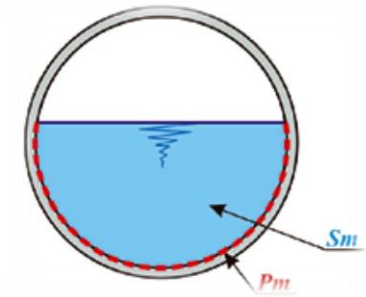
Tableau VIII-9-a: Localisation des Buses sur les bassins versants.

- On a des débits moyens nous proposons donc des ouvrage busé avec une pente de (2%).

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

$$QS = S Kst \sqrt{I} Rh^{\frac{2}{3}}$$

- $Sm = 1/2 \pi R^2$ (pour une hauteur de remplissage $= 0.5 \varphi$)
- $Pm = 2\pi R$
- Rayon hydraulique $Rh = Sm / Pm = R/2$
- $Kst = 80$ (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 : $I = 2.5\%$.



➤ **Pour BV1 :**

On a: $Qs = 80 (R/2)^{2/3} (0.025)^{1/2} \pi R^2/2 = Qa = 1.45 \text{ m}^3/\text{s}$

$$R^{\frac{8}{3}} = \frac{Qa \times 2^{\frac{2}{3}}}{Ks \times \frac{1}{2} \times \pi \times I^{\frac{1}{2}}} = \frac{1.45 \times 2^{\frac{2}{3}}}{80 \times \frac{1}{2} \times 3.14 \times 0.025^{\frac{1}{2}}}$$

$R = 0.45 \text{ m}$.Alors on aura : $D = 2R = 0.88 \text{ m}$

Une fois le diamètre est calculé, on adoptera un diamètre normalisé commercial tel que :

Φ 400, Φ 500, Φ 800, Φ 1000, Φ 1200, Φ 1500...etc.

✓ D'où le diamètre de la buse est : **Φ 1000**

➤ **Pour BV3 :**

On a $Qs = 80 (R/2)^{2/3} (0.025)^{1/2} \pi R^2/2 = Qa = 1.92 \text{ m}^3/\text{s}$.

$$R^{\frac{8}{3}} = \frac{Qa \times 2^{\frac{2}{3}}}{Ks \times \frac{1}{2} \times \pi \times I^{\frac{1}{2}}} = \frac{1.92 \times 2^{\frac{2}{3}}}{80 \times \frac{1}{2} \times 3.14 \times 0.025^{\frac{1}{2}}}$$

$R = 0.49 \text{ m}$.Alors on aura : $D = 2R = 0.98 \text{ m}$

✓ le diamètre de la buse est : **Φ 1000**.

➤ **Pour BV4:**

On a $Qs = 80 (R/2)^{2/3} (0.025)^{1/2} \pi R^2/2 = Qa = 0.67 \text{ m}^3/\text{s}$.

$$R^{\frac{8}{3}} = \frac{Qa \times 2^{\frac{2}{3}}}{Ks \times \frac{1}{2} \times \pi \times I^{\frac{1}{2}}} = \frac{0.67 \times 2^{\frac{2}{3}}}{80 \times \frac{1}{2} \times 3.14 \times 0.025^{\frac{1}{2}}}$$

$R = 0.33 \text{ m}$.Alors on aura : $D = 2R = 0.66 \text{ m}$

✓ le diamètre de la buse est : **Φ 800**.

Nous éviterons dans notre projet d'utiliser les buses métalliques pour tous les inconvénients qu'elles peuvent avoir comme la corrosion, dégradation des matériaux, l'enfoncement, poinçonnements et dégradations locales des tôles.

9-3- Dimensionnement des dalots :



-DALOT-

Les dalots sont constitués par deux murettes verticales au piédroit 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 Q_a t= 10ans (m ³ /s)	Débit Q_a t=50ans (m ³ /s)	Ouvrage à prévoir
BV2	PK 10+820	4.49	11.35	Dalot

Tableau VIII-9-b: Localisation des dalots sur les bassins versants.

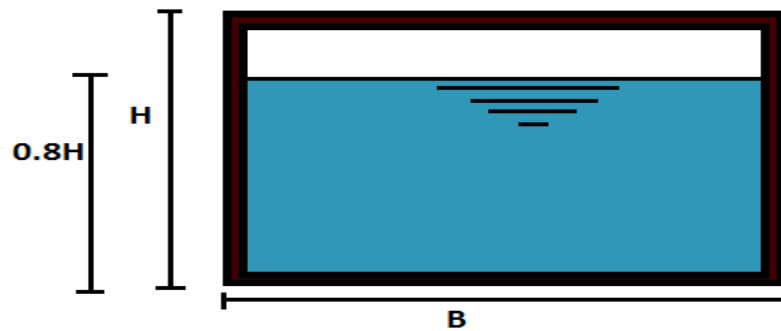
Pour ce bassin caractérisé d'un débit un peut élever nous proposons réaliser un dalot, de section rectangulaire correspondant a ce débit.

Dans notre projet, les dalots sont en béton armé, ce qui nous donne un coefficient de Manning_ Strickler :

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

Avec:

- ✓ **Qa**: le debit de crue pour une période de retour de **50ans** en m³/h.
- ✓ **Qs** : le debit 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%**.



➤ D'après la formule de Manning Strickler :

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

On fixe : **B = 2m** et pour **H=1.5 m**.

$$Qs = 70 \times \left(\frac{0.8 \times 2 \times 1.5}{1.6 \times 1.5 + 2} \right)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0.025} \times 0.8 \times 2 \times 1.5 = 17.2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Qs > Qa \text{ (BV2)} = 11.35 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ donc on va adopter un dalot de dimension : **H×B =1.5m x 2 m.**

Bassin versant	PK	Débit Qa t= 10ans (m ³ /s)	Débit Qa t=50ans (m ³ /s)
BV5	PK 14+740	4.83	12.26

Pour ce Bassin versant : le cours d'eau intercepte notre route au PK 14+740, cet écoulement coïncide exactement avec la zone accidenté la ou il ya lieu d'implanter un Viaduc, il est donc nécessaire de protéger la bases des piles De ce pont avec des enrochements ou gabions.

VIII-10- Conclusion :

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

<i>Bassin versant</i>	<i>Type d'ouvrage</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Localisation</i>
BV 01	Buse	Φ 1000	PK 10+320
BV 02	Dalot	1.5m × 2m	PK 10+820
BV 03	Buse	Φ 1000	PK 13+120
BV 04	Buse	Φ 800	PK 14+214
BV 05	Pont	/	PK 14+740

Tableau VIII-10 : Localisation des ouvrages hydrauliques.

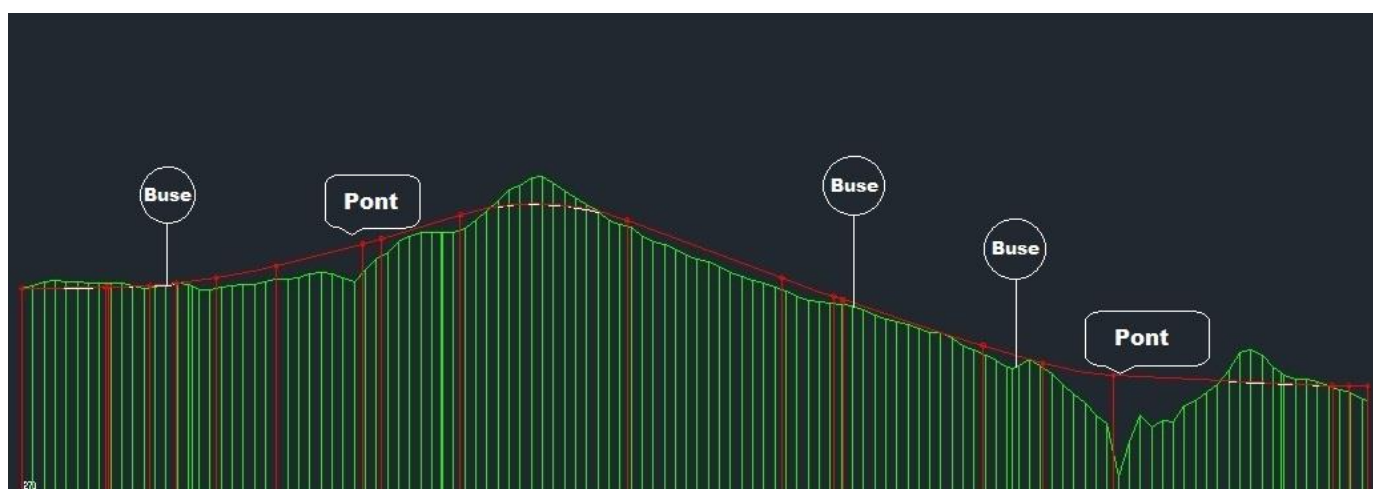
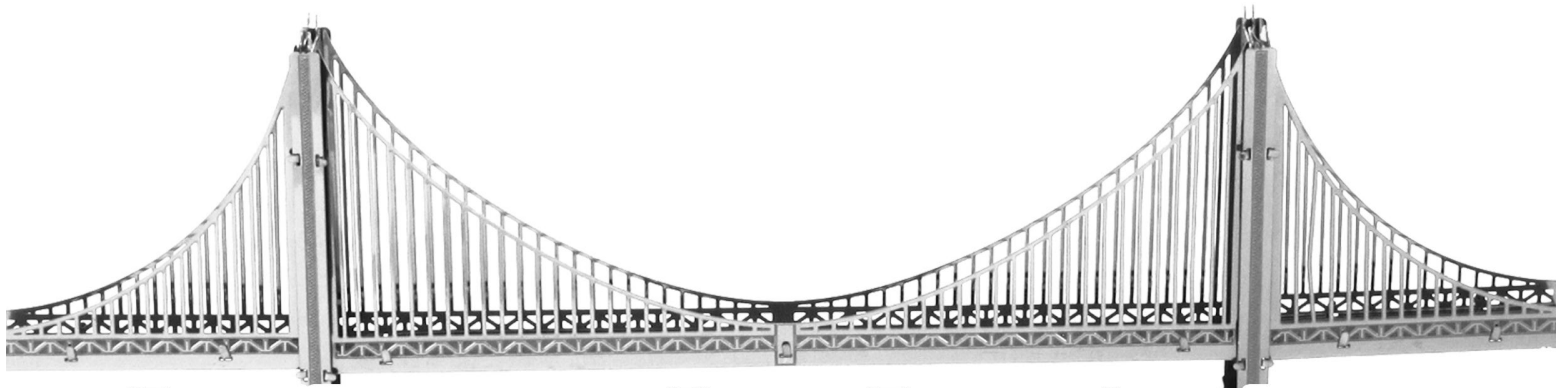


Figure VIII-3 : Représentation des ouvrages hydrauliques sur le profil en long.



OUVRAGES D'ART

IX-1- Introduction :

Un ouvrage d'art permet le franchissement d'un oued ou un site très accidenté, il permet aussi la réalisation des passages supérieurs ou inférieurs sur autoroute, voies ferrées pour le rétablissement des voies de communication.

Présentation des ouvrages:

Notre ouvrage est composée par :

- **Pont (1) :** pont de l'échangeur au croisement du CW 158 au PK 12+100 avec la pénétrante RN12-RN24 **L= 100.4 m.**
- **Pont (2) :** viaduc du PK 11+140 au PK11+360 **L=220m.**
- **Pont (3) :** viaduc du PK 14+314 au PK15+104 **L=680m.**

A) Pont (1) : A poutres multiples

✓ Au PK 12+100.



Description de l'ouvrage :

L'ouvrage en question est un pont situé dans le tronçon routier du chemin de wilaya CW158, il se trouve au PK 12+100, il comporte les caractéristiques suivantes :

- Gabarit: **H= 29 m**
- Largeur roulable : **Lr = 7 m.**
- Nombre de voies : 2 voies (bidirectionnel).
- Largueur total de pont entre garde-corps est : **10 m.**
- Longueur total (portée) : **L = 100.4 m.**

Afin de trouver la solution au type d'ouvrage le plus adéquat ; on a procédé à une comparaison entre tout les types d'ouvrage (variantes) qui peuvent être envisagés et cela en représentant toutes les caractéristiques des variantes.

a) Les ponts à poutre en béton armé :

Pour ce type, le tablier est constitué de poutres longitudinales, de longueur pouvant aller jusqu'à 20m. On ne peut pas opter pour cette méthode pour la raison suivante :

- Elle consomme plus de béton et d'acier.

b) Les ponts à poutre en béton précontraint :

Les ponts à poutres en béton précontraint sont préconisés pour le franchissement des portées intermédiaires de l'ordre de 25m.

Leurs portées, les plus économiques, se situent entre 20 et 35m.

Avantage :

- Une meilleure utilisation de la matière puisqu'il n'y a pas de béton inutile.
- Les armatures à haute limite élastique utilisées en béton précontraint sont moins chères à force égale que les aciers de BA.
- La possibilité d'assembler des éléments préfabriqués sans échafaudages.
- La possibilité de franchir de plus grandes portées qu'avec des ouvrages en béton armé.

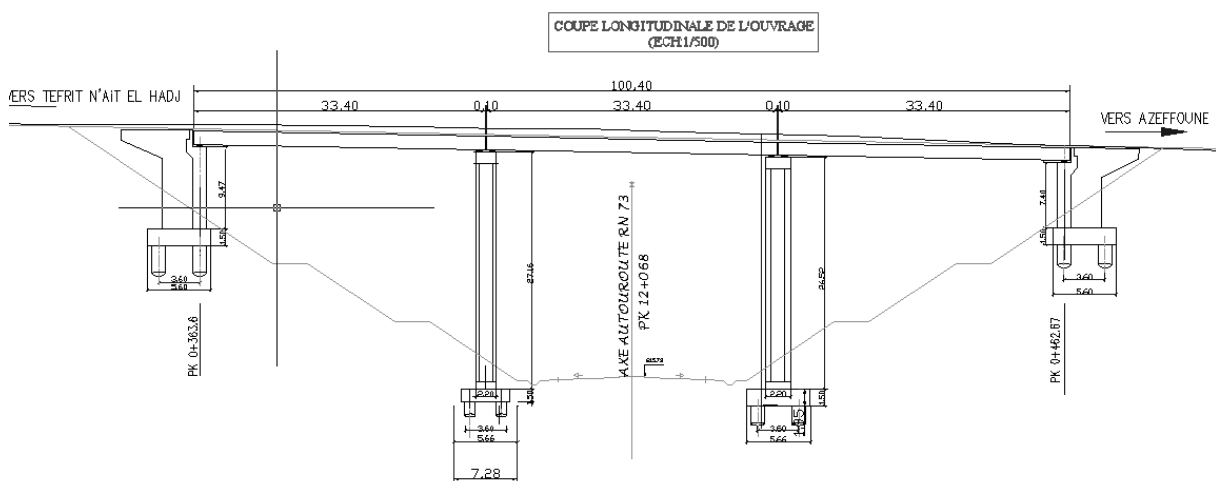
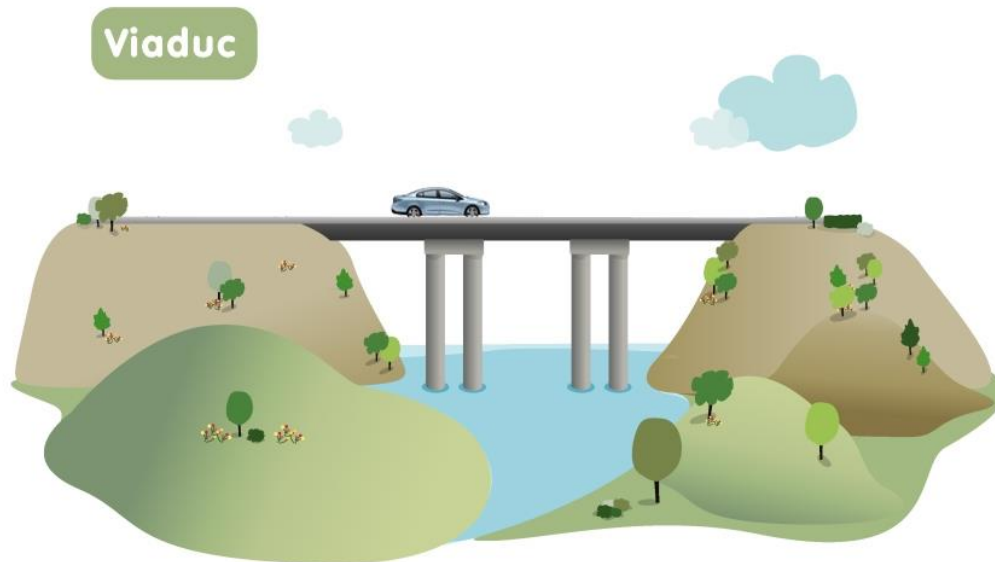


Figure IX-1 : Pont à poutres multiples situé au PK12+100

Lors de la réalisation du pont de l'échangeur qui relira notre pénétrante avec le chemin de wilaya N°158, ce dernier devra être fermé durant les travaux. Son trafic va être dévié provisoirement sur la RN 71.

B) Pont (2) et Pont (3) : Viaducs

- ✓ du PK 11+140 au PK 11+360.
- ✓ du PK 14+314 au PK 15+104.



a) Caractéristiques des ouvrages :

- Largeur roulable **Lr= 14 m.**
- Nombre de voies : (2×2) 3,50 m pour chacune.
- Trottoirs : 02 trottoirs de 1.50m, chaque trottoir doit être équipé d'un garde-corps et d'une glissière de sécurité.
- Largeur totale : **17m.**

IX-2- Choix du type d'ouvrage :

Notre but est de déterminer de point de vue technique esthétique et économique le type d'ouvrage le plus adéquat et de satisfaire le mieux possible toutes les conditions qui imposent le type d'ouvrage (Béton Armé ; Béton précontrainte ; mixte).

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

- Le profil en long de la chaussée.
- Le porté de l'ouvrage.
- La nature du sol.
- Position possible des appuis.

- Le gabarit a respecté.

Dans notre cas, nous avons à franchir des sites très accidenté, sur des longueurs :

- ✓ 220 m (du PK11+140 au PK11+360).
- ✓ 790 m (du PK14+314 au PK15+104).

Et avec des hauteurs importantes, nous proposons alors (deux 02) type de pont :

- **Ponts suspendus.**
- **Ponts à voussoirs.**

IX-3- Pont suspendus :

C'est un ouvrage métallique dont le tablier est attaché par l'intermédiaire de tiges de la suspension verticale à un certain nombre de câbles flexibles ou de chaîne dont les extrémités sont reliées aux culées.

.contrairement a tous les autres ponts, les ponts suspendus exercent une traction horizontale sur leurs points d'appuis.

a) Les avantages :

- Sa structure lui permet d'avoir des portées très importantes.
- Une belle forme esthétique.

b) Les inconvénients :

- Ils nécessitent la présence des massifs d'ancrage imposants et lourds pour retenir les forces considérables qui s'exercent qui le lie fonctionnellement la géologie du sol qui va le supporter.
- Le remplacement des câbles devient un travail très délicat demande plusieurs mois ainsi que la fermeture de la route durant les travaux.
- Techniques pas encore métrisé par les entreprises nationales.

IX-4- Pont à voussoirs (en encorbellement successif) :

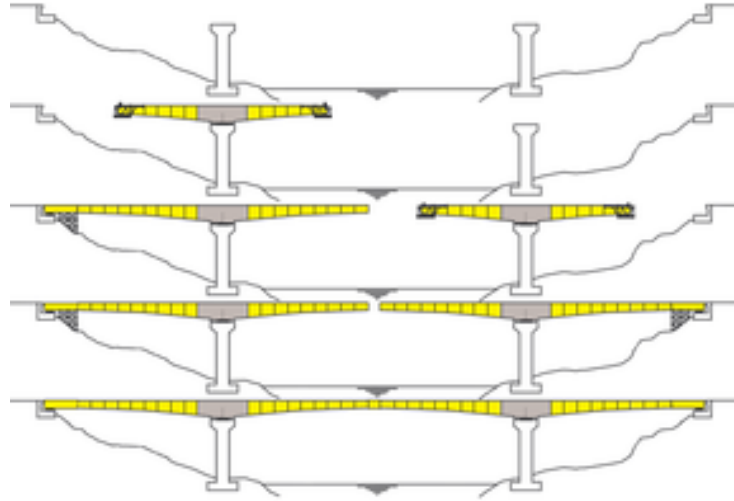


Figure IX-2 : Réalisation d'un pont en encorbellement successif

a) Les avantages :

- La durée d'utilisation est plus longue.
- Sa structure de pont donne une belle forme esthétique.
- la portée de ce type de pont est plus grande.
- Rapidité de construction dans le cas de pont à voussoirs préfabriqué.
- Techniques de réalisation métrisée par les entreprises nationales.

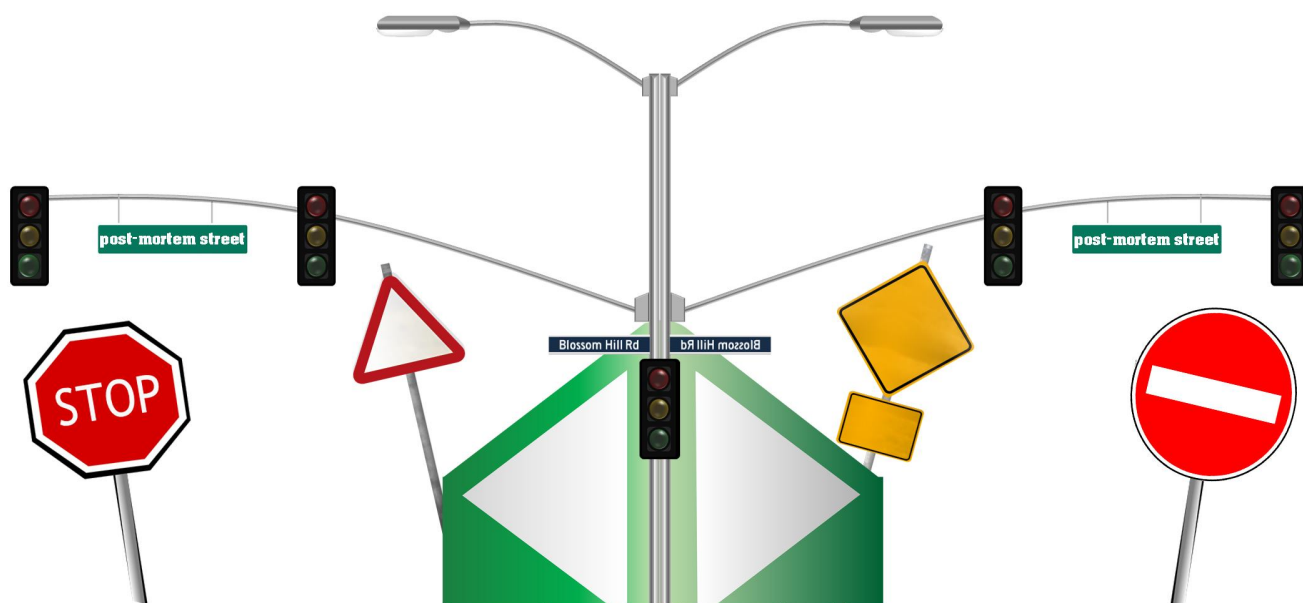
b) Les inconvénients :

- Des difficultés de calculs inhabituel (le volume de calcul nécessaire est considérable).
- Les effets de fluage du béton et relaxation des aciers.

IX-5- Conclusion :

En se basant sur les avantages et les inconvénients de chaque type de pont ainsi que le cout de leur réalisation éventuel, notre choix s'est porté sur les variantes suivantes :

- ✚ **pont à poutre en béton précontraint** pour le pont (01).
- ✚ **ponts en encorbellement successif** pour les deux autres viaducs.



EQUIPEMENTS ET SIGNALISATION

X-I- Sécurité :

X-1- Introduction :

La prévention routière, ou sécurité routière, est l'ensemble des mesures visant à éviter les accidents de la route ou à atténuer leurs conséquences et de rendre plus facile et plus sûre l'utilisation des routes et des autoroutes, elle correspond à un enjeu majeur de protection des personnes.

X-2- Disposition de retenue :

Les dispositifs de retenue constituent eux même des obstacles, ils ne doivent être implantés que si le risque en leur absence le justifie.

Les dispositifs de retenue implantés sont :

a) Glissières de sécurité :

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

- **Les glissières de niveau 1** : sont particulièrement adoptées pour les routes principales.
- **Les glissières de niveau 2 et 3**: sont envisageable lorsque les vitesses pratiquées à leurs endroits, sont faibles (de l'ordre de 60 Km/h).

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

• Sur accotement :

- En présence d'obstacles durs ou autres configurations agressives.
- Lorsque la hauteur des remblais dépasse 4 m, ou en présence d'une dénivellation brutale de plus de 1 m (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 éviter qu'elles n'entravent pas la visibilité.

Concernant les autres types de route, des glissières doivent être dans les cas suivant :

- **Sur le TPC** : le choix du type de barrière est :

Fonction du volume et de la composition du trafic, des contraintes de visibilité et d'exploitation, de la largeur du TPC.

On utilise les séparateur en béton de type GBA (Glissière en Béton Adhérent) ou BDA 5Double en Béton Adhérent) sont constitués d'un muret continu en béton faiblement armé coulé en place et qui présente un profil spécifique. ils sont capables de retenir les poids lourds de 12 t et entrent donc dans la classe des barrières normales de sécurité. Pour les voitures légères, le profil, par sa forme particulière, limite le frottement de la carrosserie sur le dispositif.

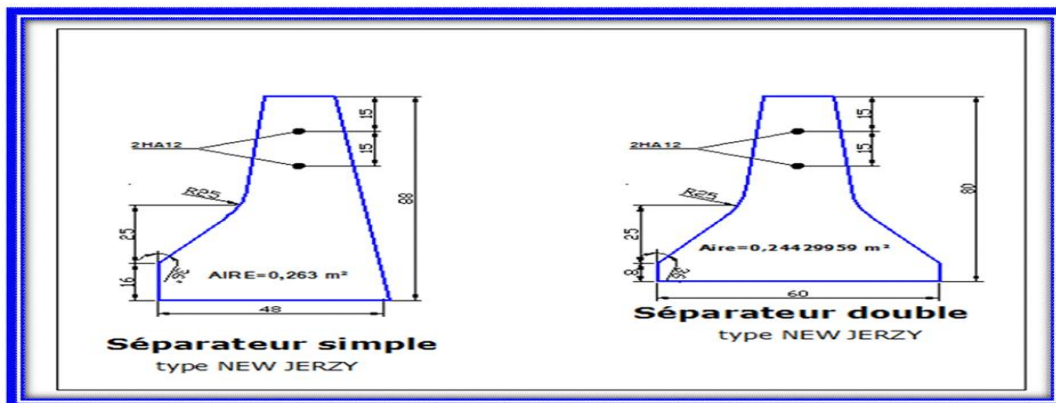


Figure X-1 : Séparation en béton armé

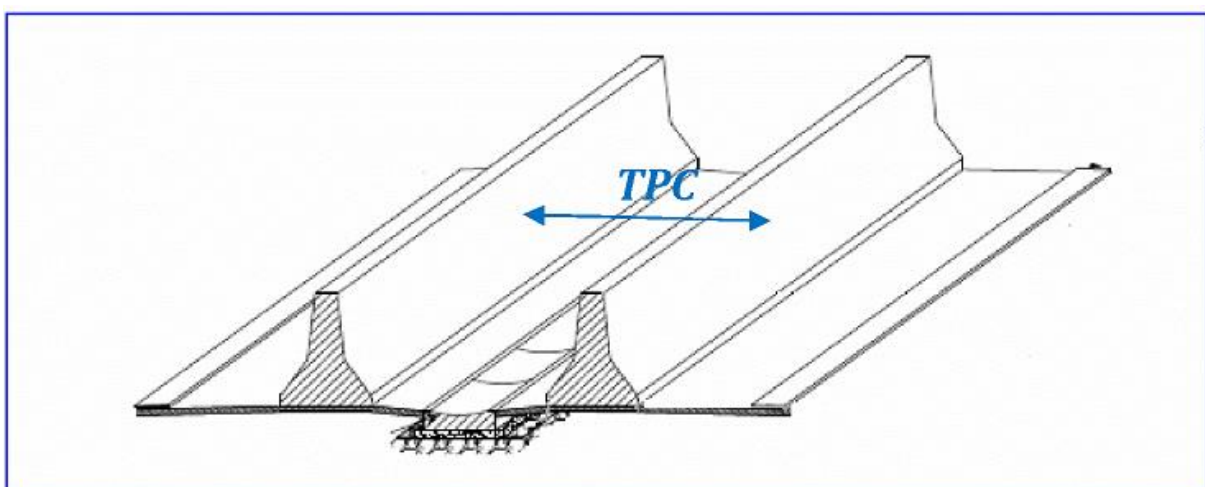


Figure X-2 : Murets en béton armé

X-3- Application au projet :

Pour notre cas des glissières de sécurité rigides sont prévues au long de l'itinéraire, elles sont implantées sur les TPC et en présence d'un TPC de 3 m, 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.

X-II- Signalisation :

X-1- Introduction :

La signalisation routière désigne l'ensemble des signaux conventionnels implantés sur le domaine routier et destinés à assurer la sécurité des usagers de la route, soit en les informant 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. Elle comprend deux grands ensembles : la signalisation routière *verticale*, qui comprend les panneaux, les balises, les bornes et les feux tricolores et la signalisation routière *horizontale*, constituée des marquages au sol et des plots.

- Dimensionnement des panneaux :
On utilise 02 types de gammes selon le type de route empruntée :
 - ✓ Grande gamme sur la section courante de la route expresse.
 - ✓ Gamme normale sur les bretelles de l'échangeur.
- Les panneaux et panonceaux utilisés, sont rétro réfléchissants haute intensité (classe II), appelés aussi panneaux à Rétro réflexion.
- L'implantation des panneaux se fait sur la berne de l'accotement.

X-2- L'objet de la signalisation routière :

La signalisation routière a pour objet :

- Rendre plus rapide la circulation routière.
- Donner des informations relatives à l'usage de la route.

X-3- Règles à respecté 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
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Eviter les panneaux publicitaires irréguliers.
- Simplicité qui s'obtient en évitant un surplus de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.

X-4- Type de signalisation :

4-1- Signalisation verticale:

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet traversé par l'utilisateur à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme.

Elles peuvent être classées dans quatre classes:

a) Signaux de danger :

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

b) Signaux comportant une prescription absolue :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

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

c) 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.

4-1-1- Signalisation de Police :

Cette signalisation est destinée à alerter les usagers des différents dangers, à indiquer ou rappeler les diverses prescriptions ou encore à donner les informations relatives à la bonne compréhension de la route. Les panneaux sont conformes aux normes internationales.

La signalisation de police est généralement composée de panneaux suivants :

- **Prescription :** Panneaux de type B14, limitation de vitesse à 80 km/h en section courante, ce panneau est rappelé chaque 1 km. Cette vitesse est réduite progressivement par paliers de 20 km/h à l'approche des voies de sortie de l'autoroute, soit à 60 km/h puis à 40 km/h sur les bretelles des échangeurs.
- **Intersection et régimes de priorité :** Ce type de panneau est employé au droit des carrefours plans et giratoires projetés au niveau des échangeurs.

4-1-2- Signalisation de direction :

De manière générale, ce type de signalisation est mis en place dans des portiques indiquant les différentes directions (les centres urbains prochains et les grandes villes et wilayas limitrophes). Les portiques sont implantés à 500 m (pré-signalisation) à l'approche des points d'échange et rappelle à l'entame des échangeurs. Le gabarit sous portique est de : 5,75m

Pour une meilleure lisibilité et compréhension des messages signalés sur les poteaux, il est souhaitable que le nombre de lignes ne dépasse pas 6. Partant de cette hypothèse, cela suppose que le nombre de mentions ne doit pas dépasser 3, étant donné que les panneaux sont écrits avec les deux caractères arabe et latin.

4-1-3- Signalisation de localisation :

Cette signalisation permet de porter à la connaissance de l'utilisateur, le nom d'un lieu traversé par la route et de se repérer. Elle est réalisée par des panneaux de type E30 implantés en position.

4-1-4- Equipements de balisage au niveau des bretelles de sortie d'autoroute :

Il s'agit d'un balisage monolithique en forme de demi cercle et comportant deux flèches de couleur blanche sur fond vert, appelé aussi « musoir ». Cette balise dite « chapeau de gendarme » de 2 m de diamètre est mise en place à la tête des ilots séparateurs des bretelles de sortie d'autoroute.

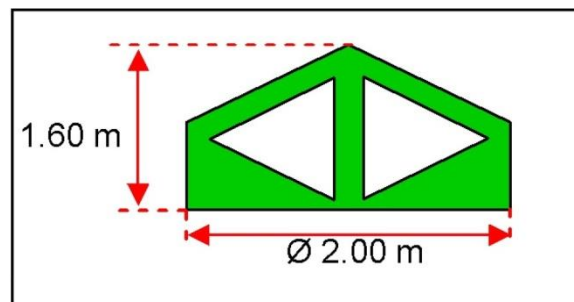


Figure X-3 : Balise au niveau des bretelles

4-2- Signalisation horizontale:

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation.

a) Marquage longitudinal:

- Lignes continues :

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

- Lignes discontinues :

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

- Lignes axiales ou lignes de délimitation de voie pour lesquelles la longueur des traits est environ égale ou tiers de leur intervalles.

- Lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour les quelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leur intervalles.
- Les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, dont la largeur des traits est le triple de celle de leurs intervalles.

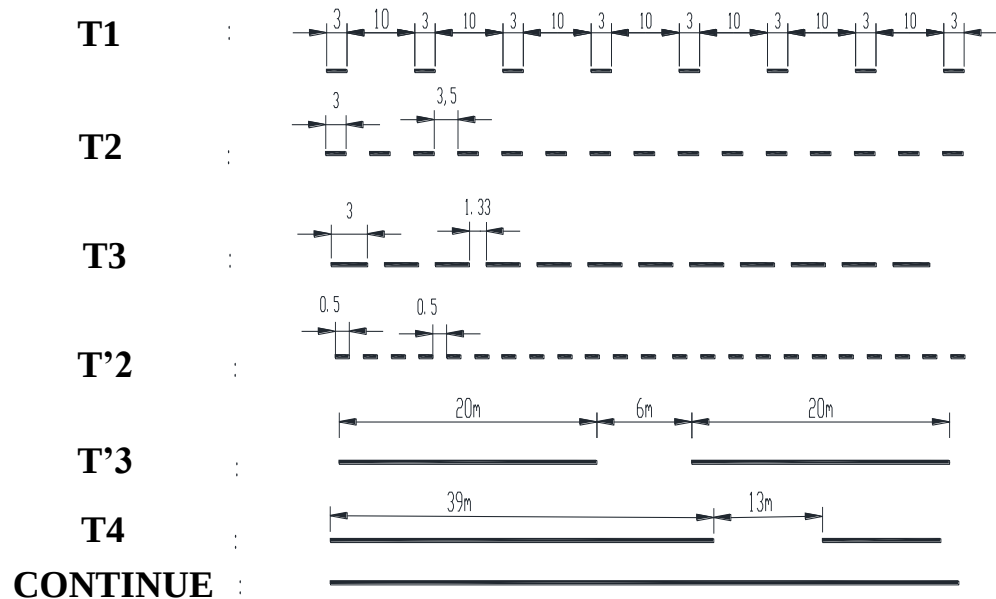
• **Modulation des lignes discontinues :**

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

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre deux traits successifs (m)	Rapport Plein/Vide
T ₁	3	10	≈ 3/1
T' ₁	1.5	5	
T ₂	3	3.5	≈ 1
T' ₂	0.5	0.5	
T ₃	3	1.33	≈ 3
T' ₃	20	6	
T ₄	39	13	≈ 1/3

Tableau X-1- Caractéristiques des lignes discontinues.

b) Marquage des chaussées :



T1: Ligne de guidage ou délimitation des voies normales de circulation de même sens. (Largeur $l=15\text{cm}$).

T2: Ligne utilisée pour délimiter les rives de la chaussée (largeur $l=18\text{cm}$).

T3: Ligne de délimitation des voies d'insertion, les voies TAG, TAD (largeur $l=18\text{cm}$).

T'2: Ligne transversale (Cédez le Passage, largeur $l=30\text{cm}$).

T'3: Ligne utilisée pour délimiter les rives dans les rives de carrefours (largeur $=18\text{cm}$).

T4 : Ligne délimitant une bande d'arrêt d'urgence

Ligne continue : Qui est infranchissable et dont la largeur est de $l=18\text{cm}$ devant les ilots Directionnels.

c) Autres marquages:

• **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.

- **Flèche de rabattement :**

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

X-5- Application au projet :

1/ PANNEAUX SPECIAUX (A1) PRESIGNALISATION



SORTIE DE L'AUTOROUTE (E15)



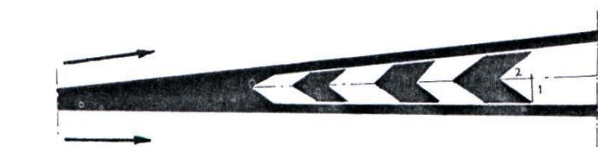
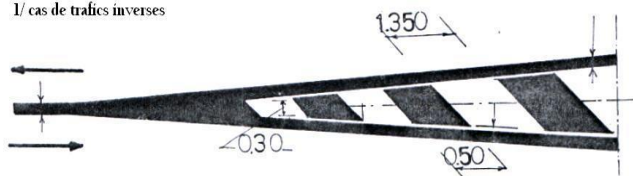
ENTREE DE L'AUTOROUTE (E14)

The first diagram shows a triangle with a base of 0.7 m and a height of 2 m, sitting on a rectangle with a width of 0.5 m and a height of 2 m. The total height is 4 m.

The second diagram shows a triangle with a base of 0.35 m and a height of 1 m, sitting on a rectangle with a width of 0.15 m and a height of 1 m. The total height is 2 m. The rectangle has a right-angled triangle cut out of its side with a base of 0.15 m and a height of 0.15 m.

The third diagram shows a triangle with a base of 0.35 m and a height of 1 m, sitting on a rectangle with a width of 0.15 m and a height of 1 m. The total height is 2 m. The rectangle has a right-angled triangle cut out of its side with a base of 0.15 m and a height of 0.15 m. The triangle has a base of 0.35 m and a height of 1 m. The rectangle has a width of 0.15 m and a height of 1 m. The total height is 2 m.

1/ cas de trafics inverses



2/ cas de trafics divergents



3/ cas de trafics convergents

Diagram illustrating the cross-section of a road and embankment. The road width is 6m. The embankment height is 4.5m. The road surface is 3.5m high from the base. The embankment base width is 0.36m. The road surface is labeled "Axe de la chaussée" and "Axe de". The embankment is labeled "R 21" and "R 8".

4/ SIGNAUX DE DANGER (TYPE A)



AK3
Chaussée rétrécie



A1a
Virage à droite



A1b
Virage à gauche

5/ SIGNAUX DE PRIORITE (B1)



Bande d'arrêt d'urgence

6/ SIGNAUX D'INTERDICTION OU DE RESTRICTION

Limitation de vitesses

Vitesse limitée à 80 km/h



Vitesse limitée à 60 km/h



Vitesse limitée à 40 km/h





SENSE INTERDIT



STOP



HAUTEUR LIMITE



STOP A 150 m



SENSE OBLIGATOIR



GIRATOIRE

7/ SIGNALISATION DE DIRECTION



X-III- Eclairage :

X-1- Introduction :

Dans un trafic en augmentation constante l'éclairage public et la signalisation nocturne des routes jouent un rôle indéniable en matière de sécurité.

Leurs buts est de permettre aux usagers de la voies de circulation la nuit avec une sécurité aussi élevé que possible.

X-2- Catégorie d'éclairage :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

X-3- Paramètres de l'implantation des luminaires :

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

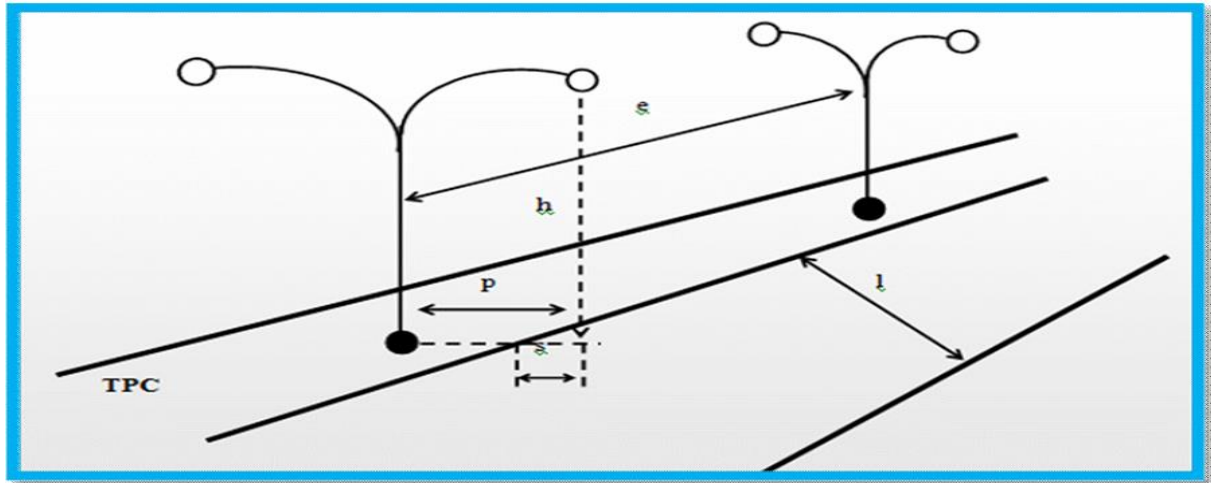


Figure X-4 : Disposition de l'éclairage

X-4- Application au projet :

- ✓ Pour l'éclairage de la voie, des lampadaires seront implantés dans le TPC avec deux foyers portés par le même support éclairant.
- ✓ La hauteur des lampadaires sera de 8 m
- ✓ L'espacement entre 2 lampadaires consécutifs sera de 25 m.



**IMACTE SUR
L'ENVIRONNEMENT**

XI-1- Introduction :

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

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

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

Objectifs :

Les préoccupations relatives à l'environnement peuvent être en grande partie regroupées autour de quelques objectifs généraux :

- Rechercher la meilleure intégration de la route dans l'environnement, et favoriser la valorisation mutuelle de la route et de l'environnement.
- Limiter ou corriger ce qui peut conduire à des dégradations.
- Gérer et entretenir les abords de la route.

1-1- Les impacts positifs :

a) L'impact socioéconomique :

- ✓ Dynamiser l'activité économique régionale en reliant la RN 12 et la RN 24 .
- ✓ Soulager la RN73 en créant une route alternative.
- ✓ Permettre un gain de temps pour les usagers.
- ✓ Favoriser la découverte et la mise en valeur des régions traversées.
- ✓ La création des postes d'emplois temporaire (durant la phase de réalisation).

b) Impact sur le bâti :

- ✓ Le tracé de notre projet se situe dans une zone rurale et ne traverse aucune habitation (pas de destruction de maisons).

1-2- Les Impacts négatifs :

a) L'impact sur le paysage :

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

b) L'impact sur la nature :

La faune :

L'impact de construction d'une route sur les animaux doit faire partie des données biologique et pour protéger la faune des risques de collision, sachant que sur cette route, il ya lieu de présence d'animaux sauvage sur les abords.

Le tracé de la route provoquera des accidents dus à la collision des usagers de la route avec les animaux.

La flore :

Ces zones naturelles, en outre leurs contributions à l'absorption du gaz carbonique contenu dans l'air. Les implantations vont constituer un espace de vie pour la faune et la flore, elle participe au cycle biologique.

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.

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

Les ressources en eaux :

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

 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.

XI-2- Conclusion :

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

- Sa conception,
- Sa construction,
- Son exploitation.



XII-1- Introduction :

Dans cette partie, on devra évaluer les quantités correspondantes à chaque poste principal, le coût global de chacun d'eux et enfin le montant général du projet.

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	Prix unitaire(DA) HT	Montant HT
1) Acquisition de Terrain	M²	105 000,00	1 000,00	105 000 000,00
SOUS Total(1)= 200 000 000 DA				
2) L'installation de Chantier et Replie ment	F	3% du total (3+4+5)	33 545 323,5	100 635 970,5
SOUS Total(2)= 100 635 970,5 DA				
3) Préparation de Terrain				
3.1) abattage d'arbres	U	550	1200,00	660 000,00
3.2) Décapage de la terre végétale Ep=0,50 m	M²	200 000,00	800,00	160 000 000,00
SOUS Total(3)=160 660 000,00 DA				
4) Terrassement				
4.1) Déblais (extraction transport et mise en dépôt)	M³	1 040 733	700 ,00	728 513 100,00
4.2) Remblais en provenance d'emprunts	M³	2 008 158.6	900,00	1 807 342 740,00
SOUS Total(4)= 2 535 855 840,00 DA				
5) Chaussée				
5.1) Mise en place d'une Couche de forme en matériaux non traités (TUF) Ep = 0,40 m	M³	440 00	850,00	37 400 000,00
5.2) Couche de fondation en GC Ep = 0.22 m	T	60 500	5 000,00	302 500 000,00
5.3) Couche de base en grave bitume GB Ep = 0.15m	T	38 775	5 500,00	213 262 500 ,00
5.4) Couche d'imprégnation au cut-back 0/1	T	90.05	80 000 ,00	7 204 000
5.5) Couche d'accrochage dosée 200à 300g/m2	T	30.5	90 000.00	2 745 000,00
5.6) Couche de roulement en béton bitumineux Ep= 0.06 m	T	15 510	5 500,00	85 305 000
5.8) Rechargement du TPC en terre végétale	M³	12 000	800,00	9 600 000
SOUS Total(5)= 658 016 500 DA				
7) Ouvrage d'art et Assainissement	F	40% du total (3+4+5)	/	1 341 812 940,00
SOUS Total(7)=1 341 812 940,00DA				
8) Impact sur l'Environnement	F	1% du total (3+4+5)	/	33 545 323,5
SOUS Total(8)= 33 545 323,5 DA				
9) Aménagement divers				
Aménagement et engazonnement des Ilots au niveau de l'échangeur	F	1 % du total (3+4+5)	/	33 545 323,5
Plantation d'arbustes sur les Talus et Ilots de giratoires	U	500	1000,00	500 000,00
SOUS Total(9)=34 045 323,5DA				
10) Eclairage, Signalisation et Equipements routiers	F	5% du total (3+4+5)	/	167 726 617,5
SOUS Total(10)= 167 726 617,00 DA				
			TOTAL EN HT	5 137 298 515,00 DA
			TVA 17%	873 340 747,5 DA
			TOTAL EN TTC	6 010 639 262,00 DA

Remarque :

Les prix unitaires pris en compte lors de l'élaboration de ce devis sont les plus couramment utilisés pour les travaux routiers, aussi l'absence des détails sur le mode d'exécution de certains postes et le manque de données font de notre montant une estimation approximative.

XII-2- Conclusion :

Le montant total du projet est de : Six milliards dix millions six cent trente neuf mille deux-cents soixante deux Dinars Algériens **6 010 639 262 ,00 DA**



CONCLUSION GENERALE

Ce projet de fin d'études était une opportunité pour maitre en pratique nos connaissances théoriques acquises pendant le cycle de formation a l'université, tout en veillant au respect de la condition et des normes imposées par la réglementation algérienne ; afin de permettre d'écouler le trafic dans des bonnes conditions de sécurité et de confort.

Lors de la réalisation de ce travail nous avons pu avoir un aperçu des difficultés techniques qu'on peut rencontrer dans la réalisation d'un projet routier, et de tirer profit de l'expérience de personnes du domaine.

Ce projet a la particularité de traverser des zones accidentées , ce genre de route présente des caractéristiques spécifiques liées a la nature du terrain, nous a mis face a un dilemme celui d'être contraint de descendre au dessous des normes imposées d'un coté et d'assurer la sécurité des usagers de l'autre.

✚ Nous avons effectué notre travail en phase APD, en se basant sur les données suivantes :

- Le trafic journalier moyen annuel : **TJMA₂₀₁₁=10000 (v/j).**
- Le taux d'accroissement annuel du trafic : **T=4%.**
- La vitesse de bas sur le tracé : **VB= 80 km/h.**
- Le pourcentage de poids lourd : **Z= 10%.**
- L'année de mise en service : **2017.**
- La durée de vie de projet : **20ans.**
- Catégorie : **C2.**
- L'environnement : **E2.**

✚ Au final en exploitant toutes ces données et en respectant la réglementation algérienne (B40), nous avons abouti à un projet qui présente les caractéristiques suivantes :

- Une chaussée bidirectionnelle (2×2 voies) de 3.5m : **14 m.**
- Un accotement de 2.5 m de chaque coté 2×2.5 : **05 m.**
- Largeur total de la plate forme : **21 m.**
- Couche de roulement en **(BB)** : **06 cm.**
- Couche de base en **(GB)** : **15 cm.**
- Couche de fondation en **(GC)** : **22 cm.**
- Couche de forme en **TUF** : **40 cm.**

✚ Notre tracé intercepte le chemin de wilaya (CW 158) au PK12+100 ou on a prévu d'implanter un échangeur de type mineur (**demis trèfle à quadrant contigus**), il comporte un **pont a poutres multiples en béton précontraint**, qui comporte les caractéristiques suivantes :

- Gabarit: **H= 29 m.**
- Largeur roulable : **Lr = 7m.**
- Longueur total (portée) : **L = 100.4 m.**

✚ Nous avons a franchir des sites très accidenté sur notre tracé :

- ✓ du **PK 11+140** au **PK 11+360.**
- ✓ du **PK 14+314** au **PK 15+104.**

En se basant sur les avantages et les inconvénients des déférentes variantes des ponts qui peuvent être envisagé on a opté pour : deux **ponts en encorbellements successifs.**

✚ Notre projet est traversé par (05) écoulements naturels ce qui nous a conduit à prévoir les ouvrages d'assainissement suivants :

- | | |
|-------------|---------------|
| ✓ PK 10+320 | Buse Ø1000 |
| ✓ PK 10+820 | Dalot 1.5m×2m |
| ✓ PK13+120 | Buse Ø1000 |
| ✓ PK14+214 | Buse Ø800 |

L'écoulement au PK14+740 passe sous le second viaduc, il n'est donc pas nécessaire de prévoir un ouvrage hydraulique.

Ce modeste travail nous a poussé à maitriser l'outil informatique, en l'occurrence le PISTE+ (version 5.05), AUTOCAD (version 2014), et ALIZE III, ce qui nous a permis aussi d'avoir un gain de temps considérable et un traitement exact des données.

Finalement, grâce à ce projet on s'immerge dans le milieu professionnel par acquisition de plusieurs connaissances dans le domaine du Génie Civil.

Bibliographie

- ✓ B40 (normes techniques).
- ✓ ICTAAL : Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison.
- ✓ Coures de route 1ere année Master UMMTO.
- ✓ Thèses de fin d'études précédentes, ENTP et UMMTO.
- ✓ Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves CTTTP.
- ✓ Guide technique assainissement routier SETRA.
- ✓ Guide d'utilisation du logiciel PISTE 5 (installation et exemples).
- ✓ Sites internet : www.autoroutes.fr

www.setra.fr

ANNEXES

AXE EN PLAN

ELEMENT	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCISSE	X	Y
			0.000	1315426.214	780956.962
D1	ANG = 352.367g	766.188			
			766.188	1315987.758	780435.702
C1	XC= 1317008.252				
	YC= 781535.062				
	R = 1500.000	1126.304			
			1892.492	1317012.238	780035.067
D2	ANG = 0.169g	1257.910			
			3150.402	1318270.144	780038.410
C2	XC= 1318274.228				
	YC= 778501.513				
	R = -1536.902	1.142			
			3151.544	1318271.286	780038.412
D3	ANG = 0.122g	1320.206			
			4471.750	1319591.490	780040.940
C3	XC= 1319588.523				
	YC= 781590.937				
	R = 1550.000	1217.085			
			5688.835	1320686.435	780496.822
D4	ANG = 50.110g	386.162			
			6074.997	1320959.019	780770.352
LONGUEUR DE L'AXE 6074.997					

PROFIL EN LONG

ELEMENT	CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS	LONGUEUR	ABSCISSE	Z
			0.000	518.370
D0	PENTE= 0.388 %	375.932		
			375.932	519.829
PA3	S= 356.5304 Z= 519.7911			
	R = 5000.00	14.885		
			390.817	519.909
D2	PENTE= 0.686 %	184.172		
			574.989	521.172
PA4	S= 544.1308 Z= 521.0658			
	R = 4500.00	123.384		
			698.373	523.709
D4	PENTE= 3.428 %	178.494		
			876.867	529.827
PA8	S= 568.3832 Z= 524.5405			
	R = 9000.00	269.457		
			1146.323	543.097
D6	PENTE= 6.422 %	390.950		
			1537.273	568.202
PA2	S= 1023.5484 Z= 551.7073			
	R = 8000.00	86.102		
			1623.375	574.194
D8	PENTE= 7.498 %	355.801		
			1979.176	600.872
PA1	S= 2316.5781 Z= 613.5206			
	R = -4500.00	752.385		
			2731.561	594.386
D10	PENTE= -9.222 %	699.784		
			3431.344	529.853
PA5	S= 8042.2607 Z= 317.2477			
	R = 50000.00	235.343		
			3666.687	508.704
D12	PENTE= -8.751 %	39.310		
			3705.997	505.264
PA6	S= 8081.5705 Z= 313.8077			
	R = 50000.00	633.293		
			4339.290	453.854
D14	PENTE= -7.485 %	271.912		
			4611.203	433.503
PA7	S= 4985.4307 Z= 419.4982			
	R = 5000.00	317.575		
			4928.778	419.819

D16	PENTE= -1.133 %	989.558		
			5918.336	408.607
PA9	S= 5974.9886 Z= 408.2859			
	R = 5000.00	74.202		
			5992.537	408.317
D17	PENTE= 0.351 %	82.459		
			6074.997	408.606
LONGUEUR DE L'AXE 6074.997				

TABULATIONS

N° PROFIL	ABSCISSE CURVILIGNE	COTE T.N	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEVERS GAUCHE	DEVERS DROIT
1	0.000	518.349	518.370	1315426.214	780956.962	252.367g	2.50	-2.50
2	50.000	520.855	518.564	1315462.860	780922.945	252.367g	2.50	-2.50
3	100.000	525.747	518.758	1315499.505	780888.929	252.367g	2.50	-2.50
4	150.000	526.541	518.952	1315536.150	780854.912	252.367g	2.50	-2.50
5	200.000	525.844	519.146	1315572.796	780820.896	252.367g	2.50	-2.50
6	250.000	525.157	519.340	1315609.441	780786.880	252.367g	2.50	-2.50
7	300.000	523.898	519.534	1315646.086	780752.863	252.367g	2.50	-2.50
8	350.000	524.064	519.728	1315682.732	780718.847	252.367g	2.50	-2.50
9	400.000	523.595	519.972	1315719.377	780684.830	252.367g	2.50	-2.50
10	450.000	523.606	520.315	1315756.022	780650.814	252.367g	2.50	-2.50
11	500.000	520.234	520.657	1315792.668	780616.797	252.367g	2.50	-2.50
12	550.000	517.350	521.000	1315829.313	780582.781	252.367g	2.50	-2.50
13	600.000	519.908	521.413	1315865.958	780548.764	252.367g	2.50	-2.50
14	650.000	522.696	522.311	1315902.604	780514.748	252.367g	2.50	-2.50
15	700.000	524.399	523.765	1315939.249	780480.731	252.367g	2.50	-2.50
16	750.000	521.690	525.479	1315975.894	780446.715	252.367g	2.50	-2.50
17	766.188	520.289	526.034	1315987.758	780435.702	252.367g	2.50	-2.50
18	800.000	516.874	527.193	1316012.797	780412.980	253.802g	2.50	-2.50
19	850.000	515.679	528.906	1316050.746	780380.427	255.924g	2.50	-2.50
20	900.000	519.012	530.650	1316089.758	780349.158	258.047g	2.50	-2.50
21	950.000	521.228	532.631	1316129.791	780319.206	260.169g	2.50	-2.50
22	1000.000	521.672	534.890	1316170.800	780290.604	262.291g	2.50	-2.50
23	1050.000	522.279	537.427	1316212.740	780263.386	264.413g	2.50	-2.50
24	1100.000	525.759	540.241	1316255.563	780237.580	266.535g	2.50	-2.50
25	1150.000	528.628	543.333	1316299.222	780213.216	268.657g	2.50	-2.50
26	1200.000	527.910	546.544	1316343.670	780190.320	270.779g	2.50	-2.50
27	1250.000	530.000	549.755	1316388.855	780168.919	272.901g	2.50	-2.50
28	1300.000	533.690	552.965	1316434.729	780149.035	275.023g	2.50	-2.50
29	1350.000	536.063	556.176	1316481.240	780130.691	277.145g	2.50	-2.50
30	1400.000	534.964	559.387	1316528.336	780113.907	279.267g	2.50	-2.50
31	1450.000	529.540	562.598	1316575.966	780098.702	281.389g	2.50	-2.50
32	1500.000	525.541	565.808	1316624.076	780085.093	283.511g	2.50	-2.50
33	1550.000	539.018	569.029	1316672.613	780073.095	285.633g	2.50	-2.50
34	1600.000	550.642	572.476	1316721.522	780062.721	287.755g	2.50	-2.50
35	1650.000	558.705	576.191	1316770.751	780053.983	289.878g	2.50	-2.50
36	1700.000	570.000	579.940	1316820.243	780046.891	292.000g	2.50	-2.50
37	1750.000	576.353	583.688	1316869.944	780041.452	294.122g	2.50	-2.50
38	1800.000	581.037	587.437	1316919.798	780037.672	296.244g	2.50	-2.50
39	1850.000	580.880	591.186	1316969.751	780035.556	298.366g	2.50	-2.50
40	1892.492	581.379	594.372	1317012.238	780035.067	300.169g	2.50	-2.50
41	1900.000	581.412	594.935	1317019.747	780035.087	300.169g	2.50	-2.50

42	1950.000	580.969	598.684	1317069.747	780035.220	300.169g	2.50	-2.50
43	2000.000	585.695	602.385	1317119.746	780035.353	300.169g	2.50	-2.50
44	2050.000	594.463	605.625	1317169.746	780035.486	300.169g	2.50	-2.50
45	2100.000	604.816	608.309	1317219.746	780035.618	300.169g	2.50	-2.50
46	2150.000	617.429	610.437	1317269.746	780035.751	300.169g	2.50	-2.50
47	2200.000	629.134	612.011	1317319.746	780035.884	300.169g	2.50	-2.50
48	2250.000	633.319	613.028	1317369.746	780036.017	300.169g	2.50	-2.50
49	2300.000	642.039	613.490	1317419.745	780036.150	300.169g	2.50	-2.50
50	2350.000	644.862	613.396	1317469.745	780036.283	300.169g	2.50	-2.50
51	2400.000	636.399	612.747	1317519.745	780036.416	300.169g	2.50	-2.50
52	2450.000	627.428	611.543	1317569.745	780036.548	300.169g	2.50	-2.50
53	2500.000	620.596	609.782	1317619.745	780036.681	300.169g	2.50	-2.50
54	2550.000	612.166	607.467	1317669.744	780036.814	300.169g	2.50	-2.50
55	2600.000	604.864	604.595	1317719.744	780036.947	300.169g	2.50	-2.50
56	2650.000	595.042	601.168	1317769.744	780037.080	300.169g	2.50	-2.50
57	2700.000	589.772	597.186	1317819.744	780037.213	300.169g	2.50	-2.50
58	2750.000	586.558	592.686	1317869.744	780037.346	300.169g	2.50	-2.50
59	2800.000	577.090	588.075	1317919.744	780037.479	300.169g	2.50	-2.50
60	2850.000	570.574	583.464	1317969.743	780037.611	300.169g	2.50	-2.50
61	2900.000	567.378	578.853	1318019.743	780037.744	300.169g	2.50	-2.50
62	2950.000	561.782	574.242	1318069.743	780037.877	300.169g	2.50	-2.50
63	3000.000	555.409	569.631	1318119.743	780038.010	300.169g	2.50	-2.50
64	3050.000	550.652	565.020	1318169.743	780038.143	300.169g	2.50	-2.50
65	3100.000	547.911	560.409	1318219.743	780038.276	300.169g	2.50	-2.50
66	3150.000	542.190	555.798	1318269.742	780038.409	300.169g	2.50	-2.50
67	3150.402	542.144	555.761	1318270.144	780038.410	300.169g	2.50	-2.50
68	3151.544	542.013	555.656	1318271.286	780038.412	300.122g	2.50	-2.50
69	3200.000	535.641	551.187	1318319.742	780038.505	300.122g	2.50	-2.50
70	3250.000	530.972	546.576	1318369.742	780038.601	300.122g	2.50	-2.50
71	3300.000	527.632	541.966	1318419.742	780038.697	300.122g	2.50	-2.50
72	3350.000	523.425	537.355	1318469.742	780038.792	300.122g	2.50	-2.50
73	3400.000	519.227	532.744	1318519.742	780038.888	300.122g	2.50	-2.50
74	3450.000	515.088	528.136	1318569.742	780038.984	300.122g	2.50	-2.50
75	3500.000	508.589	523.569	1318619.742	780039.079	300.122g	2.50	-2.50
76	3550.000	504.936	519.052	1318669.742	780039.175	300.122g	2.50	-2.50
77	3600.000	502.619	514.585	1318719.742	780039.271	300.122g	2.50	-2.50
78	3650.000	501.103	510.167	1318769.741	780039.367	300.122g	2.50	-2.50
79	3700.000	500.104	505.789	1318819.741	780039.462	300.122g	2.50	-2.50
80	3750.000	498.142	501.433	1318869.741	780039.558	300.122g	2.50	-2.50
81	3800.000	493.458	497.126	1318919.741	780039.654	300.122g	2.50	-2.50
82	3850.000	488.375	492.870	1318969.741	780039.749	300.122g	2.50	-2.50
83	3900.000	483.577	488.663	1319019.741	780039.845	300.122g	2.50	-2.50
84	3950.000	480.137	484.506	1319069.741	780039.941	300.122g	2.50	-2.50
85	4000.000	477.498	480.400	1319119.741	780040.037	300.122g	2.50	-2.50
86	4050.000	473.387	476.343	1319169.741	780040.132	300.122g	2.50	-2.50

87	4100.000	468.881	472.337	1319219.741	780040.228	300.122g	2.50	-2.50
88	4150.000	467.745	468.380	1319269.741	780040.324	300.122g	2.50	-2.50
89	4200.000	461.905	464.474	1319319.740	780040.419	300.122g	2.50	-2.50
90	4250.000	453.689	460.617	1319369.740	780040.515	300.122g	2.50	-2.50
91	4300.000	448.824	456.810	1319419.740	780040.611	300.122g	2.50	-2.50
92	4350.000	442.979	453.053	1319469.740	780040.707	300.122g	2.50	-2.50
93	4400.000	436.444	449.310	1319519.740	780040.802	300.122g	2.50	-2.50
94	4450.000	429.824	445.568	1319569.740	780040.898	300.122g	2.50	-2.50
95	4471.750	428.317	443.940	1319591.490	780040.940	300.122g	2.50	-2.50
96	4500.000	430.755	441.826	1319619.738	780041.251	301.282g	2.50	-2.50
97	4550.000	437.769	438.084	1319669.703	780043.064	303.336g	2.50	-2.50
98	4600.000	430.500	434.341	1319719.583	780046.488	305.389g	2.50	-2.50
99	4650.000	422.075	430.750	1319769.327	780051.518	307.443g	2.50	-2.50
100	4700.000	409.297	427.645	1319818.883	780058.150	309.497g	2.50	-2.50
101	4750.000	398.608	425.041	1319868.200	780066.378	311.550g	2.50	-2.50
102	4800.000	388.223	422.937	1319917.225	780076.191	313.604g	2.50	-2.50
103	4850.000	375.597	421.332	1319965.908	780087.580	315.657g	2.50	-2.50
104	4900.000	365.617	420.228	1320014.199	780100.534	317.711g	2.50	-2.50
105	4950.000	306.197	419.579	1320062.047	780115.039	319.765g	2.50	-2.50
106	5000.000	344.508	419.012	1320109.402	780131.079	321.818g	2.50	-2.50
107	5050.000	375.482	418.446	1320156.215	780148.638	323.872g	2.50	-2.50
108	5100.000	362.272	417.879	1320202.437	780167.698	325.926g	2.50	-2.50
109	5150.000	369.438	417.313	1320248.021	780188.238	327.979g	2.50	-2.50
110	5200.000	367.462	416.746	1320292.918	780210.239	330.033g	2.50	-2.50
111	5250.000	385.752	416.179	1320337.082	780233.675	332.086g	2.50	-2.50
112	5300.000	391.840	415.613	1320380.468	780258.524	334.140g	2.50	-2.50
113	5350.000	401.305	415.046	1320423.030	780284.760	336.194g	2.50	-2.50
114	5400.000	409.760	414.480	1320464.723	780312.354	338.247g	2.50	-2.50
115	5450.000	426.199	413.913	1320505.504	780341.279	340.301g	2.50	-2.50
116	5500.000	445.723	413.347	1320545.332	780371.504	342.354g	2.50	-2.50
117	5550.000	449.171	412.780	1320584.164	780402.998	344.408g	2.50	-2.50
118	5600.000	442.054	412.214	1320621.960	780435.728	346.462g	2.50	-2.50
119	5650.000	429.234	411.647	1320658.681	780469.660	348.515g	2.50	-2.50
120	5688.835	422.626	411.207	1320686.435	780496.822	350.110g	2.50	-2.50
121	5700.000	420.794	411.081	1320694.316	780504.730	350.110g	2.50	-2.50
122	5750.000	416.127	410.514	1320729.610	780540.147	350.110g	2.50	-2.50
123	5800.000	415.509	409.948	1320764.904	780575.563	350.110g	2.50	-2.50
124	5850.000	412.250	409.381	1320800.198	780610.980	350.110g	2.50	-2.50
125	5900.000	408.213	408.815	1320835.492	780646.396	350.110g	2.50	-2.50
126	5950.000	403.956	408.348	1320870.787	780681.813	350.110g	2.50	-2.50
127	6000.000	400.451	408.343	1320906.081	780717.229	350.110g	2.50	-2.50
128	6050.000	393.689	408.518	1320941.375	780752.646	350.110g	2.50	-2.50
129	6074.997	392.001	408.606	1320959.019	780770.352	350.110g	2.50	-2.50

VOLUME CHAUSSEE					
N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTEMENT VOLUME	T.P.C. VOLUME
1	0.000	164.7	140.0	3.8	0.0
2	50.000	325.8	280.0	7.7	0.0
3	100.000	325.8	280.0	7.7	0.0
4	150.000	325.8	280.0	7.7	0.0
5	200.000	325.8	280.0	7.7	0.0
6	250.000	325.8	280.0	7.7	0.0
7	300.000	325.8	280.0	7.7	0.0
8	350.000	325.8	280.0	7.7	0.0
9	400.000	325.8	280.0	7.7	0.0
10	450.000	325.8	280.0	7.7	0.0
11	500.000	329.4	280.0	7.7	0.0
12	550.000	333.0	280.0	7.7	0.0
13	600.000	329.4	280.0	7.7	0.0
14	650.000	329.4	280.0	7.7	0.0
15	700.000	329.4	280.0	7.7	0.0
16	750.000	220.4	185.3	5.1	0.0
17	766.188	166.5	140.0	3.8	0.0
18	800.000	279.1	234.7	6.4	0.0
19	850.000	333.0	280.0	7.7	0.0
20	900.000	333.0	280.0	7.7	0.0
21	950.000	333.0	280.0	7.7	0.0
22	1000.000	333.0	280.0	7.7	0.0
23	1050.000	333.0	280.0	7.7	0.0
24	1100.000	333.0	280.0	7.7	0.0
25	1150.000	333.0	280.0	7.7	0.0
26	1200.000	333.0	280.0	7.7	0.0
27	1250.000	333.0	280.0	7.7	0.0
28	1300.000	333.0	280.0	7.7	0.0
29	1350.000	332.3	280.0	7.7	0.0
30	1400.000	330.5	280.0	7.7	0.0
31	1450.000	328.8	280.0	7.7	0.0
32	1500.000	325.5	280.0	7.7	0.0
33	1550.000	329.2	280.0	7.7	0.0
34	1600.000	332.9	280.0	7.7	0.0
35	1650.000	333.0	280.0	7.7	0.0
36	1700.000	333.0	280.0	7.7	0.0
37	1750.000	333.0	280.0	7.7	0.0
38	1800.000	333.0	280.0	7.7	0.0
39	1850.000	308.0	259.0	7.1	0.0
40	1892.492	166.5	140.0	3.8	0.0
41	1900.000	191.5	161.0	4.4	0.0

42	1950.000	333.0	280.0	7.7	0.0
43	2000.000	333.0	280.0	7.7	0.0
44	2050.000	333.0	280.0	7.7	0.0
45	2100.000	333.0	280.0	7.7	0.0
46	2150.000	325.8	280.0	7.7	0.0
47	2200.000	325.8	280.0	7.7	0.0
48	2250.000	325.8	280.0	7.7	0.0
49	2300.000	325.8	280.0	7.7	0.0
50	2350.000	325.8	280.0	7.7	0.0
51	2400.000	325.8	280.0	7.7	0.0
52	2450.000	325.8	280.0	7.7	0.0
53	2500.000	325.8	280.0	7.7	0.0
54	2550.000	325.8	280.0	7.7	0.0
55	2600.000	329.4	280.0	7.7	0.0
56	2650.000	333.0	280.0	7.7	0.0
57	2700.000	333.0	280.0	7.7	0.0
58	2750.000	333.0	280.0	7.7	0.0
59	2800.000	333.0	280.0	7.7	0.0
60	2850.000	333.0	280.0	7.7	0.0
61	2900.000	333.0	280.0	7.7	0.0
62	2950.000	333.0	280.0	7.7	0.0
63	3000.000	333.0	280.0	7.7	0.0
64	3050.000	333.0	280.0	7.7	0.0
65	3100.000	333.0	280.0	7.7	0.0
66	3150.000	167.8	141.1	3.9	0.0
67	3150.402	5.1	4.3	0.1	0.0
68	3151.544	165.2	138.9	3.8	0.0
69	3200.000	327.8	275.7	7.6	0.0
70	3250.000	333.0	280.0	7.7	0.0
71	3300.000	333.0	280.0	7.7	0.0
72	3350.000	333.0	280.0	7.7	0.0
73	3400.000	331.7	280.0	7.7	0.0
74	3450.000	333.0	280.0	7.7	0.0
75	3500.000	333.0	280.0	7.7	0.0
76	3550.000	333.0	280.0	7.7	0.0
77	3600.000	333.0	280.0	7.7	0.0
78	3650.000	333.0	280.0	7.7	0.0
79	3700.000	333.0	280.0	7.7	0.0
80	3750.000	333.0	280.0	7.7	0.0
81	3800.000	333.0	280.0	7.7	0.0
82	3850.000	333.0	280.0	7.7	0.0
83	3900.000	333.0	280.0	7.7	0.0
84	3950.000	333.0	280.0	7.7	0.0
85	4000.000	333.0	280.0	7.7	0.0
86	4050.000	333.0	280.0	7.7	0.0

87	4100.000	333.0	280.0	7.7	0.0
88	4150.000	331.0	280.0	7.7	0.0
89	4200.000	333.0	280.0	7.7	0.0
90	4250.000	333.0	280.0	7.7	0.0
91	4300.000	323.1	280.0	7.7	0.0
92	4350.000	326.1	280.0	7.7	0.0
93	4400.000	328.1	280.0	7.7	0.0
94	4450.000	238.9	200.9	5.5	0.0
95	4471.750	166.5	140.0	3.8	0.0
96	4500.000	260.6	219.1	6.0	0.0
97	4550.000	329.4	280.0	7.7	0.0
98	4600.000	333.0	280.0	7.7	0.0
99	4650.000	333.0	280.0	7.7	0.0
100	4700.000	333.0	280.0	7.7	0.0
101	4750.000	329.6	280.0	7.7	0.0
102	4800.000	326.8	280.0	7.7	0.0
103	4850.000	324.2	280.0	7.7	0.0
104	4900.000	321.6	280.0	7.7	0.0
105	4950.000	316.6	280.0	7.7	0.0
106	5000.000	318.6	280.0	7.7	0.0
107	5050.000	323.5	280.0	7.7	0.0
108	5100.000	321.2	280.0	7.7	0.0
109	5150.000	322.8	280.0	7.7	0.0
110	5200.000	324.9	280.0	7.7	0.0
111	5250.000	329.6	280.0	7.7	0.0
112	5300.000	331.6	280.0	7.7	0.0
113	5350.000	333.0	280.0	7.7	0.0
114	5400.000	333.0	280.0	7.7	0.0
115	5450.000	325.8	280.0	7.7	0.0
116	5500.000	325.8	280.0	7.7	0.0
117	5550.000	325.8	280.0	7.7	0.0
118	5600.000	325.8	280.0	7.7	0.0
119	5650.000	289.4	248.7	6.8	0.0
120	5688.835	162.9	140.0	3.8	0.0
121	5700.000	199.3	171.3	4.7	0.0
122	5750.000	325.8	280.0	7.7	0.0
123	5800.000	325.8	280.0	7.7	0.0
124	5850.000	325.8	280.0	7.7	0.0
125	5900.000	329.4	280.0	7.7	0.0
126	5950.000	333.0	280.0	7.7	0.0
127	6000.000	333.0	280.0	7.7	0.0
128	6050.000	249.7	210.0	5.8	0.0
129	6074.997	83.2	70.0	1.9	0.0
TOTAL		40088	34020	934	0

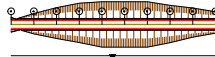
VOLUME TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGNE	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
1	0.000	0.7	465.1	0.0	0.0
2	50.000	0.0	4617.8	0.0	0.0
3	100.000	0.0	14795.6	0.0	0.0
4	150.000	0.0	16369.8	0.0	0.0
5	200.000	0.0	14079.5	0.0	0.0
6	250.000	0.0	11998.3	0.0	0.0
7	300.000	0.0	8716.6	0.0	0.0
8	350.000	0.0	8820.0	0.0	0.0
9	400.000	0.0	8169.0	0.0	0.0
10	450.000	0.0	7226.7	0.0	0.0
11	500.000	528.9	970.1	0.0	0.0
12	550.000	4998.5	0.0	0.0	0.0
13	600.000	1399.9	173.6	0.0	0.0
14	650.000	50.2	1901.8	0.0	0.0
15	700.000	9.2	2254.5	0.0	0.0
16	750.000	3543.9	0.0	0.0	0.0
17	766.188	5191.8	0.0	0.0	0.0
18	800.000	17145.2	0.0	0.0	0.0
19	850.000	27206.6	0.0	0.0	0.0
20	900.000	21623.2	0.0	0.0	0.0
21	950.000	0.0	50.0	0.0	0.0
22	1000.000	0.0	0.0	0.0	0.0
23	1050.000	0.0	0.0	0.0	0.0
24	1100.000	0.0	0.0	0.0	0.0
25	1150.000	0.0	0.0	0.0	0.0
26	1200.000	0.0	0.0	0.0	0.0
27	1250.000	0.0	0.0	0.0	0.0
28	1300.000	0.0	0.0	0.0	0.0
29	1350.000	0.0	0.0	0.0	0.0
30	1400.000	0.0	0.0	0.0	0.0
31	1450.000	0.0	0.0	0.0	0.0
32	1500.000	123132.7	0.0	0.0	0.0
33	1550.000	90251.7	0.0	0.0	0.0
34	1600.000	60539.9	0.0	0.0	0.0
35	1650.000	40478.4	0.0	0.0	0.0
36	1700.000	22044.0	48.1	0.0	0.0
37	1750.000	11959.2	0.0	0.0	0.0
38	1800.000	9850.8	0.0	0.0	0.0
39	1850.000	16865.9	0.0	0.0	0.0
40	1892.492	14563.6	0.0	0.0	0.0
41	1900.000	17919.7	0.0	0.0	0.0

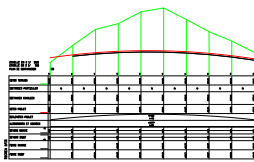
42	1950.000	42540.2	0.0	0.0	0.0
43	2000.000	37240.1	0.0	0.0	0.0
44	2050.000	20075.2	0.0	0.0	0.0
45	2100.000	3882.1	0.0	0.0	0.0
46	2150.000	0.0	12764.0	0.0	0.0
47	2200.000	0.0	44735.5	0.0	0.0
48	2250.000	0.0	65622.8	0.0	0.0
49	2300.000	0.0	92302.5	0.0	0.0
50	2350.000	0.0	103034.2	0.0	0.0
51	2400.000	0.0	76009.8	0.0	0.0
52	2450.000	0.0	45326.5	0.0	0.0
53	2500.000	0.0	26423.4	0.0	0.0
54	2550.000	0.0	9941.8	0.0	0.0
55	2600.000	95.7	1793.8	0.0	0.0
56	2650.000	6516.0	0.0	0.0	0.0
57	2700.000	11252.6	0.0	0.0	0.0
58	2750.000	8841.8	0.0	0.0	0.0
59	2800.000	18401.8	0.0	0.0	0.0
60	2850.000	25290.7	0.0	0.0	0.0
61	2900.000	21002.5	0.0	0.0	0.0
62	2950.000	24226.3	0.0	0.0	0.0
63	3000.000	27182.5	0.0	0.0	0.0
64	3050.000	29502.1	0.0	0.0	0.0
65	3100.000	24389.8	0.0	0.0	0.0
66	3150.000	14138.9	0.0	0.0	0.0
67	3150.402	433.2	0.0	0.0	0.0
68	3151.544	13983.3	0.0	0.0	0.0
69	3200.000	33640.1	0.0	0.0	0.0
70	3250.000	33986.1	0.0	0.0	0.0
71	3300.000	31006.4	0.0	0.0	0.0
72	3350.000	29676.2	0.0	0.0	0.0
73	3400.000	27213.8	0.0	0.0	0.0
74	3450.000	26761.3	0.0	0.0	0.0
75	3500.000	30025.0	0.0	0.0	0.0
76	3550.000	29412.3	0.0	0.0	0.0
77	3600.000	22987.6	0.0	0.0	0.0
78	3650.000	15316.5	0.0	0.0	0.0
79	3700.000	7852.6	0.0	0.0	0.0
80	3750.000	3511.0	0.0	0.0	0.0
81	3800.000	4190.8	0.0	0.0	0.0
82	3850.000	5640.6	0.0	0.0	0.0
83	3900.000	6694.8	0.0	0.0	0.0
84	3950.000	5340.0	0.0	0.0	0.0
85	4000.000	3195.5	0.0	0.0	0.0
86	4050.000	3068.8	0.0	0.0	0.0

87	4100.000	3742.7	0.0	0.0	0.0
88	4150.000	144.1	79.2	0.0	0.0
89	4200.000	2436.2	0.0	0.0	0.0
90	4250.000	9832.6	0.0	0.0	0.0
91	4300.000	10834.4	0.0	0.0	0.0
92	4350.000	0.0	0.0	0.0	0.0
93	4400.000	0.0	0.0	0.0	0.0
94	4450.000	0.0	0.0	0.0	0.0
95	4471.750	0.0	0.0	0.0	0.0
96	4500.000	0.0	0.0	0.0	0.0
97	4550.000	0.0	1199.8	0.0	0.0
98	4600.000	0.0	0.0	0.0	0.0
99	4650.000	0.0	0.0	0.0	0.0
100	4700.000	0.0	0.0	0.0	0.0
101	4750.000	0.0	0.0	0.0	0.0
102	4800.000	0.0	0.0	0.0	0.0
103	4850.000	0.0	0.0	0.0	0.0
104	4900.000	0.0	0.0	0.0	0.0
105	4950.000	0.0	0.0	0.0	0.0
106	5000.000	0.0	0.0	0.0	0.0
107	5050.000	127310.6	0.0	0.0	0.0
108	5100.000	171941.5	0.0	0.0	0.0
109	5150.000	148165.7	0.0	0.0	0.0
110	5200.000	146505.0	0.0	0.0	0.0
111	5250.000	92031.2	0.0	0.0	0.0
112	5300.000	68085.5	0.0	0.0	0.0
113	5350.000	29473.4	0.0	0.0	0.0
114	5400.000	6544.6	0.0	0.0	0.0
115	5450.000	0.0	30736.5	0.0	0.0
116	5500.000	0.0	103820.9	0.0	0.0
117	5550.000	0.0	119113.3	0.0	0.0
118	5600.000	0.0	105618.5	0.0	0.0
119	5650.000	0.0	45838.6	0.0	0.0
120	5688.835	0.0	13833.7	0.0	0.0
121	5700.000	0.0	13643.1	0.0	0.0
122	5750.000	0.0	10918.1	0.0	0.0
123	5800.000	0.0	10956.8	0.0	0.0
124	5850.000	0.0	5497.9	0.0	0.0
125	5900.000	503.1	865.9	0.0	0.0
126	5950.000	5250.7	0.0	0.0	0.0
127	6000.000	12376.0	0.0	0.0	0.0
128	6050.000	24998.5	0.0	0.0	0.0
129	6074.997	10164.6	0.0	0.0	0.0
TOTAL		2008158.6	1040733	0	0

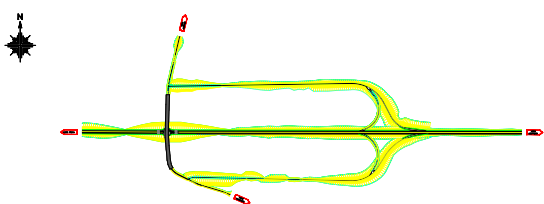
GIRATOIRE DE L'ECHANGEUR



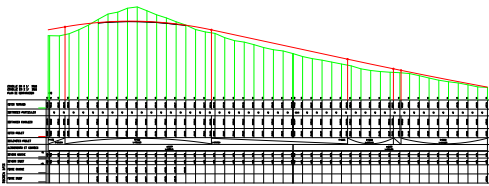
PROFIL LONG



ECHANGEUR EN DEMI-TREFLE AU PK 12+100



PROFIL LONG



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

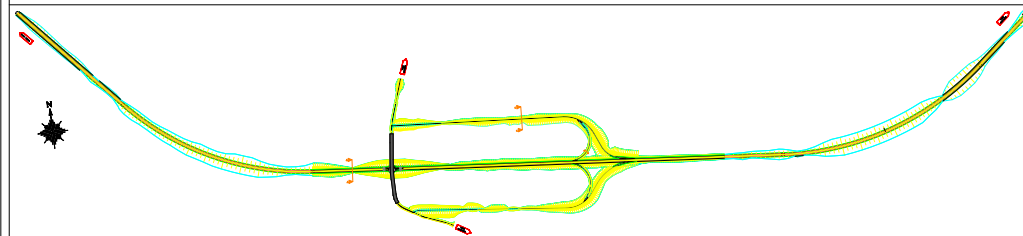
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU

ETUDE D'AMENAGEMENT EN AXES AUTOROUTIER
DE LA LIAISON RN13-RN24 EN (2x2) VOIES SUR UN
LINEAIRE DE 5km DU PK10+000 AU PK15+000,
AVEC CONCEPTION D'ECHANGEUR AU PK12+100

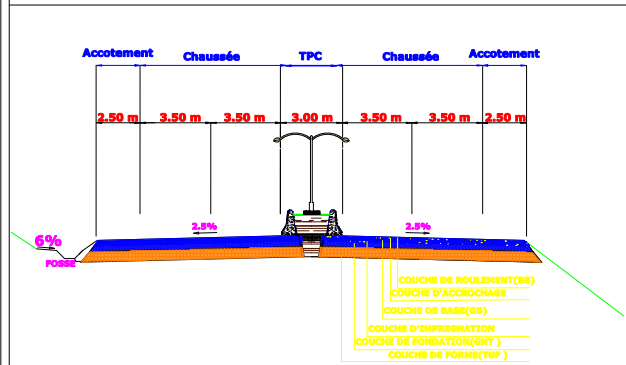
TRACE EN PLAN ET PROFIL EN LONG
DE L'ECHANGEUR ET DU GIRATOIRE

N° PLAN 02	ELABORE PAR :	DIREGE PAR :
BOUMELAL	ELKECHAI Fayçal	MR GABI SMAIL
DATE : 10/09/2018	& DAHMANI AMR	
UMMTO		

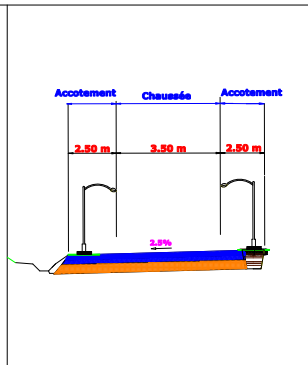
VUE GLOBALE DU PROJET



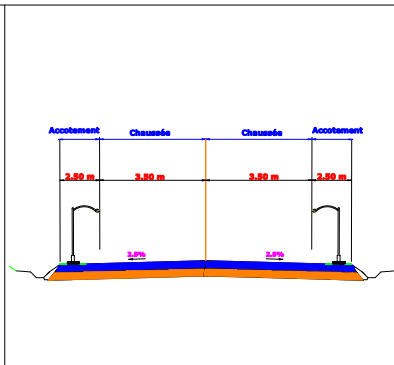
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE		
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU		
ETUDE D'AMENAGEMENT EN AXE AUTOROUTIER DE LA LIAISON RN12-RN24 EN (2x2) VOIES SUR UN LIEUX DE 5km DU PK10+000 AU PK15+000, AVEC CONCEPTION D'ECHANGEUR AU PK12+100		
VUE GLOBALE DU PROJET ET LES DIFFERENTS PROFILS EN TRAVERS		
N° PLAN 03	ÉLABORÉ PAR : ELKEKCHAI Fayal & DAHMANI AM	DIRIGÉ PAR: MR GABI SMAL
UMMTO		



PROFIL EN TRAVERS PRINCIPAL
PROFIL TYPE CHAUSSEE NEUVE (2x2) VOIES COUPE A-A



PROFIL EN TRAVERS DES BOUCLES DE L'ECHANGEUR
PROFIL TYPE CHAUSSEE NEUVE BOUCLE COUPE B-B



PROFIL EN TRAVERS DES BRETTelles DE L'ECHANGEUR
PROFIL TYPE CHAUSSEE NEUVE BRETTELLE COUPE C-C