

République Algérienne Démocratique Et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de

la recherche scientifique

Université Kasdi Merbah – Ouargla

Faculté des Sciences appliquées

Département de Génie Civil et Hydraulique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Filière : Génie Civil

Spécialité : Etude et Control des Bâtiments et Routes



Présenté par :

- **KHALIL NECIB**
- **ABDERRAHMANE GHEDEIR**

Soutenu Publiquement devant le jury composé de :

Mr. ABANI SAID		UKMO	Président
Mr. BENHAMED LAHCEN	ING	DTP	Examineur
Mr. HEZLA BADAR	ING	B.ETUD	Encadre
Mr. KEBAILI NABIL	MAA	UKMO	Co-encadrer

Remerciements

Nous remercions, en premier lieu, notre dieu qui à bien voulu nous donner la force pour effectuer notre présent travail.

En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur pour lses orientations : M .KEBAILI NABIL

Nous tenons également à remercier l'ensemble du personnel de département de génie civil pour toutes les informations qu'ils ont apporté durant notre formation.

Nous remercions également toute la promotion 2017 qui nous a accompagnés durant cette formation.

Aussi, nous remercions:

Les enseignants de département de génie civil, sans exception, sans l'aide de qui, nous ne serions pas arriver à ce stade des études.

Le Personnel du centre de calcul et de la bibliothèque.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, et qui nous feront le plaisir d'apprécier.

Comme nous tenons à remercier tous ceux et celles qui de loin ou près ont contribué ont finalisé ce modeste travail.

SOMMAIRE

Introduction générale

Chapitre I : Présentation du projet

1. Introduction...	2
2. Présentation du projet	3
3. Objectif de l'étude	6
4. Situation géographique	7
5. Géologie d'Oued Souf	7
6. Données Climatiques.....	8
7. Données d'accidents.....	9
8. Données de signalisations	10

Chapitre II : Normes géométrique et données de base

1. Généralités.....	11
2. Paramètres géométriques	11
3. Paramètres physiques.....	15

Chapitre III : Étude du trafic

1. Introduction.....	17
2. Analyse du trafic.....	17
3. Différents types des trafics	17
4. Modèles de présentation de trafic	18
5. Calcul de la capacité	19
6. Données de projet	22
7. Comptage manuel du trafic	22
8. Application au projet.....	23
9. Conclusion	28

Chapitre IV : Tracé en plan

1. Introduction	32
2. Règles à respecter dans tracé en plan	32
3. Les éléments de tracé en plan.....	32
4. Combinaison des éléments du tracé en plan	39
5. Choix du tracé	40
6. Paramètres fondamentaux de projet	41
7. Calcul d'axe	42

Chapitre V : Profil en long

1.Définition.....	47
2.Règles a respecté dans le tracé du profil en long.....	47
3.Coordination du tracé en plan et du profil en long.....	47
4.Paliers et déclivités	48
5.Raccordements en profil en long... ..	49
6.Conclusion... ..	51
7.Détermination pratiques du profil en long.....	51
8.Exemple de calcul de profil en long	54

Chapitre VI : Profil en travers

1.Définition.....	57
2.Les éléments du profil en travers.....	57
3.Profil en Travers Type de la route	59
4.Différent types des profils en travers.....	60

Chapitre VII : Calcul des Cubatures

1.Introduction... ..	63
2.Définition.....	63
3.Méthode de calcul des cubatures	63
4.Mouvement des terres... ..	67

Chapitre VIII : Étude Géotechnique

1.Introduction... ..	70
2.Objectifs	70
3.Réglementation algérienne en géotechnique.....	70
4.Les Moyens de reconnaissance	70
5.les différents essais en laboratoire.....	71
6.les essais d'indentification... ..	71
7.condition d'utilisation des sols en remblais.....	73
8.les abaques	74

Chapitre IX : Dimensionnement de corps de la chaussée

1.Introduction... ..	78
2.Principe de la constitution des chaussées.....	78
3.La chaussée.....	78
4.Les différents types de chaussée... ..	78
5.Les facteurs qu'influent sur le dimensionnement des chaussées	81

6. Les principales méthodes de dimensionnement.....	82
7. Matériaux constituant de notre chaussée.....	88
8. Application au projet.....	90
9. Choix du corps de chaussée optimum.....	92

Chapitre X : Aménagement du carrefour

1. Définition.....	93
2. Principes généraux d'aménagement d'un Carrefour.....	93
3. Classement des carrefours.....	95
4. Carrefours giratoire.....	96
5. Choix du type de carrefour.....	98

Chapitre XI : Signalisation

1. Introduction.....	100
2. L'objet de la signalisation routière.....	100
3. Catégories de signalisation.....	100
4. Règles à respecter pour la signalisation.....	100
5. Types de signalisation.....	101
6. Catégories du panneaux.....	104
7. Application au projet.....	105

Chapitre XII : Devis estimatif et quantitatif

Devis estimatif et quantitatif.....	106
-------------------------------------	-----

Chapitre XIII : L'ensablement

1. Introduction.....	108
2. Phénomène de l'ensablement.....	109
3. Étude en modèle réduit physique.....	110
Origine et définition de la méthode des "Draa".....	110
Conclusion.....	111

Conclusion générale

Bibliographie

Annex

Introduction générale

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les routes sahariennes ont une importance stratégique pour le réseau routier national, car elles constituent une liaison entre les Wilayas du nord et du sud ; ce sont des routes traversant le désert, parmi les plus nécessaires. Ceci répond aux différentes activités économiques, commerciales et sociales de la région et à la demande croissante en matière de transport de marchandises desservit par ces axes.

D'où l'importance de notre étude, qui consiste à réaliser une liaison entre Nakhla vers Douar El-Maa (wilaya d'El-oued) sur un tronçon de longueur de 5.00 km.

La région est caractérisée par un climat saharien, aride et sec, aux étés chauds avec une température atteignant 45°C tandis qu'aux hivers, à températures diurnes tempérées et des nuits très froides souvent atteignant des températures au-dessous de 0°C. Les pluies sont rares dans la région, la moyenne des précipitations annuelles est de 60 mm ; ces conditions de pluviométrie nous renseignent sur les risques d'imbibition en vers le sol de fondation et envers le corps de chaussée et donc sur la définition de l'imbibition des conditions de l'essai CBR qui nous permet le dimensionnement de la structure de la chaussée.

Ainsi notre projet concerné l'étude d'un tronçon de route saharienne. C'est dans ce contexte que ce sujet à été intitulé « Évitement Nakhla / Douar El-Maa du CC 620 sur 5000 ml ».

Pour réaliser ce projet on à utilisé le logiciel "Covadis" pour l'étude géométrique de route, "tracé de l'axe de projet, détermination du profile en long, et des profils en travers", afin d'avoir le tableau de métrée de terrassement.

Puisque l'ensablement est un problème dangereux dans les zones sahariennes du côté sécurité ce problème constitue donc une spécificité pour ce projet, ainsi pour résoudre ce problème.

Chapitre I

Présentation du projet

I. PRÉSENTATION DU PROJET

I.1- INTRODUCTION :

La wilaya d'El-Oued se situe au Sud-Est du pays à une distance de 650 km de la capitale, elle occupe une superficie de 54573 km² avec une population qui avoisine 673934 habitants soit une densité de 13 habitants par km² en 2008.

Au plan administratif, la wilaya comporte 12 daïras et 30 communes, elle est limitée administrativement par :

- La wilaya de Biskra et Tébessa au Nord.
- La wilaya de Djelfa au Nord-Ouest.
- La wilaya d'Ouargla au Sud et au Sud-Ouest.
- La frontière Tunisienne en Est.

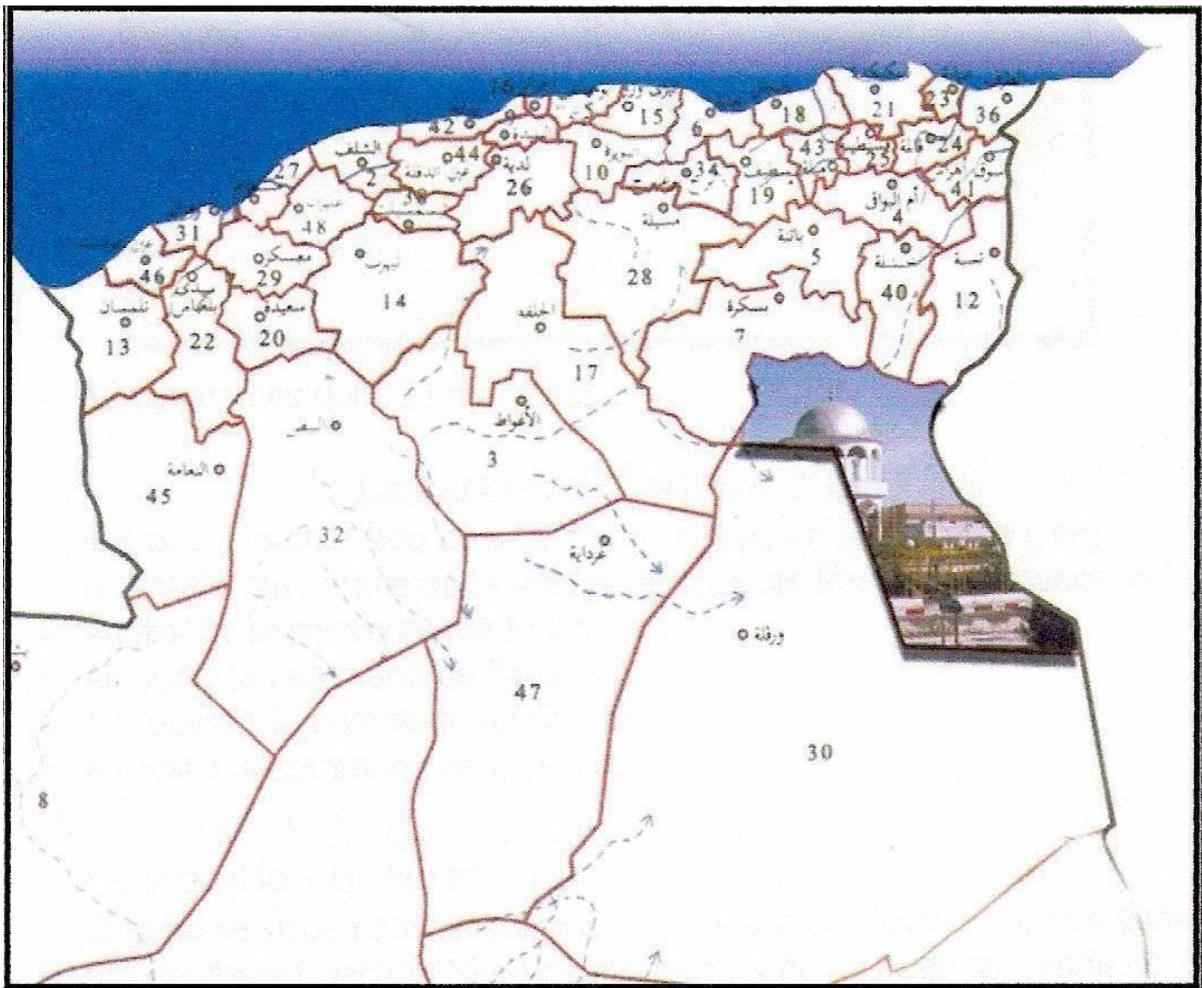


Fig. (I-1) : situation de la wilaya eloued

I.2-PRESENTATION DU PROJET :

La présente étude comprend la liaison entre la commune de Nakhla et exactement à l'intersection de la route l'évitement (Nakhla – El-Oued) et le CC 620 (Point de démarrage propose par l'APC/Nakhla), situé dans la localité de Sahan El-Aloucha, et la commune de Douar El-Maa à la route du côté Ouest du siège de l'APC sur un linéaire de 70.164 km, passant par les localités suivantes :

- Sahan El-ghazala : zone de dunes (Sifs de moyenne hauteur).
- Khobnet ertem : zone de grand Erg.
- Aouta : zone de dunes (Sifs de moyenne hauteur) sur 2500 ml.
- Lehioual : zone de dunes (Sifs de moyenne hauteur) sur 1300 ml.
- Lahoual : comprend trois zones sur un linéaire de 4000 ml, la première est une zone dunaire (Sifs de moyenne à faible hauteur).
- La deuxième zone est située au PK 9+500, zone d'Erg avec l'existence d'herbes et un puits d'une profondeur de 12 m, la troisième zone est d'une nature dunaire composée par de sifs.
- Khobnet El-Gabar : cette zone est caractérisée par l'existence de petits arbres appelés localement Larta et Ertem, sur un linéaire de 2100 ml.
- Grine El-Beguel : caractérisée par des sifs de moyenne à faible hauteur séparés, les herbes existants Halfa et Larta sur un linéaire de 1400 ml.
- Ghazi : zone sur un linéaire de 2700 ml comprend un puits dans la zone basse dit Houd d'une profondeur de 10 m, contient des arbustes de Larta.
- M'Dakhal : les mêmes caractéristique de la zone précédente, sur un linéaire de 1000 ml.
- Oued Ennaama : terrain relativement plat séparé par des sifs tout les 400 à 600 m contient des arbustes comme Larta, Alenda ainsi que des herbes (Samhri, Halfa) sur une distance de 2750 ml.
- Bahdi : habités par des nomades pratiquant l'élevage de dromadaires, vu l'existence de trois puits d'une profondeur moyenne de 12 m, cette zone est d'un linéaire de 3750 ml.
- Oued djemea : est une zone verte couverte d'herbes et exceptionnellement le Halfa, contient deux puits d'une profondeur de 12 m, habités aussi par des nomades pratiquant l'élevage de dromadaire. Sur un linéaire de 3800 ml.

- Ardh El-Oref : située près de l'intersection avec la piste de Bir DJ'did.
- Ben Atia : caractérisée par un terrain relativement plat, surface couverte par des herbes (Halfa) ainsi que l'existence d'une piste peu accessible vers la direction de Douar El-Maa.
- Bir El-Moudjahidine : cette zone est connue par son puits et une coupole (Mazara), le terrain presque plat couvert par l'herbe de Halfa.
- Mazaret Lelahoum, Ardh lelahoum, Chouchet Haddhoum: ces de localités sont de même nature, terrain relativement plat couvert par des herbes.
- Mih Dhaou : habites par des nomades, le terrain relativement plat avec des pentes et rampe douce, un puits à une distance de 520 m au nord du tracé.
- Bir Bechair : zone verte et terrain relativement plat.
- Lehouar : une zone verte couverte d'herbes et terrain plat, la piste accessible est bien repérée, le linéaire de cette zone est de l'ordre de 8500 ml

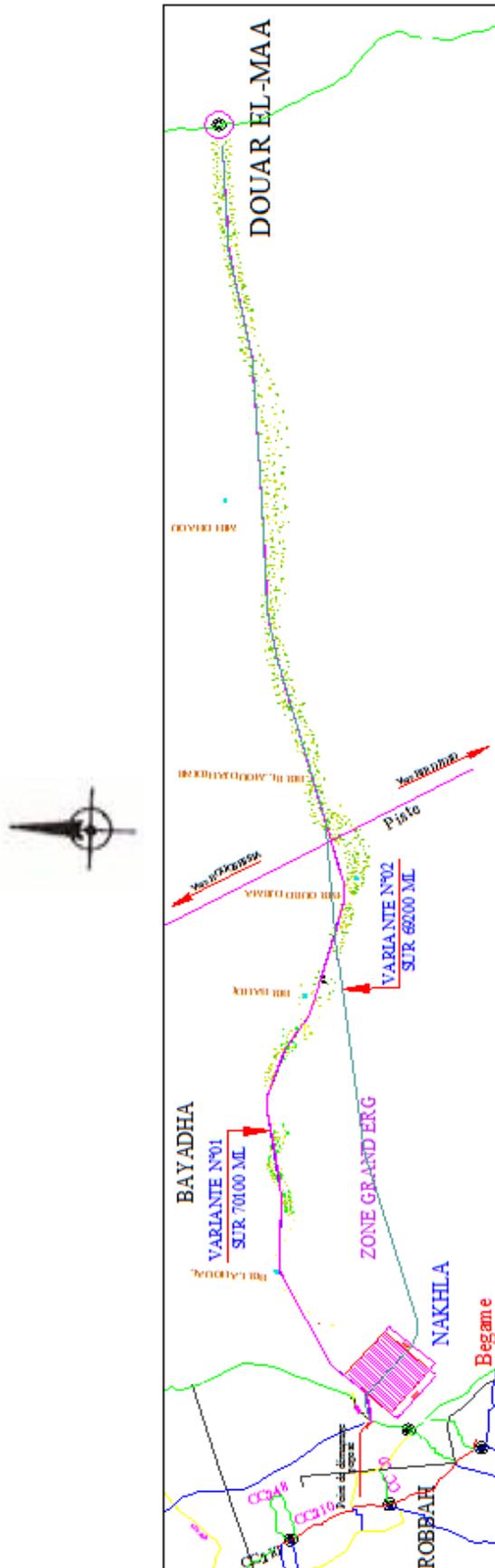


Fig. (I-2) : Photo situation de la zon d'étude

Les caractéristiques initialement proposées par la Direction des Travaux Publics (DTP) d'El-Oued sont :

- * Structure : SG1
- * Zone climatique : IV
- * Taux d'accroissement : 4%
- * Classe de trafic : TPL 0
- * Classe de portance de sol : S2
- * Largeur de la plateforme (12,00 m).
- * Largeur de la couche de roulement (7,00 m).
- * Largeur des accotements 2,00 m.
- * Vitesse de référence (100km/h).
- * La durée de vie 15 ans (2029).
- * 3831 véhicules par jour à l'année de mise en service (2014).
- * 16% de poids lourds.

Donc le corps de chaussée, selon le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves à faible trafic du CTTP, est composé comme suit :

- Couche de roulement en enrobé à froid de 5 cm d'épaisseur ou en enduit bi-couche 15/25 – 8/15.
- Couche de base en sable gypseux de 15 cm d'épaisseur.
- Couche de fondation en sable gypseux de 25 cm d'épaisseur.

Donc on a un corps de chaussée d'une épaisseur totale de 40 cm (CF + C.B) en sable gypseux, l'équivalent de 2×20 cm.

N.B : dans la wilaya d'El-Oued le corps de chaussée en SG du réseau principal (RN) ne dépasse guère 40 cm d'épaisseur.

I.3-OBJECTIF DE L'ÉTUDE :

Vu les problèmes rencontrés sur le tronçon de route afférant, à savoir les accidents recensés, les pathologies enregistrées et les difficultés que présente l'ancien tracé, il s'est avéré nécessaire de palier à tous ces points par la proposition d'un nouveau projet ayant pour objectif principal d'assurer une fluidité de la circulation et de sécuriser le voyageur sur ce tronçon, et de choisir des variantes qui répondent effectivement aux critères suivants :

- Sécurité.
- Économique.
- Environnement.

Notre projet à pour but :

- Renforcement (études des problèmes de portance).
- Rectification géométriques.
- Problèmes de dépendances de la route aux actions de sécurité (signalisations, points noirs).

I.4-SITUATION GEOGRAPHIQUE :

Le tracé objet de l'étude est situé au Sud Est de la wilaya d'El-Oued dans la carte d'Afrique (Sahara) Touggourt NI 32-SO, sur un linéaire de 70.164 km.

I.5- GEOLOGIE DE OUED SOUF:

I.5.1-HYDROGEOLOGIE :

Dans cette région existe quatre niveaux aquifères :

➤ La nappe phréatique :

Elle est contenue dans les sables de surface et alimentée par les crues des Oueds et par les eaux provenant de l'irrigation ou des eaux météoritiques. Sa profondeur peut varier entre et 8.0 m, elle s'écoule du Sud vers le Nord.

➤ La nappe du Mio-Pliocène :

Elle est contenue dans la formation détritique continentale, sa profondeur est comprise entre 60 et 100 m, c'est cette nappe qui est à l'origine de la création de la palmeraie d'Oued Souf.

➤ La nappe du Sénonien :

Elle est contenue dans les calcaires Sénoniens, située à une profondeur variant entre 100 et 200 m.

➤ La nappe de l'Albien :

Elle est contenue dans les argiles et les grès du continental intercalaire, son toit est constitué par les marnes et les argiles gypsifères du Cénomaniens. Sa profondeur est située entre 1000 et 1700 m.

I.5.2-GEOMORPHOLOGIE :

Le terrain de notre tracé se situe dans la partie Nord-Est du grand erg oriental ; et exactement dans la région du Souf ; la nature du sol selon carte et d'après les observations faites sur site est composée essentiellement par un sable de dune vif.

Le sectionnement géomorphologique du tracé est comme suit :

Section n°01 :

Début à l'origine du projet Pk 0+000 à Sahan El-Aloucha et se termine à la localité de Bir Lahoual Pk 9+500 ; caractérisée par un terrain vallonné (zone de sifs de moyenne hauteur).

Section n°02 :

Début à la localité de Bir Lahoual Pk 9+500 et se termine à la localité de BAHDI Pk 25+000, caractérisée en générale par un terrain moyennement vallonné.

Section n°03 :

Début à la localité de BAHDI Pk 25+000 et se termine à la fin du projet (début de village Douar EL-Maa) Pk 70+166 ; caractérisée en générale par un terrain relativement plat.

I.6-DONNEES CLIMATIQUES :

a)-Nous sommes dans un contexte climatique saharien. Les pluies sont rares et surviennent généralement sous forme d'orages. Le total annuel des précipitations sur les dix dernières années dépasse rarement les 100 mm ; sauf pour l'année 1999 où pendant six jours au mois de janvier sont enregistré presque la moitié de la pluviométrie annuelle et l'année 2004 au mois de Novembre pendant cinq jours où sont enregistré plus du tiers annuel.

b)-Les températures moyennes journalières oscillent entre 29 et 42°C à l'ombre pendant l'été. Durant la période allant de 1998 à 2007 la moyenne mensuelle des températures ont oscillé entre 25 et 29 °C au mois de Mai et atteignent des maxima entre 44 et 51°C au mois de Juillet et Août. En hiver les moyennes journalières oscillent entre 0 et 5°C la nuit et 20 et 25°C le jour. Les moyennes mensuelles durant les dix dernières années dépassent rarement 13 °C aux mois de Décembre, Janvier et février.

d)-Les vents de sable sont fréquents dans la région, surtout en période printanière. Le vent maximum est atteint durant la période de Mars à Mai avec des vitesses de 72km /H à 10Km/h et une dominance de direction Est-Ouest (statistiques de 1998 à 2007).

I.7-DONNEES D'ACCIDENTS :

Les accidents de la route provoquent des morts, des blessés et des dommages matériels. Ils constituent un sérieux problème de santé publique et entraînent d'importants coûts économiques.

Sur la RN°16, les causes principales des accidents de circulation sont:

1. L'excès de vitesse.
2. Les dépassements dangereux.
3. Le passage des chameaux de jour comme de nuit.
4. Le vent de sable et l'ensablement de la chaussée.
5. Le manque de signalisation des chantiers.

Malheureusement la cause principale des accidents est humaine (mauvaise conduite) à plus de 50 % des cas, ensuite vient le passage des chameaux.

La RN°16 est considérée comme la zone les plus importantes vis-à-vis du passage des chameaux.

Dans tout les cas d'accident, l'état de la route n'est pas la cause, mais c'était des erreurs des conducteurs. A notre avis le meilleur remède est la prévention :

- **Mesures spécifiques à l'utilisateur :**
 - Législation relative au port de la ceinture de sécurité.
 - La lutte contre la conduite en état d'ivresse.
 - La limitation des vitesses.
 - Normes de sécurité relatives aux véhicules.

- **Mesures spécifiques au site :**
 - Un bon état du revêtement et des accotements.
 - La présence de bornes, arbres, fossés, talus et barrières.
 - La signalisation, le marquage, la configuration des carrefours.
 - Le respect des normes techniques relatives à la construction routière (conception, rayons des virages, déclivités de la chaussée, pentes ...).

I.8-DONEES DE SIGNALISATION :

Lors du relevé des dégradations de la chaussée et en analysant l'état de l'équipement de la route composé de :

- La signalisation horizontale et verticale.
- Les glissières de sécurité.
- Les balises.

Chapitre III

Normes géométrique et
données de base

II. NORMES GÉOMÉTRIQUE ET DONNÉES DE BASE

II.1- GÉNÉRALITÉS :

Le but de ce chapitre est de présenter les normes géométriques qui ont été la base de l'approfondissement de l'APD. Ces normes ont été l'objet de discussions détaillées dans notre projet. Les normes adoptées découlent des références suivantes :

- ❖ B-40 Normes Techniques D'aménagement des Routes.

II.2- PARAMÈTRES GÉOMÉTRIQUES :

Tableau (II-1) : paramètres géométriques

Paramètre	Unité	Valeurs des paramètres en fonction de l'environnement		
		Facile	Moyen	Difficile
- Vitesse de référence (VR)	Km/h	120	100	80
- Tracé en plan				
Alignement droit maximum (L)	m	2400	2000	1600
Rayon minimum normal (R)	m	1000	650	450
Rayon minimum absolu (R)	m	650	450	250
Rayon non dévers (R)	m	1500	900	650
Clothoïde minimum normal (A)	m	350	250/225	200/175
Clothoïde minimum absolu (A)	m	275/250	225/200	175/150
Rayon minimum sans courbe de transition (R)	m	3000	3000	1500
- Profil en long				
Déclivité maximum (Rampe)	%	4	5	5
Déclivité minimum au divers nul (Pente)	%	5	6	6
Raccordement convexe (RV)	%	10000	6000	3000
Raccordement concave (R'V)	%	4200	3000	2200
- Profil en travers				
Largeur de la voie	m	3,5	3,5	3,5
Dévers minimum	%	2,5	2,5	2,5
Devers de la voie	%	7,0	7,0	7,0

Tableau (II- 2) : valeur des déclivités maximales

Désignation des Paramètre	Symbole Unité	Environnement		
		Facile	Moyen	Difficile
- Déclivité maximum	Rampe (%)	4	5	6
	Pente (%)	5	6	6

Pour des sections particulièrement difficiles, on peut adopter les déclivités maxima suivantes :

Tableau (II- 3): valeur des déclivités maximales

Désignation des Paramètre	Symbole Unité	Environnement		
		Facile	Moyen	Difficile
-Déclivité maximum	Rampe (%)	5% sur 600 m ou 6% sur 300 m	6% sur 600m ou 7% sur 300 m	7% sur 300 m
	Pente (%)	6% sur 600 m	6%	5%

II.2.1- DÉTERMINATION DE L'ENVIRONNEMENT :

La classe d'environnement est caractérisée par deux indications :

- La dénivelée cumulée moyenne au kilomètre H/L
- La sinuosité (Ls/L)

a) Dénivelée cumulée moyenne H/L :

La somme en valeur absolu des dénivelées successives rencontrées le long de l'itinéraire sur la longueur totale du tracé est la dénivelée cumulée moyenne. Elle donne une idée sur la forme générale du terrain.

- Inférieure à 1.5% en terrain plat, environnement facile (E1).
- Comprise entre 1.5% et 4% en terrain vallonné, environnement moyen (E2).
- Supérieure à 4% en terrain montagneux, environnement difficile (E3).

b) Sinuosité moyenne Ls/L :

La sinuosité d'un itinéraire est le rapport de la longueur cumulée des courbes de rayons en plan inférieur ou égal à 200 m sur la longueur totale de l'itinéraire.

- $Ls/L \leq 0,1$ Sinuosité faible.
- $0,1 < Ls/L \leq 0,3$ Sinuosité moyenne.
- $Ls/L > 0,3$ Sinuosité forte.

❖ **Remarque :**

Cette définition est utile pour classer les routes ordinaires, dont la vitesse de référence est généralement modeste.

Elle est sans intérêt pour une voie expresse, dont les rayons en plan sont toujours LARGEMENT SUPÉRIEURS À CETTE VALEUR.

II.2.2- CONCLUSION :

D'après le tableau ci-dessous :

Tableau (II- 4) : Classe d'environnement

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

Avec :

E1 = Environnement facile, **E2** = Environnement moyen, **E3** = Environnement difficile.

Dans notre cas :

- ⇒ H/L est Inférieur à 1,5, ce qui nous place dans le cas de terrain plat.
- ⇒ Tous les rayons dépassant 200m et la longueur sinueuse est nulle ($Ls = 0$),
c- à- d le projet à une sinuosité faible.

Sinuosité faible Donc notre projet se situe dans un environnement (**E1**)

Terrain plat

II.2.3- CATÉGORIE DE LA ROUTE :**a. Catégorie 1 :**

Liaisons entre les grands centres économiques et les centre d'industries lourde considères deux a deux ; et liaisons assurant le rabattement es centre d industries de transformation vers le réseau de base ci-dessus.

b. Catégorie 2 :

Liaisons des pôles d'industrie de transformation entre eux ; et liaisons e raccordement des pôles d industries légères diversifiées avec le réseau précèdent

c. Catégorie 3 :

Liaisons des chefs lieux de daïra et des chefs lieux de wilaya ; non desservis par le réseau précèdent ; avec le réseau de catégorie 1-2

d. Catégorie 4 :

Liaisons des tous les centres vie qui ne sont pas relient au réseau de catégorie 1-2 et 3 avec les chefs lieux de daïra ; dont ils dépendent ; et avec le réseau précèdent.

e. Catégorie 5 :

Route et piste non comprise ans la catégorie précédents.

Tableau (II- 5) : Catégories des routes

<i>Catégories</i>	<i>Vr (km /h)</i>
<i>I^{ère} Catégorie</i>	120
<i>II^{ème} Catégorie</i>	100
<i>III^{ème} Catégorie</i>	80
<i>IV^{ème} Catégorie</i>	60
<i>V^{ème} Catégorie</i>	40

II.2.4. LA VITESSE DE RÉFÉRENCE :

La vitesse de référence (V_r) est une vitesse prise pour établir un projet de route, elle est le critère principal pour la détermination des valeurs extrême des caractéristiques géométriques et autre intervenant dans l'élaboration du tracé d'une autre.

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

➤ **Choix de la vitesse de référence :**

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

- ✓ Type de route
- ✓ Importance et genre de trafic
- ✓ Topographie
- ✓ Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

❖ **Remarque :**

Comme l'évitement de la ville de El-Oued est une voie expresse de liaison qui reliera les pôles industriels Nakhla et Douar El-Maa, Donc la catégorie est C2.

Pour notre projet, nous avons opté pour une vitesse de référence $V_r = 100\text{Km/h}$, vu que le projet va être implanté dans un environnement moyen (E1).

II.3- PARAMÈTRES PHYSIQUES :

Les paramètres physiques sont établis selon la manière de conduire des usagers et des données dynamiques des véhicules.

II.3.1- TEMPS DE PERCEPTION – RÉACTION :

Le temps de perception réaction est le temps nécessaire pour la mise en œuvre du dispositif de freinage, lors d'une situation imprévue exigeant un ralentissement, ce temps est composé d'un temps physiologique de perception réaction (1,3 à 1,5 s) et d'un temps mort mécanique d'entrée en action des freins (0,5 s).

Catégorie 1 environnement E1 et E2 :

$$T = 1,8 \text{ s} \quad \text{si } V > 100 \text{ Km/h}$$

$$T = 2 \text{ s} \quad \text{si } V < 100 \text{ Km/h}$$

II.3.2- COEFFICIENT DE FROTTEMENT LONGITUDINAL (f_L):

Le coefficient de frottement longitudinal admissible est variable avec la vitesse. Il est utilisé pour définir les valeurs minimales de la distance théorique de freinage.

Tableau (II- 6) : coefficients de frottement longitudinal

V (Km/h)	40	60	80	100	120	140
F_L	0,45	0,42	0,39	0,36	0,33	0,30

II.3.3- COEFFICIENT DE FROTTEMENT TRANSVERSAL (F_T) :

Le coefficient de frottement transversal F_T variant avec la vitesse est utilisée pour déterminer le rayon en tracé en plan associé à un dévers donné ou inversement.

Les expériences menées par les techniciens de pneumatique, montrent que le coefficient du virage décroît lorsque la vitesse croit.

Tableau (II-7) : coefficient de frottement transversal

V (Km/h)	40	60	80	100	120
F_T	0,20	0,16	0,13	0,11	0,10

Chapitre III

Étude du trafic

III.ÉTUDE DU TRAFIC

III.1- INTRODUCTION:

Les déplacements sont un reflet de l'organisation de l'espace et des liens entre les activités et les hommes, aussi en amont de toute réflexion relative à un projet d'aménagement, est-il nécessaire d'entreprendre une démarche systématique visant la connaissance des trafics.

L'étude de trafic constitue une étape fondamentale en amont de toute réflexion relative à l'aménagement qui convient et la caractéristique à lui donner depuis le nombre de voie jusqu'à l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée.

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

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

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

III.2- ANALYSE DU TRAFIC :

Pour connaître en un point et à un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage. Ces derniers nécessitent une logistique et une organisation appropriées.

Les analyses de circulation sur les diverses artères du réseau routier sont nécessaires pour l'élaboration des plans d'aménagement ou de transformation de l'infrastructure, détermination des dimensions à donner aux routes et appréciation d'utilité des travaux projetés.

Les éléments de ces analyses sont multiples :

- ✓ Statistiques générales.
- ✓ Comptages sur routes (manuels, automatique).
- ✓ Enquêtes de circulation.

III.3- DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFIC :

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

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

c) **Trafic dévié** : C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. La déviation du trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.

d) **Trafic total** : C'est la somme du trafic annuel et du trafic dévié.

III.4- MODÈLES DE PRÉSENTATION DE TRAFIC :

Dans l'étude des projections des trafics, la première opération consiste à définir un certain nombre de flux de trafic qui constitue des ensembles homogènes, en matière d'évolution ou d'affectation.

Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le futur sont :

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

III.4.1- PROLONGATION DE L'ÉVOLUTION PASSÉE :

La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, l'évolution des trafics observés dans le passé. On établit en général un modèle de croissance du type exponentiel.

Le trafic T_n à l'année n sera :

$$T_n = T_0 (1 + \tau)^n$$

Ou :

T_0 : est le trafic à l'arrivée pour origine.

τ : est le taux de croissance.

III.4.2-CORRÉLATION ENTRE LE TRAFIC ET DES PARAMÈTRES ÉCONOMIQUES:

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

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

III.4.3- MODÈLE GRAVITAIRE :

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

III.4.4- MODÈLE DE FACTEURS CROISSANCE :

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

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

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

❖ Remarque :

Pour notre cas, nous utilisons la première méthode, c'est à dire la méthode « prolongation de l'évolution passée » vu sa simplicité et parce qu'elle intègre l'ensemble des variables économiques de la région.

III.5- CALCUL DE LA CAPACITÉ :**III.5.1- DÉFINITION DE LA CAPACITÉ :**

La capacité et le nombre de véhicule qui peut raisonnablement passer sur une direction de la route « ou deux directions » avec des caractéristiques géométriques et de circulation qui lui est propre durant une période bien déterminer, la capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

III.5.2- LA PROCÉDURE DE DÉTERMINATION DE NOMBRE DE VOIES :

Le choix de nombre de voies résulte de la comparaison entre l'offre et la demande, c'est à dire, le débit admissible et le trafic prévisible à l'année d'exploitation.

Pour cela il est donc nécessaire d'évaluer le débit horaire à l'heure de pointe pour la dixième année d'exploitation.

☒ Calcul de TJMA horizon :

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

$$T_n = T_0 (1 + \tau)^n$$

T_0, τ, n : sont définies précédemment.

☒ **Calcul des trafics effectifs:**

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

- Type de route et de l'environnement :

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

Le trafic effectif donné par la relation :

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

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

Z : pourcentage de poids lourds (%).

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

Tableau (III-1) : Coefficient d'équivalence selon de la nature de la route

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

☒ **Débit de point horaire normal :**

Le débit de point horaire normal est une **traction** du trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule :

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

$\left(\frac{1}{n}\right)$: Coefficient de pointe prise égale 0.12.

Q : est exprimé en UVP/h.

☒ **Débit horaire admissible :**

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

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

K_1 : coefficient lié à l'environnement.

K_2 : coefficient de réduction de capacité.

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

Avec :

Tableau (III-2) : Valeurs de K_1

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

Tableau (III-3) : Valeurs de K_2

Environnement	Catégorie de la route				
	1	2	3	4	5
E ₁	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E ₂	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E ₃	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau (III-4) : Valeurs de C_{th} : Capacité théorique du profil en travers en régime stable

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

☒ **Calcul le nombre de voies :**

○ **Cas d'une chaussée bidirectionnelle :**

On compare Q à Q_{adm} et en prend le profil permettant d'avoir : $Q_{adm} \geq Q$

○ **Cas d'une chaussée unidirectionnelle :**

Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport $S \cdot Q / Q_{adm}$

Avec :

S : coefficient dissymétrie en général = 2/3 et Q_{adm} : débit admissible par voie

III.6- DONNES DE PROJET :● **Données de trafic :**

Le recueil des données du trafic se fera sur la base :

- D'un compactage automatique si les données existent.
- Ou un compactage manuel qui s'effectuera durant une semaine.

Lors de cette campagne il sera déterminé :

- ⊕ Le trafic journalier moyen annuel (TJMA) par section, représentant le nombre de véhicules empruntant toute la largeur circulaire de la chaussée.
- ⊕ La proportion de chaque catégorie des véhicules classés comme suit.

P1 = véhicule légers (particulier)

P2 = véhicule utilitaires (camionnette)

P3 = bus (autobus)

P4 = camion légers (camion à deux essieux)

P5 = camion lourd (camion à trois essieux)

P6 = Ensemble articulé (tracteur + remorque)

CATEGORIE	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Réparation %	52.80	14.22	0.59	23.20	7.24	1.95
TMJA (v/j)	2023	545	22	889	277	75

III.7- COMPTAGE MANUEL DU TRAFIC :

- Le comptage manuel consiste à recenser le nombre de véhicules, par catégorie, tout en utilisant la fiche 232. Il se fait durant une journée ouvrable, pendant une semaine. La durée d'observation sera d'une tranche de deux (02) heures par jour et pendant toute une semaine de manière à balayer toutes les tranches horaires de la journée.
- Des journées ou des tranches horaires exceptionnelles être considérées dans certains cas particulier, comme les jours des marchés hebdomadaires, ou le cas de trafic nocturne (routes du sud).
- Pour l'estimation du trafic journalier moyen annuel, il est proposé une méthode théorique à partir de comptage manuel de courte durée. Elle nécessite la connaissance de trois paramètres déterminés à partir des comptages automatiques permanents qui

sont :

- Les facteurs correctifs mensuels.
- Les facteurs correctifs journaliers.
- Les facteurs correctifs horaires.

La moyenne journalière pour chaque catégorie est évaluée en multipliant le trafic horaire moyen par les différents coefficients correcteurs pour le type de liaison (saisonnière ou non saisonnière)

$$TJMA = TH * FH * FJ * FM * 24H$$

TH = Trafic horaire moyen

FH = Facteur horaire moyen.

FJ = Facteur journalier moyen.

FM = Facteur mensuel.

Le TJMA est calculé alors en faisant la somme des moyennes journalières de l'ensemble des catégories.

Les facteurs horaires journaliers et mensuels (FH, FJ et FM) sont calculés en faisant la moyenne arithmétique des facteurs correcteurs de chaque tranche horaire et journalière.

Le trafic horaire moyen se calcul en divisant le trafic total compté par la durée de comptage.

III.8- APPLICATION AU PROJET :

Les derniers comptages existants au niveau de la DTP /SEER ont donné les valeurs suivant suivantes :

Tableau (III-5) : Les valeurs des TJMA et PL

	TJMA V/J	% PL
RN 16	3831	16,00

Les deux routes projetées vont absorber une partie du trafic des axes existants :

1-Douar El-Maa – Taleb Larbi : le trafic TMJA = 697 dont 60% PL.

2-EL-Oued – Robbah – Bayada – Nakhla – Oglia : le trafic TMJA = **3831** dont **16%** PL.

3-Tunisie – Taleb Larbi – PK 60 – (vers Nakhla – Robbah – Hassi Messaoud) : le trafic TMJA = 1380 dont 30% PL.

4-Tebessa – Douillet – PK 60 – (vers Nakhla – Robbah – Hassi Messaoud) : le trafic TMJA = 1275 dont 46% PL.

Vu que le projet objet de l'étude, est une route limitrophe par rapport aux axes importants du réseau routier de la wilaya (route étudiée uniquement vu sa stratégie territoriale de l'état), voir plan synoptique.

Rappelons aussi que cette route va relier deux villages (Communes de Nakhla & Douar El-Maa), d'un nombre d'habitants très limite.

Les deux axes influant directement à la route projetée, les sont axes 1 et 2, les pourcentages qui seront absorbés par la route sont les suivants :

- **L'axe n°01** : TMJA = 697, le pourcentage absorbé par la route : 15%
Donc le TMJA = 105 dont 60% PL
NPL = 31.5 ≈ 32 PL/j/Sens
- **L'axe n°02** : TMJA = 3831, le pourcentage absorbé par la route : 5%
Donc le TMJA = 192 dont 16% PL
NPL = 15.36 ≈ 15 PL/j/Sens

Basant sur les données de trafic des axes influant à la route objet de l'étude, on trouve que la classe de trafic est le TPL0.

III.8.1- CALCUL DE TJMA ACTUEL :

$$\text{TJMA} = \text{TH} \times \text{FH} \times \text{FJ} \times \text{FM} \times 24 \text{ heures}$$

- Hypothèse :

On suppose que la route principale RN 16 véhicule un trafic non saisonnier.

On considère les chiffres obtenus durant les jours de samedi à Mercredi, on ne tient pas compte du trafic du Week car il est considéré exceptionnel.

- Choix de tranches horaire :

Tableau (III-6) : Choix de tranches horaire

Jour	Tranche horaire
Samedi	7 H00 à 9H00
Dimanche	9 H00 à 11 H00
Lundi	11 H00 à 13 H00
Mardi	13 H 00 à 15 H00
Mercredi	15 H00 à 17 H00

- Calcul facteur horaire :

Tableau (III-7) : facteur horaire

Jour	heure	FH
Samedi	7-8 H	0,72
	8-9 H	0,63
Dimanche	9-10 H	0,61
	10-11 H	0,61
Lundi	11-12 H	0,63
	12-13 H	0,67
Mardi	13-14 H	0,67
	14-15 H	0,66
Mercredi	15-16 H	0,62
	16-17 H	0,60
TOTAL		6,42

Facteur horaire : 0,642

- Facteur mensuel :

Le facteur mensuel = 1,13 pour le mois de Janvier en définitive

$$TJMA = 0,642 \times 0,96 \times 1,13 \times 24 \times TH = 16,71 TH$$

- Le trafic horaire :

Tableau (III-8) : Facteur mensuel RN 16

Journée	Horaire	VL	PL	TOTAL
SAMEDI	7-9 H	463	87	550
DIMANCHE	9-11 H	604	154	758
LUNDI	11-13 H	567	69	636
MARDI	13-15 H	333	129	482
MERCREDI	15-17 H	566	158	724
TOTAL		2553	597	3150

$$TH = 3150/15 = 210 \text{ V/H}$$

$$TJMA = 16,71 \times TH = 3509 \text{ V/J}$$

$$\%PL = 18,95 \%$$

III.8.2- FACTEUR CORRECTIFS :

A. Mensuels :

Tableau (III-9) : Facteur correctives mensuels

Type	saisonnier	Non saisonnier
Janvier	1,20	1,13
Février	1,20	1,10
Mars	1,09	0,96
Avril	0,99	0,92
Mai	1,03	1,01
Juin	0,98	1,09
Juillet	0,85	1,01
Août	0,86	0,98
Septembre	0,87	0,96
Octobre	0,93	0,99
Novembre	1,13	0,98
Décembre	1,04	0,98

B. Journaliers :*Tableau (III-10) : Facteur correctifs journaliers*

TYOE	SAISONNIER	NON SAISONNIER
SAMEDI	1,01	0,97
DIMANCHE	0,99	0,97
LUNDI	0,98	0,95
MARDI	0,93	0,98
MERCREDI	0,97	0,93
JEUDI	1,00	1,06
VENDREDI	1,14	1,17

C. Facteurs correctifs type non saisonnier :*Tableau (III-11) : Facteurs correctifs type non saisonnier*

Tranche Horaire	samedi	dimanche	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi
0-1	7,39	8,82	8,82	9,50	9,21	7,44	4,78
1-2	7,41	8,51	8,41	9,21	8,85	7,35	5,63
2-3	7,55	8,45	8,37	8,87	8,12	7,89	6,98
3-4	7,74	8,37	8,18	8,41	6,92	8,82	7,78
4-5	3,74	4,50	3,98	4,12	3,57	4,43	4,66
5-6	1,83	2,18	1,99	1,85	1,99	2,23	2,65
6-7	0,88	0,95	0,92	0,83	0,96	1,22	1,53
7-8	0,60	0,65	0,65	0,59	0,67	0,78	0,99
8-9	0,55	0,56	0,58	0,53	0,60	0,62	0,71
9-10	0,54	0,53	0,55	0,51	0,57	0,55	0,56
10-11	0,53	0,53	0,54	0,51	0,56	0,52	0,51
11-12	0,56	0,55	0,55	0,53	0,56	0,53	0,53
12-13	0,60	0,59	0,59	0,60	0,60	0,57	0,61
13-14	0,64	0,63	0,61	0,66	0,63	0,58	0,67
14-15	0,63	0,61	0,61	0,66	0,60	0,57	0,58
15-16	0,61	0,60	0,59	0,64	0,58	0,59	0,56
16-17	0,60	0,57	0,58	0,61	0,57	0,60	0,55

17-18	0,64	0,63	0,64	0,67	0,61	0,64	0,55
18-19	0,91	0,87	0,87	0,93	0,84	0,83	0,70
19-20	1,43	1,40	1,39	1,46	1,31	1,27	1,09
20-21	2,28	2,17	2,20	2,33	2,09	1,90	1,73
21-22	3,12	3,06	3,06	3,14	2,89	2,41	2,32
22-23	4,59	4,4	4,63	4,59	4,21	3,25	3,36
23-24	6,02	6,18	6,39	6,33	5,27	4,31	4,66

III.9- CONCLUSION :

Tableau (III-12) : Conclusion

	Données DTP STER		Données subdivision		Comptage Oued Souf	
	TMJA	% PL	TJMA	%PL	TJMA	%PL
RN 16	3831	16.00 %	-	-	3509	18,95 %

III.9.1- TRAFIC ROUTIER A ÉCOULÉ PAR LE PROJET :

● *Hypothèse :*

Dans ce cas le projet écoulera la totalité du trafic PL la RN 16 plus un faible % des VL.

Vu les distances très éloignées entre les villes du sud général, les usagers de la route venant de Biskra et de Ouargla et allant vers El-Oued, on ne retiendra que 30 % du trafic VL de la RN 16.

Le trafic local empruntant l'évitement sera très faible. Dans cette hypothèse on retiendra.
TJMA = 3509 V/J (RN16).

TPL = 1000 V/J dans les deux sens.

III.9.2- DONNÉES DE TRAFIC :

En se basant sur les données de trafic effectué par la DTP de El-Oued, TJMA (année2003) pour la région d'El-Oued s'agissant du tronçon du boulevard périphérique sur 13 Km, on a essayé de faire des estimations de trafic pour différentes directions du projet.

Avec :

$$\Rightarrow TJMA(2010) = 3831 \text{ v/j.}$$

$$\Rightarrow \text{Le taux d'accroissement annuel du trafic } \tau = 4\%$$

$$\Rightarrow \text{La vitesse de base sur le tracé } V_r = 100 \text{ Km/h.}$$

⇒ Le pourcentage de poids lourds PL=16 %

⇒ Le comptage a été fait à l'année 2010.

⇒ La mise en service en l'année 2014.

⇒ La durée de vie 15 ans (2029).

III.9.3- APPLICATION SUR LA LIAISON PÉNÉTRANTE :

A- Calcul de TJMA horizon :

$$TJMA_n = (1+\tau)^n \times TJMA_{2010}$$

$$TJMA_{2014} = (1 + 0.04)^4 \times 3831$$

$$TJMA_{2014} = 4482 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2029} = (1 + 0.04)^{15} \times 4482$$

$$TJMA_{2029} = 8072 \text{ v/j}$$

B- Calcul des trafics effectifs :

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

Avec :

T_{eff} : trafic effectif à l'horizon.

Z : pourcentage de poids lourds (16%)

P : coefficient d'équivalence

P = 3 (route de bonnes caractéristiques, E_1)

$$T_{\text{eff}} = [(1 - 0.04) + 3 \times 0.16] \times 8072$$

$$T_{\text{eff}} = 11624 \text{ uvp/j.}$$

C- Débit de pointe horaire normal :

Le débit de pointe normale est une fraction du trafic effectif à l'horizon h, il est exprimé en uvp/h

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

Avec :

(1/n) coefficient de pointe prise égale 0.12 (n = 8 heures)

$$Q = (1/n) T_{\text{eff}} = 0.12 \times T_{\text{eff}}$$

$$Q = 0.12 \times 11624$$

$$Q = 1395 \text{ uvp/h}$$

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

$$Q \leq Q_{adm}$$

$$\Rightarrow Q \leq K_1 \times K_2 \times C_{th}$$

$$\Rightarrow C_{th} \geq Q / K_1 \times K_2$$

Catégorie C₂ K₁=0.75

Environnement E₁ K₂= 1

$$\Rightarrow C_{th} \geq 1395 / (0.75 \times 1)$$

$$\Rightarrow C_{th} \geq 1860 \text{ uvp/h}$$

D- Calcul du Débit admissible :

Il est déterminé par application de formule suivante :

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

Catégorie C₂ K₁=0.75

Environnement E₁ K₂= 1

En trouve :

$$C_{théo} = 2000 \text{ uvp/h /sens}$$

Donc:

$$Q_{adm} = 0,75 \cdot 1 \cdot 2000$$

$$Q_{adm} = 1500 \text{ uvp/h}$$

E- Détermination de nombre de voies :

$$N = (2/3) \times (Q/Q_{adm})$$

$$N = (2/3) \times (1395/1500) = 0.62$$

Donc, on prend n = 2 voies par sens

F- Détermination de l'année de saturation de la voie :

On détermine la durée de vie avant saturation de la voie en 2x2 voies par la formule suivante :

$$C = Q (1 + z)^n$$

Z: le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 4\%$

Avec : C la capacité = 2000 uvp/h/sens

$$Q_{2014} = 0.12 \times T_{eff 2014}$$

$$T_{eff 2014} = [(1 - 0.04) + 3 \times 0.16] \times 4482$$

$$T_{eff 2014} = 6454 \text{ uvp/j}$$

$$Q_{2014} = 1395 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{2014} = 698 \text{ uvp/h/sens.}$$

$$C = Q (1 + z)^n$$

$$(1 + z)^n = C/Q$$

$$N \log (1 + z) = \log (C/Q) \dots \text{Log népérien}$$

$$N = [\log (C/Q)] / [\log (1 + z)] = [\log (1395/698)] / [\log (1 + 0.04)]$$

$$N = 17.65 = 18 \text{ ans.}$$

D'où notre route sera saturée 18 ans après la mise en service donc l'année de saturation est :

Année : 2032

Tableau (III-13) : Résumé des calculs

	TJMA ₂₀₁₀ (v/j)	TJMA ₂₀₁₄ (v/j)	TJMA ₂₀₂₉ (v/j)	T _{eff 2029} (uvp/j)	Q ₂₀₂₉ (uvp/h)	N
La voie	3831	4482	8072	11624	1395	2

❖ **Remarque :**

D'après le calcul de capacité de la pénétrante, on constate que son profil en travers est de :

- ✓ Chaussée de 2 voies par sens (2 × 3.50 m).

Chapitre IV

Tracé en plan

IV. TRACÉ EN PLAN

IV.1- INTRODUCTION:

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

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

Le raccordement entre les alignements droits et les courbes entre elles d'autre part ; elle se fait à l'aide de Clothoïde qui assure un raccordement progressif par nécessité de sécurité et de confort des usagers de la route.

IV.2- RÈGLES À RESPECTER DANS TRACÉ EN PLAN :

Pour faire un bon tracé en plan dans les normes on doit respecter certaines recommandations :

- ✓ L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- ✓ Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant
- ✓ Éviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières
- ✓ Éviter au maximum les propriétés privées

LES ÉLÉMENTS DE TRACÉ EN PLAN:

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments géométriques:

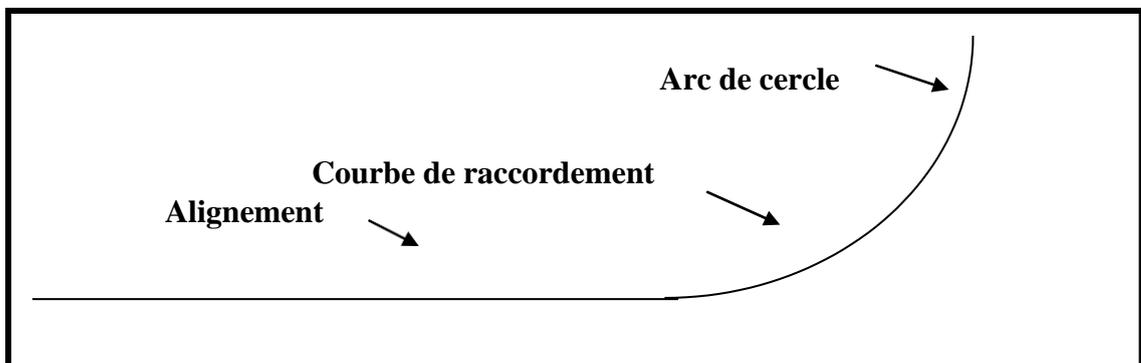


Figure (IV -1) : Éléments géométriques constituant le tracé en plan

Les éléments du tracé en plans sont:

- droite (alignement).
- l'arc de cercle.
- Courbe de raccordement.

IV.3.1- ALIGNEMENT :

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

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

- De nuit, éblouissement prolongé des phares.
- Difficulté de conduite et monotonie qui peuvent engendrer des accidents ou malaises chez le conducteur.
- Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.
- Mauvaise adaptation de la route au paysage, il n'y a pas d'harmonie avec l'aspect des reliefs.
- Il existe toutefois des cas exceptionnels où l'emploi d'alignement se justifie :
- En plaine, où des sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
- Dans des vallées étroites.
- Le long de constructions existantes.
- Pour donner la possibilité de dépassement.

Donc la longueur des alignements dépend de :

- la vitesse V_R , plus précisément de la durée du parcours rectiligne.
- des sinuosités précédentes et suivantes de l'alignement.
- du rayon de courbure de ces sinuosités.

○ **Longueur minimum :**

Celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps d'adaptation :

$$L_{\min} = T \cdot V_R$$

$$T = 3 \text{ sec vitesse faible}$$

$$T = 5 \text{ sec}$$

$$L_{\min} = 5 \cdot 80 \cdot (1000/3600) = 111 \text{ m}$$

$$T = 5 \text{ sec vitesse fort}$$

○ **Longueur maximum :**

$$L_{\max} = 60 \cdot V_R$$

$$V_R : \text{Vitesse en (m /s)}$$

$$L_{\max} = 60 \cdot 80 \cdot (1000/3600) = 1333 \text{ m}$$

IV.3.2- ARC DE CERCLE :

Les courbes sont limitées par l'intervention de trois termes :

- Stabilité des véhicules en courbes.
- Visibilité.
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de faibles rayons.

○ **Stabilité en courbe :**

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

$$d = \frac{V_r^2}{R \times g} - f_t \rightarrow \frac{V_r^2 [km/h]}{127 R} - f_t$$

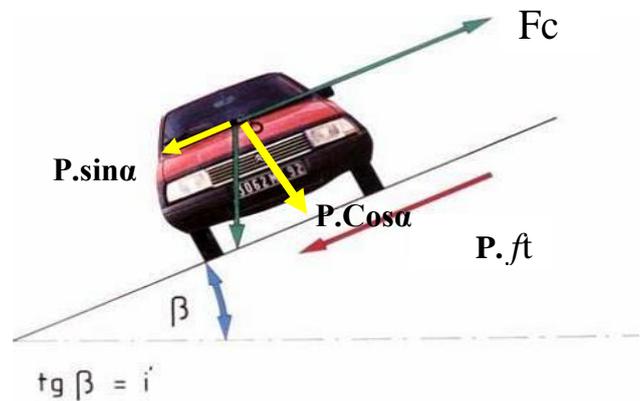
Où:

f_t : Coefficient du frottement transversale;

R: Le rayon de courbure;

V_r : Vitesse de référence.

d: Divers



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

⇒ **Rayon horizontal minimal absolu :**

$$RH \text{ min} = \frac{V_r^2}{127 (f_t + d_{\text{max}})}$$

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

⇒ **Rayon minimal normal :**

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

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

⇒ **Rayon au dévers minimal :**

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

$$\text{Dévers associé } d_{\min} = 2.5\%. \quad R_{Hd} = \frac{Vr^2}{127 \times 2 \times d_{\min}}$$

⇒ **Rayon minimal non déversé :**

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

$$R_{Hnd} = \frac{Vr^2}{127(f' - d_{\min})} \quad * f' = \text{Catégories 1 et 2}$$

$$* f' = 0.07 \quad \text{cat 3} \quad \text{et} \quad f' = 0.075 \quad \text{cat 4 - 5}$$

⇒ **Règles pour l'utilisation des rayons en plan :**

- Il n'y a aucun rayon inférieur à R_{Hm} , on utilise autant des valeurs de rayon $\geq R_{Hn}$ que possible.
- Les rayons compris entre R_{Hm} et R_{Hd} sont déversés avec un dévers interpolé linéairement en $1/R$ arrondi à 0,5% près entre d_{\max} et d (R_{Hm}).

Si $R_{Hm} < R < R_{Hn}$:

$$d = \frac{d_{\max} - d(R_{Hn})}{(1/R_{Hn} - 1/R_{Hd})} (1/R - 1/R_{H \max}) + d_{\max}$$

Entre d (R_{Hn}) et d_{\min} si $R_{Hn} < R < R_{Hd}$

$$d = \frac{d(R_{Hn}) - d_{\min}}{(1/R_{Hn} - 1/R_{Hd})} (1/R - 1/R_{Hd}) + d_{\min}$$

- Les rayons compris entre R_{Hd} et R_{Hnd} sont en dévers minimal d_{\min} .
- Les rayons supérieurs à R_{Hnd} peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.
- Un rayon R_{Hm} doit être encadré par des R_{Hn} .

IV.3.3- SUR LARGEUR :

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

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

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

L : longueur du véhicule (valeur moyenne $L = 10$ m)

R : rayon de l'axe de la route

Tableau (IV - 1) : Valeurs de S selon R

Rayon (m)	Surlargeur (m)
40	1.25
45	1.00
60	1.00
80	0.5
100	0.5
160	0.25
180	0.25

IV.3.4- COURBE DE RACCORDEMENT (C.R) :

Une trace rationnelle de route moderne comportera des alignements, des arcs de cercle et entres eux, des tronçons de raccordement de courbure progressive, passant de la courbure 0 ($R = \text{infini}$) à l'extrémité de l'alignement à la courbure $1/R$ au début du cercle du virage.

Rôle et nécessité de C.R :

- 1) Stabilité transversale des véhicules.
- 2) Confort des passages en véhicules.
- 3) Transition de la forme de la chaussée.
- 4) Tracé élégant, souple fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

Type de courbes de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont la condition désirée d'une variation continue de la courbe, on a trois types de courbes suivantes :

a) parabole cubique :

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

b) Lemniscate :

Courbe utilisé pour certains problèmes de tracé de route par exemple trèfle d'autoroute sa courbure est proportionnelle à la longueur du rayon vecteur à partir du point d'inflexion ou centre de symétrie.

c) Clothoïde :

La Clothoïde, c'est une spirale à point asymétrique dont la courbure croit proportionnellement à l'arc, elle a pour équation $A^2 = L.R$.

- A : paramètre de Clothoïde.
- L : longueur de raccordement.
- R : rayon de courbure.

➤ **Expression mathématique de la Clothoïde :**

Courbure K linéairement proportionnellement a la longueur curviligne

$$L.K = C.L$$

$$\text{On pose: } 1/C = A^2 \Rightarrow L.R = A^2$$

➤ **Élément de la Clothoïde :**

LES ELEMEN DE LA CLOTHOIDE

- ΔR : Mesure de décalage entre l'élément droit de l'arc du cercle (le ripage)
- σ : Angle polaire (angle de corde avec la tangente)
- L : longueur de la branche de la Clothoïde
- X_m : Abscisse du centre du cercle
- K_E : Extrémité de la Clothoïde
- A : Paramètre de la Clothoïde
- K_A : Origine de la Clothoïde
- τ : Angle des tangentes
- SL : Corde ($K_A - K_E$)
- M : Centre de cercle
- X : Abscisse de K_E
- Y : Origine de K_E
- t : tangente courte
- T : tangente longue

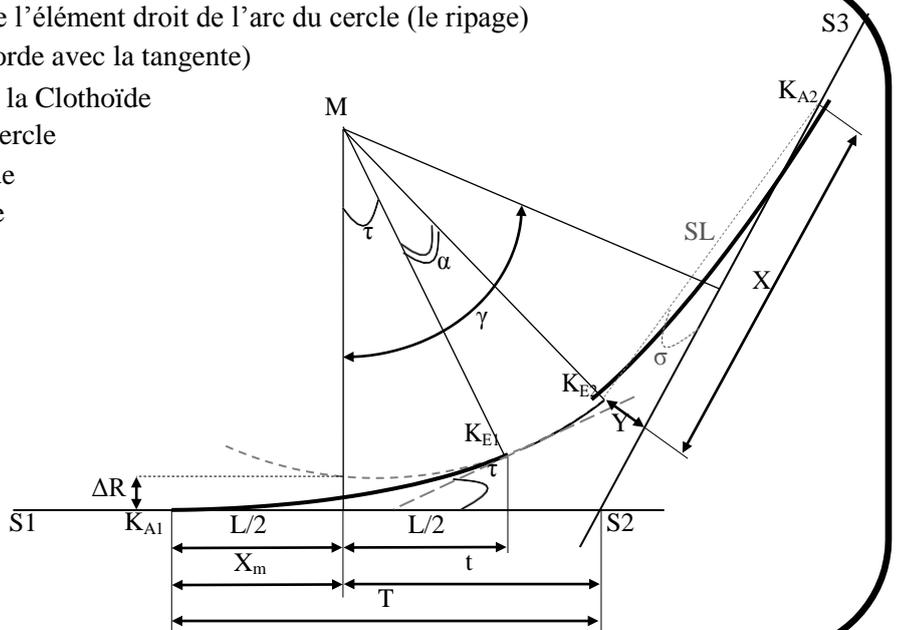


Figure (IV -2) : les éléments de la Clothoïde

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

a) **Condition optique :**

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

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

❖ Règle générale (B40):

- $R \leq 1500\text{m}$ $\Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement 0,5 m) $L = \sqrt{24R\Delta R}$
- $1500 < R \leq 5000\text{m}$ $L \geq R/9$.
- $R > 5000\text{m}$ $\Delta R = 2,5\text{m}$ $L = 7,75 \sqrt{R}$

b) Condition confort dynamique :

Cette condition consiste à limiter pendant le temps de parcours Δt du raccordement, la variation, par unité de temps, de l'accélération transversale.

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

V_r : vitesse de référence en (km/h)

R : rayon en (m).

Δd : variation de dévers.

c) Condition de gauchissement :

La demi chaussée extérieure au virage de C.R est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule le raccordement doit d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation des dévers.

A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversé et de

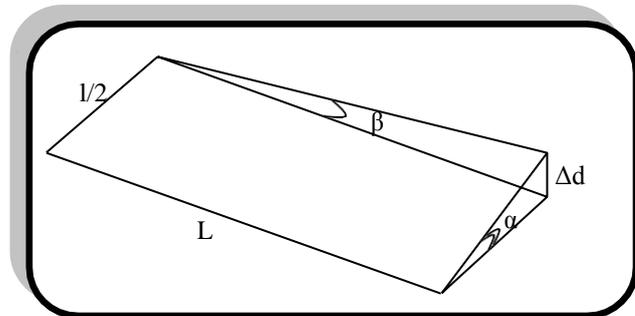
son axe de telle sorte $\Delta p < 0,5/V_R$.

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

L : longueur de raccordement.

l : largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.

**Nota :**

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

Cette variation est limitée à 2%.

$$L \geq 5/36 \cdot \Delta d \cdot V_r$$

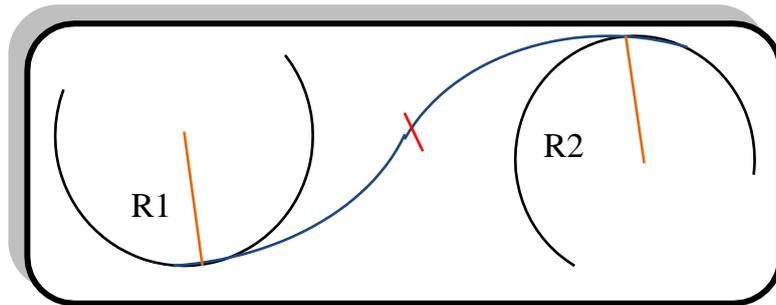
IV.4- COMBINAISON DES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN :

La combinaison des éléments du tracé en plan donne plusieurs types de courbes, on cite :

COURBE EN S :

Une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle.

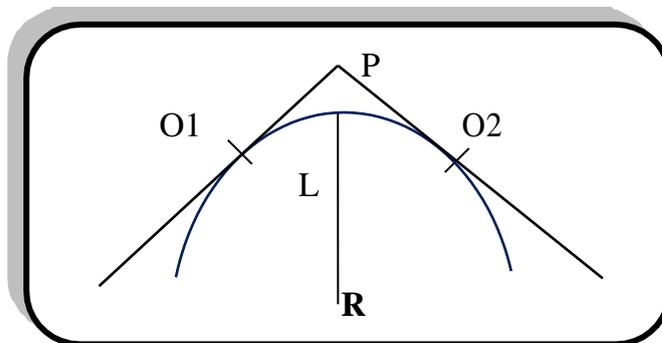
Figure (IV -3) : Courbe en S



COURBE A SOMMET :

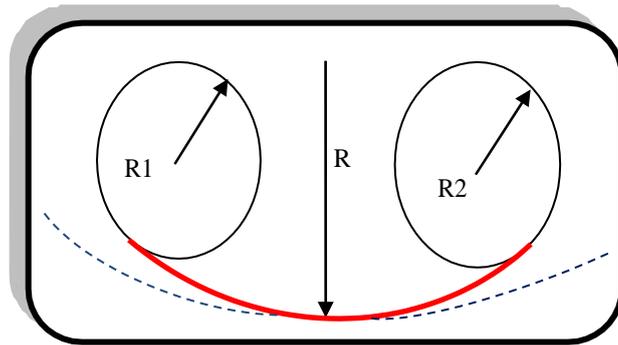
Une courbe constituée de deux arcs Clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements.

Figure (IV -4) : Courbe à sommet

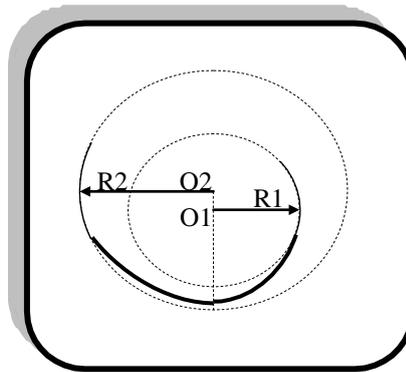


COURBE EN C :

Une courbe constituée 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 (IV -5) : Courbe à sommet**OVALE :**

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

Figure (IV -6) : raccordant en Ovale**IV.5- CHOIX DU TRACÉ :**

Après avoir pris connaissance du rapport géologique et géotechnique, ainsi que les normes, nous allons présenter ci-dessous les idées générales qui nous guident le tracé :

- Chercher le plus court chemin
- Donner les plus grand possible de courbes en plan et en profil en long, afin de permettre une circulation rapide.
- Ne pas avoir peur de sacrifier la longueur de la route à la sécurité.
- Garder toujours la fondation de la route au dessus de la nappe phréatique.

❖ **Norme:**

- Éviter le long alignement droits et remplacer par des courbes de grands rayons, le pourcentage des alignements droits est limité entre 40% et 60% de la longueur total du tracé.

- se raccorder au réseau routier existant.
- Respecter les normes B40 si possible.

IV.6- PARAMETRES FONDAMENTAUX DE PROJET :

INTRODUCTION :

La réalisation du l'évitement de El-Oued assura un rôle stratégique dans le développement des pôles économiques régional (Nakhla – Douar El-Maa).

Tableau (IV - 2) : Paramètres fondamentaux

<i>PARAMETRES</i>	<i>Vitesse (km/h)</i>	
	<i>Symbole</i>	80
<i>Longueur minimale</i>	L_{\min}	111
<i>Longueur maximale</i>	L_{Max}	1333
<i>Dévers minimal.</i>	d_{\min} (%)	2.5
<i>Dévers maximal.</i>	d_{Max} (%)	7
<i>Temps de perception-réaction.</i>	t_1 (s)	1.8
<i>Frottement longitudinal.</i>	f_L	0.39
<i>Frottement transversal.</i>	f_t	0.13
<i>Distance de freinage.</i>	d_0 (m)	65
<i>Distance d'arrêt.</i>	d_1 (m)	109
<i>Rayon minimum absolu</i>	R_{Hm}	250
<i>Rayon minimum normal</i>	R_{HN}	450
<i>Rayon au dévers minimal</i>	R_{Hd}	1000
<i>Rayon non déversé</i>	R_{Hnd}	1400
<i>Distance de visibilité de dépassement minimale</i>	dm	320
<i>Distance de visibilité de dépassement normale</i>	dn	500
<i>Distance de visibilité de manœuvre de dépassement</i>	dmd	200

TABLEAU DES PARAMETRES FONDAMENTAUX :

D'après le règlement des normes algériennes B40 et pour un environnement E1 et une catégorie C2 avec une vitesse de base de 80 km/h on a le tableau suivant :

CALCUL D'AXE :

Le calcul d'axe est l'opération par les quelles toute étude d'un projet routier doit commencer, elle consiste à calculer l'axe de la route, point par point de début de projet jusqu'à la fin de celui-ci en déterminant les coordonnées de ces points et les gisements des directions.

On a le tableau des coordonnées (x, y) des sommets qui sont déterminés par simple lecture à partir de la carte topographique et les rayons choisis pour les différentes directions.

Le calcul d'axe se faire à partir d'un point fixe dont ont connaît ces coordonnées, et il doit suivre les étapes suivantes :

- Calcul des gisements.
- Calcul de l'angle γ entre les alignements.
- Calcul de la tangente T.
- Calcul de la corde polaire SL.
- Vérification de non- chevauchement.
- Calcul de l'arc en cercle.
- Calcul de des coordonnées de points particuliers.
- Calcul de kilométrage des points particuliers.

CALCUL DES ELEMENTS GEOMETRIQUES :

- Cas d'une courbe avec Clothoïde :

	X (m)	Y (m)	R (m)
S1	100000.000	80000.000	/
S2	100857.345	80274.193	800
S3	101448.701	80705.065	/

Tableau (IV-3): Les coordonnées des stations

CALCUL DES GISEMENTS :* **Gisement d'une direction :**

Angle que fait cette direction avec une direction méridienne de référence (Nord géographique) ou avec l'axe d'un navire, compté dans le sens des aiguilles d'une montre...

(Voir le schéma)

$$\begin{array}{l} \text{S1} \\ X = 100000.000 \\ Y = 80000.000 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{S2} \\ X = 100857.345 \\ Y = 80274.193 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{S3} \\ X = 101448.701 \\ Y = 80705.065 \end{array}$$

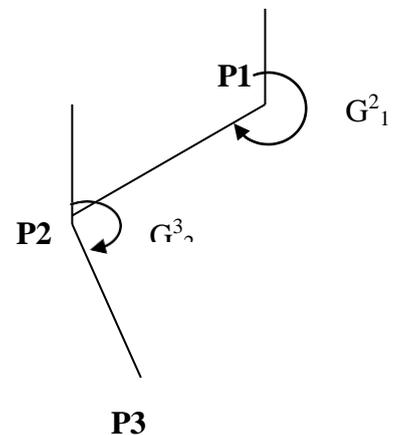


Figure (IV -7) : schéma des gisements

[P1 P2]

$$G_1^2 = 200 gr + \Phi_0$$

$$\Phi_0 = \text{Arctg} \frac{\Delta X}{\Delta Y}$$

$$\Phi_0 = \text{Arctg} \frac{857.345}{274.193} = 72.26 gr$$

$$\text{Donc : } G_1^2 = 272.26 gr$$

[P2 P3]

$$G_2^3 = 100 gr + \Phi_1$$

$$\Phi_1 = \text{Arctg} \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

$$\Phi_1 = \text{Arctg} \frac{591.356}{430.872} = 53.62 gr$$

$$\text{Donc : } G_2^3 = 153.92 gr$$

★ **Calcul de l'angle γ :**

$$\gamma = \alpha_1 + \alpha_2 = |GS_1S_2 - GS_2S_3| = |272.26 - 153.92|$$

$$\gamma = 118.34 \text{ grade}$$

$$\gamma/2 = 59.17 \text{ grade}$$

➤ **Caractéristiques de la courbe de raccordement :**

• **Détermination de L :**

1-Condition optique :

$$L \geq \sqrt{24 R \Delta R}$$

$$\text{On a } R = 800 < 1500 \Rightarrow \square R = 1$$

$$\Rightarrow L \geq \sqrt{24 \times 800 \times 1} = 138.56 \text{ m} \cong 139 \text{ m (1)}$$

2- Condition de confort dynamique et de non gauchissement :

$$L \geq \frac{5}{36} \square d V_B$$

$$\square d = ?$$

$$\square d = d - (-2.5)$$

)

$$\Rightarrow \square d = 2.4 - (-2.5) = 4.9 \% \cong 5\%$$

$$L \geq \frac{5}{36} \times 5 \times 80 = 55.56 \text{ m} \cong 56 \text{ m (2)}$$

$$1 \text{ et } 2 \Rightarrow L \geq 139 \text{ m.}$$

• **Détermination de A :**

$$L = A^2/R \Rightarrow A = \sqrt{LR} = 333.46 \text{ m}$$

$$\text{On prend : } A = 333 \text{ m}$$

$$L = A^2/R = 138.61 \text{ m.}$$

★ **Calcul de l'angle τ :**

$$\tau = \frac{L}{2R} \cdot \frac{200}{\pi} = \frac{138.61}{2 \times 800} \cdot \frac{200}{\pi} = 6.31 \text{ grade}$$

★ **Vérification du non chevauchement :**

$$\tau = 6.31 \text{ grade}$$

$$\gamma/2 = 59.17 \text{ grade}$$

$$6.31 < 59.17$$

D'où :

$$\tau < \gamma / 2 \Rightarrow \text{pas de chevauchement.}$$

KE : extrémité de la Clothoïde₂

$$X_E = A\sqrt{\gamma} \tau^{rd} \left(1 - \frac{\tau^2}{10} + \frac{\tau^4}{216} - \frac{\tau^6}{9360} \right) = 148.12 \text{ m}$$

$$Y_E = A\sqrt{\gamma} \tau^{rd} \left(\frac{\tau}{3} - \frac{\tau^2}{42} + \frac{\tau^5}{1320} - \frac{\tau^7}{75600} \right) = 4.86 \text{ m}$$

M : centre du cercle

$$X_m = X_E - R \cdot \sin \tau^{rd} = 68.96 \text{ m}$$

$$Y_m = Y_E + R \cdot \cos \tau^{rd} = 801 \text{ m}$$

★ **Calcul des distances :**

$$S_1 S_2 = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{857.345^2 + 274.193^2} = 900.12 \text{ m}$$

$$S_2 S_3 = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{591.356^2 + 430.872^2} = 731.68 \text{ m}$$

★ **Calcul de la tangente :**

$$T = X_m + (R + \square R) \operatorname{tg} (\gamma/2) = 1147.10$$

$$m T = 1147.10 \text{ m}$$

★ **Calcul de la Corde S L :**

$$S_L = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{(-1448.701)^2 + (-705.065)^2} = 1611.16 \text{ m}$$

$$S_L = 1611.16 \text{ m}$$

★ **Calcul de σ :**

$$\sigma = \operatorname{Arctg} \frac{Y}{X} = \operatorname{Arctg} \frac{4.86}{148.12} = 2.09 \text{ grade}$$

★ **Calcul des coordonnées des points singuliers :**

$$X_{KA1} = X_{S2} - T \cdot \sin G_{S1}^{S2} \quad X_{KA1} = 101897.258 \text{ m}$$

$$K_{A1} \quad \Rightarrow \quad K_{A1}$$

$$Y_{KA1} = Y_{S2} - T \cdot \cos G_{S1}^{S2} \quad Y_{KA1} = 80758.361 \text{ m}$$

$$X_{KE1} = X_{KA1} + S_L \cdot \sin (G_{S1}^{S2} - \sigma) \quad X_{KE1} = 100459.756 \text{ m}$$

$$K_{E1} \quad \Rightarrow \quad K_{E1}$$

$$Y_{KE1} = Y_{KA1} + S_L \cdot \cos (G_{S1}^{S2} - \sigma) \quad Y_{KE1} = 80030.746 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 X_{KA2} &= X_{S3} - (S_2 S_3 - T) \sin G_{S2}^{S3} & X_{KA2} &= 101723.815 \text{ m} \\
 K_{A2} & & \Rightarrow K_{A2} & \\
 Y_{KA2} &= Y_{S3} - (S_2 S_3 - T) \cos G_{S2}^{S3} & Y_{KA2} &= 80393.800 \text{ m} \\
 \\
 X_{KE2} &= X_{KA2} - S_L \sin (G_{S2}^{S3} + \sigma) & X_{KE2} &= 100697.018 \text{ m} \\
 K_{E2} & & \Rightarrow K_{E2} & \\
 Y_{KE2} &= Y_{KA2} - S_L \cos (G_{S2}^{S3} + \sigma) & Y_{KE2} &= 81635.381 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Chapitre V

Profil en long

V/PROFIL EN LONG

V.1- DÉFINITION :

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain suivant le plan vertical passant par l'axe de tracé, il est composé d'éléments rectilignes caractérisés par leur déclivité; (pente sur rampe et des raccordements circulaires (ou parabolique) par leur Rayon).

V.2- RÈGLES A RESPECTÉ DANS LE TRACÉ DU PROFIL EN LONG :

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

V.3-COORDINATION DU TRACÉ EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG:

Il est très nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long en tenant compte également de l'implantation des points d'échange afin.

- ◆ Une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.
- ◆ De prévoir de loin l'évolution de la trace.
- ◆ De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, passage souterraine ... etc.).

Pour éviter les défauts résultats d'une mauvaise coordination trace en plan –profil en long, les règles suivantes sont à suivre :

- Si le profil en long est convexe, augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan.
- Avant un point haut, amorcer la courbe en plan.
- Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe
- Faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à 6 fois au moins le rayon en plan).

V.4- PALIERS ET DÉCLIVITÉS :

Les paliers sont des sections de routes horizontales. Un véritable palier est à éviter, l'écoulement longitudinal des eaux y est mal assuré et une humidité néfaste à la chaussée tend à s'y maintenir pendant toute la mauvaise saison.

La déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontale. Elle est dénommée *rampe* si la route s'élève dans le sens du kilométrage, et *pent* dans le cas contraire.

a) Déclivité minimale :

- Il est recommandable d'éviter les pentes inférieures à 1%, et surtout à 0.5% et ceci dans le but d'éviter la stagnation des eaux.
- Dans les longues sections en déblais on prend $I_{\text{mine}} = 0.5\%$ pour que les ouvrages de canalisation ne soient pas profonds.

b) Déclivité maximale :

La déclivité maximale est acceptée particulièrement dans les courtes distances inférieures à 1500m, à cause de :

- La réduction de la vitesse et l'augmentation des dépenses de circulation par la suite (cas de rampe Max).
- L'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente max.).

V_R (KM/H)	40	60	80	100	120	140
I_{MAX} (%)	8	7	6	5	4	4

Tableaux (V-1) : cas de pente max

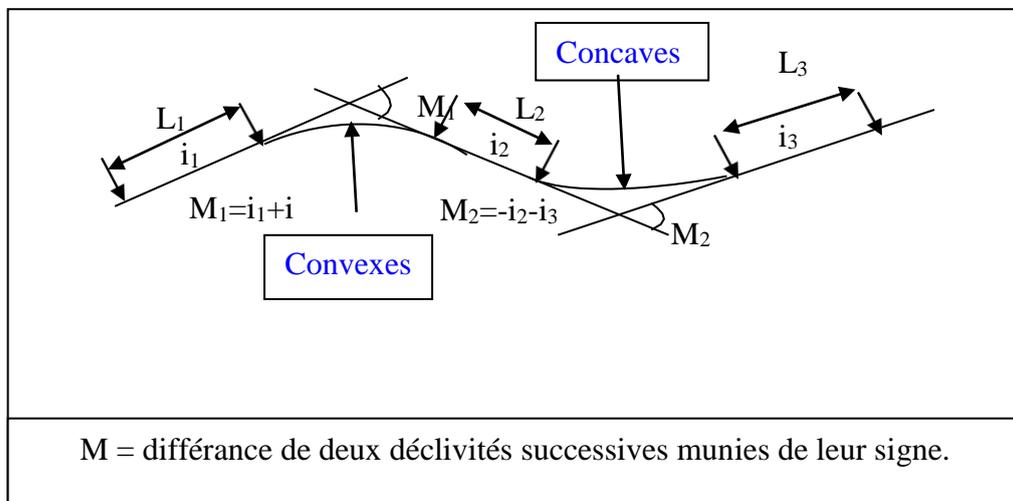
V.5- RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG :

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long. Ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort.

V.5.1- LES TYPES DE RAYONS :

- Les rayons en angles rentrants (concaves).
- Les rayons en angle saillant (convexes).

Figure (V-1): Elément géométriques du profil en long



On distingue deux types de raccordements :

V.5.2- RACCORDEMENTS CONVEXES (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 aux conditions :

- ✓ Condition de confort.
- ✓ Condition de visibilité.

a) Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à $(0.3m /s^2$ soit $g /40$), le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$v^2 /R_v < g /40 \text{ avec } g = 10 \text{ m /s}^2.$$

$$D'ou : R_v \geq 0,3 V^2 \text{ (cat. 1-2).}$$

$$R_v \geq 0,23 V^2 \text{ (cat 3-4-5).}$$

Tel que :

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

V : vitesse de référence (km /h).

b) Condition de visibilité :

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme condition supplanterai a celle de condition confort.

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

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

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

D_1 : Distance d'arrêt (m)

h_0 : Hauteur de l'œil (m)

h_1 : Hauteur de l'obstacle (m)

V.5.3- RACCORDEMENTS 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 assurer pour un rayon satisfaisant la relation :

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

V.6- CONCLUSION:

Notre étude si porte sur une route de catégorie C2, dans un environnement E1 et sera circulé avec vitesse de base $V_r = 80$ km/h.

D'parés le règlement des normes Algériennes B40.

<i>ANGLES SAILLANTS</i>	
<i>Rayon minimal absolu (RVm2)</i>	<i>4500 m</i>
<i>Rayon minimal normal (RVN2)</i>	<i>10000 m</i>
<i>Rayon assurant distance (RVD)</i> <i>Visibilité de dépassement</i>	<i>11000 m</i>
<i>ANGLES RENTRANTS</i>	
<i>Rayon minimal absolu (R'Vm)</i>	<i>2400 m</i>
<i>Rayon minimal normal (R'VN)</i>	<i>3000 m</i>

V.7- DÉTERMINATION PRATIQUES DU PROFIL EN LONG :

Dans les études des projets, on assimile l'équation du cercle :

$$X^2 + Y^2 - 2RY = 0.$$

$$\text{À l'équation de la parabole } X^2 - 2RY = 0 \Rightarrow Y = \frac{x^2}{2R}$$

Pratiquement, le calcul des raccordements se fait de la façon suivante :

- Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) les points A, D.
- Donnée la pente P_1 de la droite (AS)
- Donnée la pente P_2 de la droite (DS)
- Donnée le rayon R.

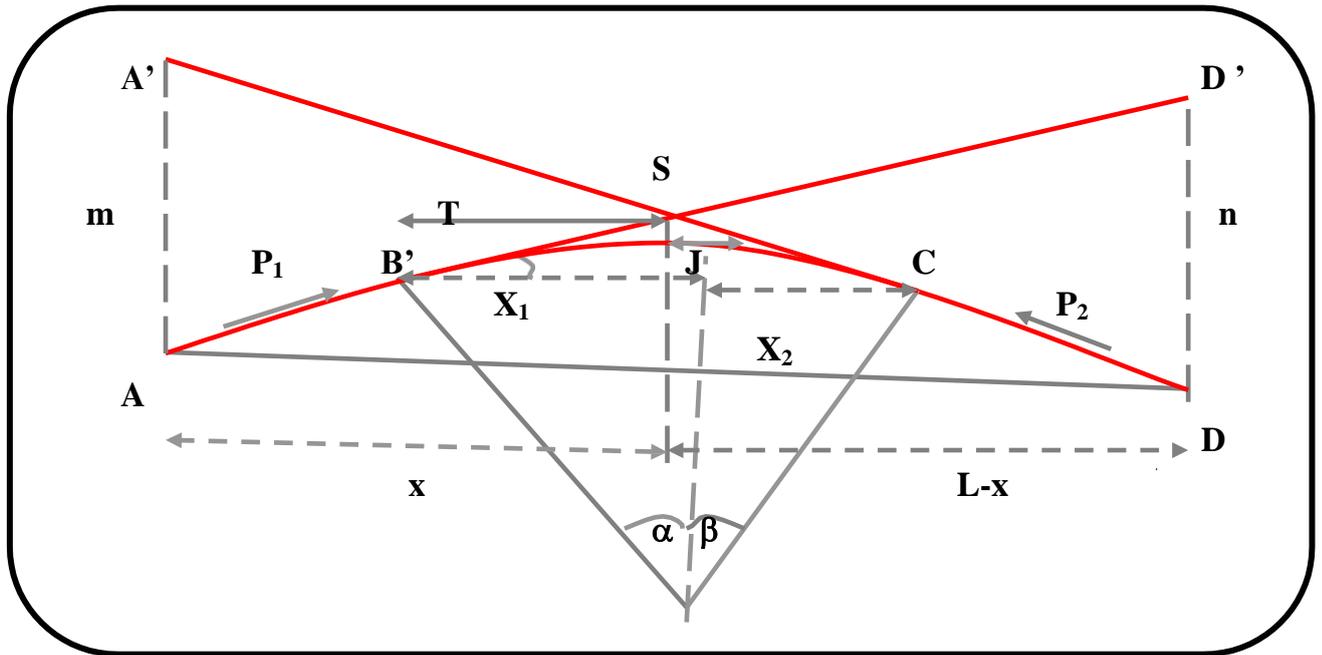


Figure (V-2) : les éléments d'un raccordement en profil en long

V.7-1- DÉTERMINATION DE LA POSITION DU POINT DE RENCONTRE (S) :

On a :

$$Z_A = Z_{D'} + L p_2 \quad , \quad m = Z_{A'} - Z_A$$

$$Z_D = Z_{A'} + L p_1 \quad , \quad n = Z_D - Z_{D'}$$

Les deux triangles A'SA et SDD' sont semblables donc :

$$m/n = x / (L-x) \Rightarrow x = m \cdot L / (n + m)$$

$$X_S = X + X_A$$

S

$$Z_S = p_1 X + Z_A$$

V.7-2- CALCULS DE LA TANGENTE :

$$T = R/2 (p_1 \pm p_2)$$

On prend (+) lorsque les deux pentes sont de sens contraires, on prend (-) lorsque les deux pentes sont de même sens.

La tangente (T) permet de positionner les pentes de tangentes B et C.

$$\begin{array}{ccc} X_B = X_S - T & & X_c = X_S + T \\ B & & C \\ Z_B = Z_S - T \cdot p_1 & & Z_c = Z_S + T \cdot p_2 \end{array}$$

V.7-3- PROJECTION HORIZONTALE DE LA LONGUEUR DE RACCORDEMENT :

$$LR = 2T$$

V.7-4- CALCUL DE LA FLÈCHE :

$$H = T^2 / 2R$$

V.7-5- CALCUL DE LA FLÈCHE ET L'ALTITUDE D'UN POINT COURANT M SUR LA COURBE :

$$H_X = X^2 / 2R$$

M

$$Z_M = Z_B + X \cdot p_1 - X^2 / 2R$$

Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (T)

Le point J correspond au point le plus haut de la tangente horizontale.

$$X_1 = R \cdot p_1$$

$$X_2 = R \cdot p_2$$

$$X_J = X_B - R \cdot p_1$$

J

$$Z_J = Z_B + X_1 \cdot p_1 - X_1^2 / 2R$$

Dans le cas des pentes de même sens le point J est en dehors de la ligne de projet et ne présente aucun intérêt par contre dans le cas des pentes de sens contraire, la connaissance du point (J) est intéressante en particulier pour l'assainissement en zone de déblai, Le partage des eaux de ruissellement se fait à partir du point du J, c'est à dire les pentes des fossés descendants dans les sens J (A) et J (D).

V.8- EXEMPLE DE CALCUL DE PROFIL EN LONG :

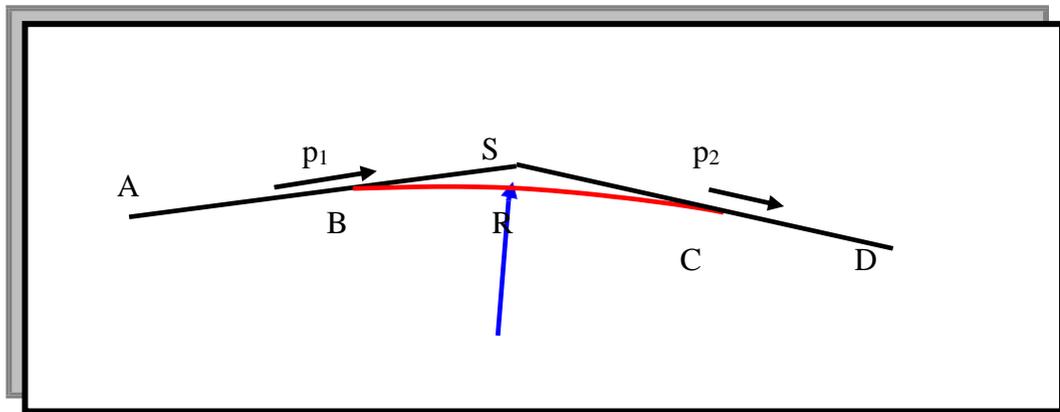
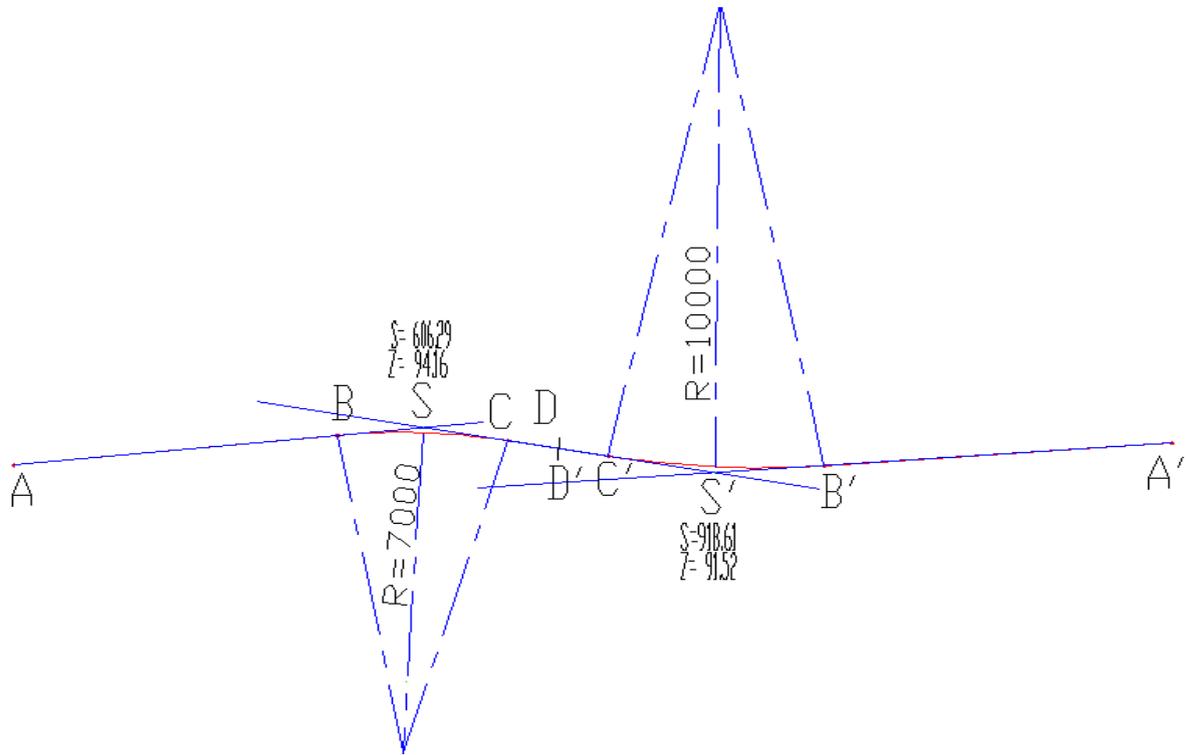


Figure (V-3) : Exemple Convexes *

$$A \left\{ \begin{array}{l} S = 269.14 \\ Z = 91.71 \end{array} \right.$$

$$S \left\{ \begin{array}{l} S = 606.29 \\ Z = 94.16 \end{array} \right.$$

$$D \left\{ \begin{array}{l} S = 750.00 \\ Z = 92.87 \end{array} \right.$$

○ **Calcul des pentes :**

$$P_1 = \Delta Z_1 / \Delta S_1 = 0.73 \%$$

$$P_2 = \Delta Z_2 / \Delta S_2 = -0.90 \%$$

○ **Calcul des tangentes :**

$$R = 7000 \text{ m}$$

$$T = (p_1 + p_2) R / 2 = 57.05 \text{ m}$$

○ **Calcul des flèches :**

$$H = T^2 / 2R = 0.23 \text{ m}$$

○ **Calcul des coordonnées des points de tangentes :**

$$S_B = S_S - T = 549.24 \text{ m}$$

$$S_C = S_S + T = 663.34 \text{ m}$$

B

C

$$Z_B = Z_S - T \cdot P_1 = 52.51 \text{ m}$$

$$Z_C = Z_S + T \cdot P_2 = 42.81 \text{ m}$$

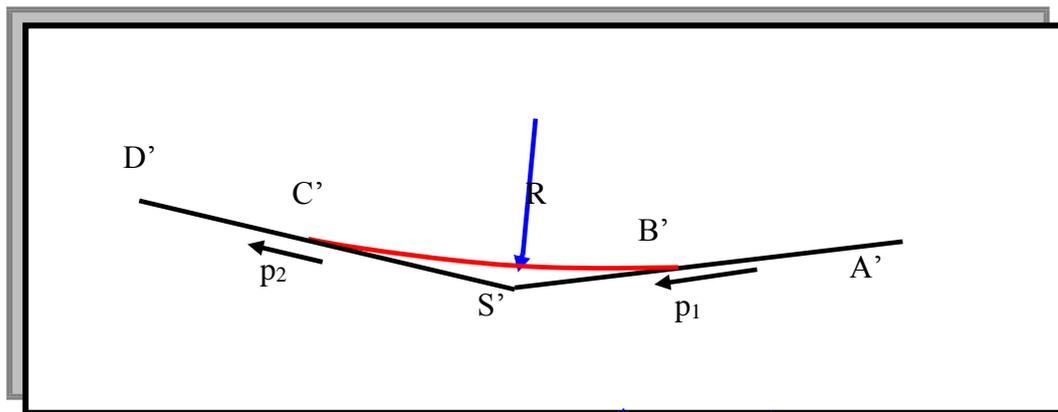


Figure (V-3) : Exemple Concaves

$$D' \left\{ \begin{array}{l} S = 750.00 \\ Z = 92.87 \end{array} \right.$$

$$S' \left\{ \begin{array}{l} S = 918.61 \\ Z = 91.52 \end{array} \right.$$

$$A' \left\{ \begin{array}{l} S = 1276.42 \\ Z = 93.35 \end{array} \right.$$

○ **Calcul des pentes :**

$$P_1 = \Delta Z_1 / \Delta S_1 = -0.80 \%$$

$$P_2 = \Delta Z_2 / \Delta S_2 = 0.51 \%$$

- **Calcul des tangentes :**

$$R=10000 \text{ m}$$

$$T= (p_1+p_2) R/2 = 65.50 \text{ m}$$

- **Calcul des flèches :**

$$H= T^2/2R= 0.21 \text{ m}$$

- **Calcul des coordonnées des points de tangentes :**

$$S_B= S_S-T = 918.40 \text{ m}$$

$$S_C= S_S+ T = 984.11 \text{ m}$$

C'

B'

$$Z_B= Z_S- T.P_1 = 39.12 \text{ m}$$

$$Z_C= Z_S+T.P_2 = 124.93 \text{ m}$$

Chapitre VI

Profil en travers

VI. PROFIL EN TRAVERS

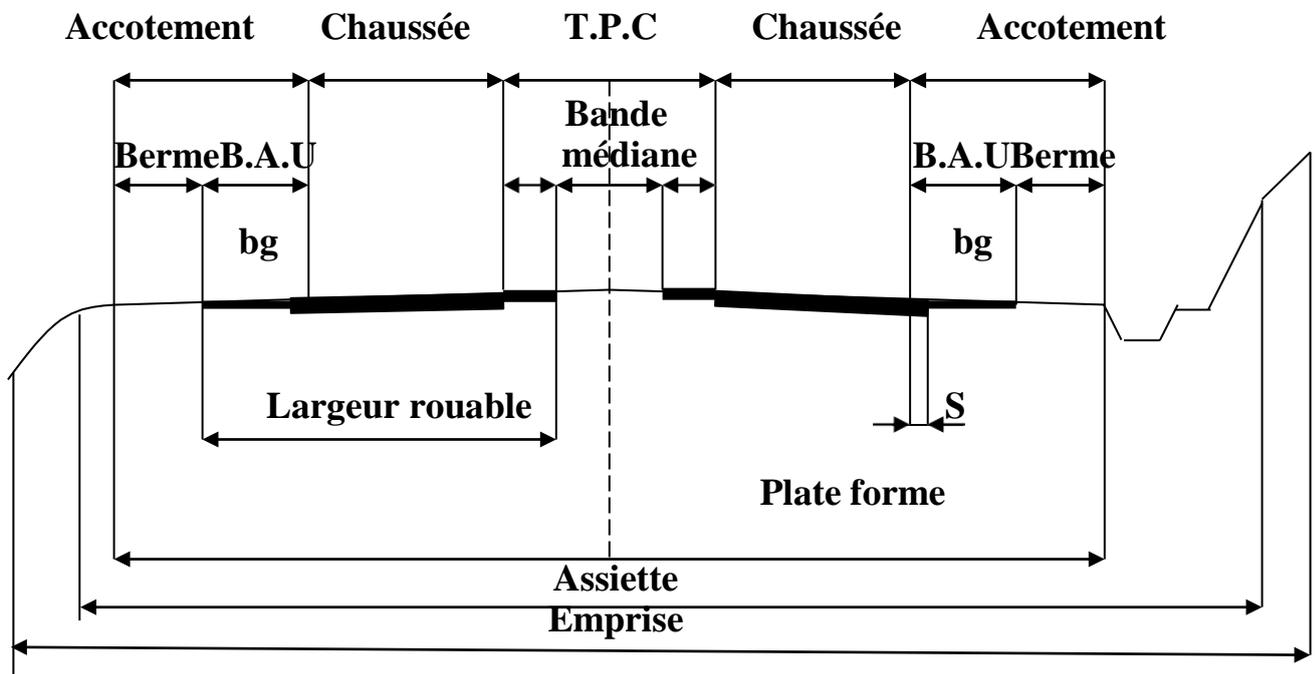
VI.1- DÉFINITION :

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

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

VI.2- LES ÉLÉMENTS DU PROFIL EN TRAVERS :

Fig (VI-1) : Les éléments du profil en travers (Une seule voie)

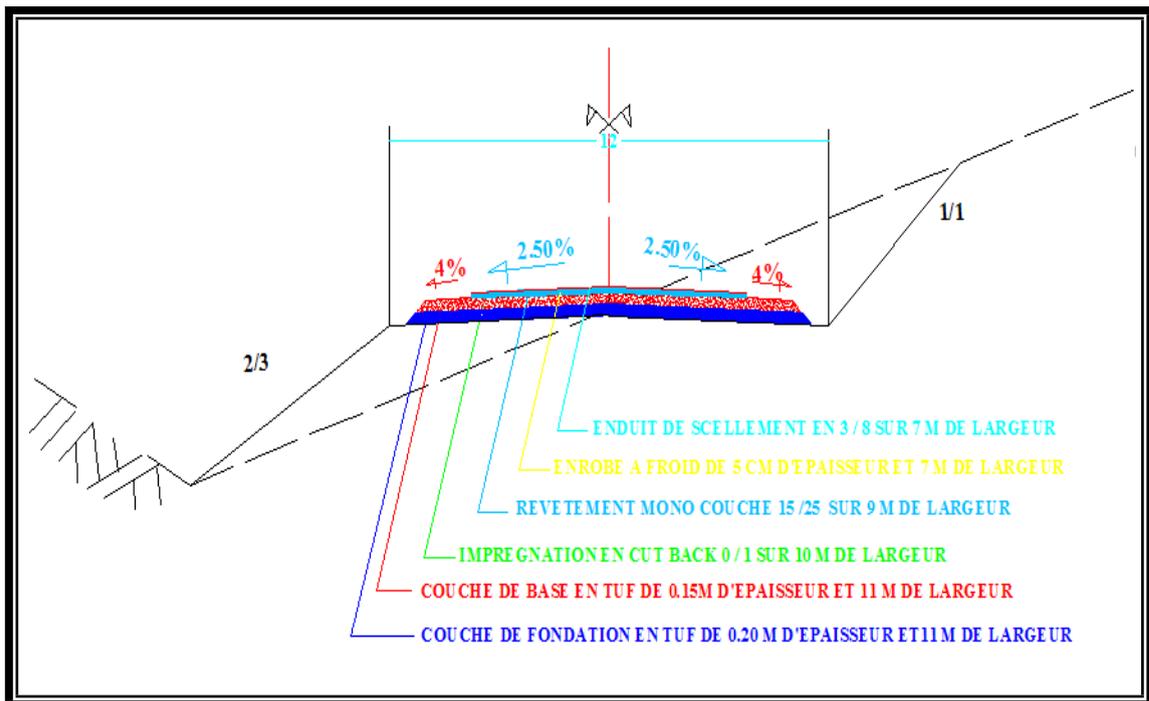


- **La chaussée :**
C'est la partie affectée à la circulation des véhicules.
- **La largeur rouable :**
Elle comprend les sur largeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt.
- **La plate forme :**
C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des talus de remblais, comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts.
 - **L'assiette :**
C'est la surface de la route délimitée par les terrassements.
 - **L'emprise :**
C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, ect...) limitée par le domaine public.
 - **Les accotements :**
En dehors des agglomérations, les accotements sont dérasés. Ils comportent généralement les éléments suivants :
 - Une bande de guidage.
 - Une bande d'arrêt.
 - Une berme extérieure.
 - **Le terre-plein central :**
Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :
 - Les sur largeurs de chaussée (bande de guidage).
 - Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.
 - **Le fossé :**
C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et talus et les eaux de pluie.

VI.3- PROFIL EN TRAVERS–TYPE DE LA ROUTE :

Selon la nature du terrain on a proposé deux cas de profil en travers type :

- Une largeur de chaussée de 7 m.
- Une largeur d'accotement de 2 m de part et d'autre.
- Une largeur de plate-forme de 12 m.
- Un talus des déblais de 1/1.
- Un talus des remblais de 2/3.



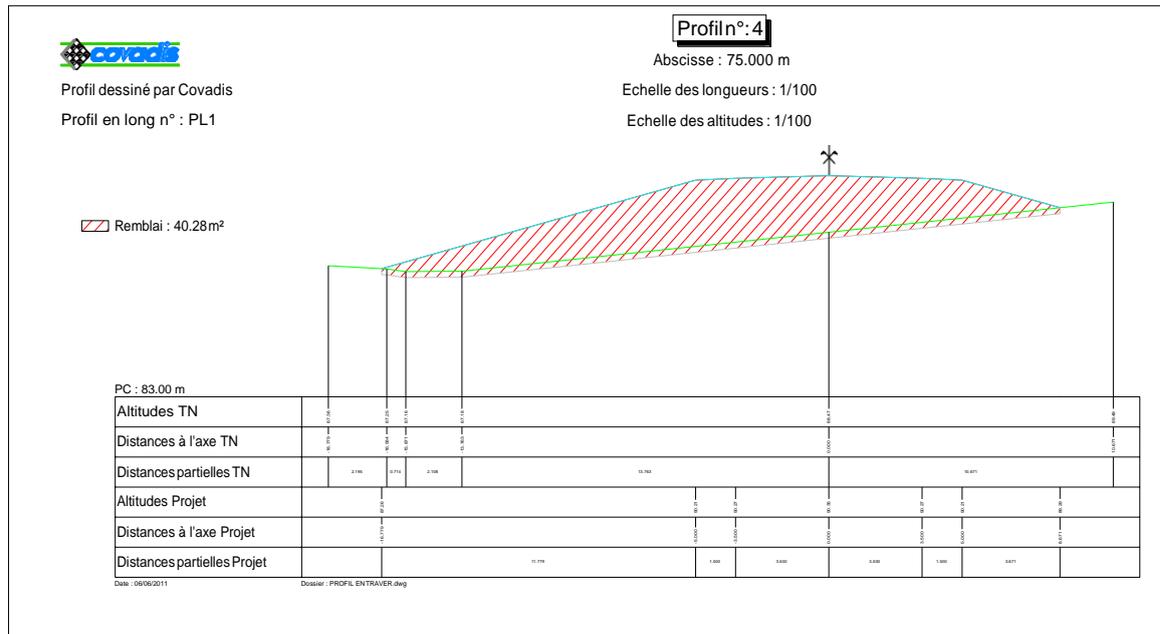


Fig (VI-4) : Profil en travers (cas d'un remblai)

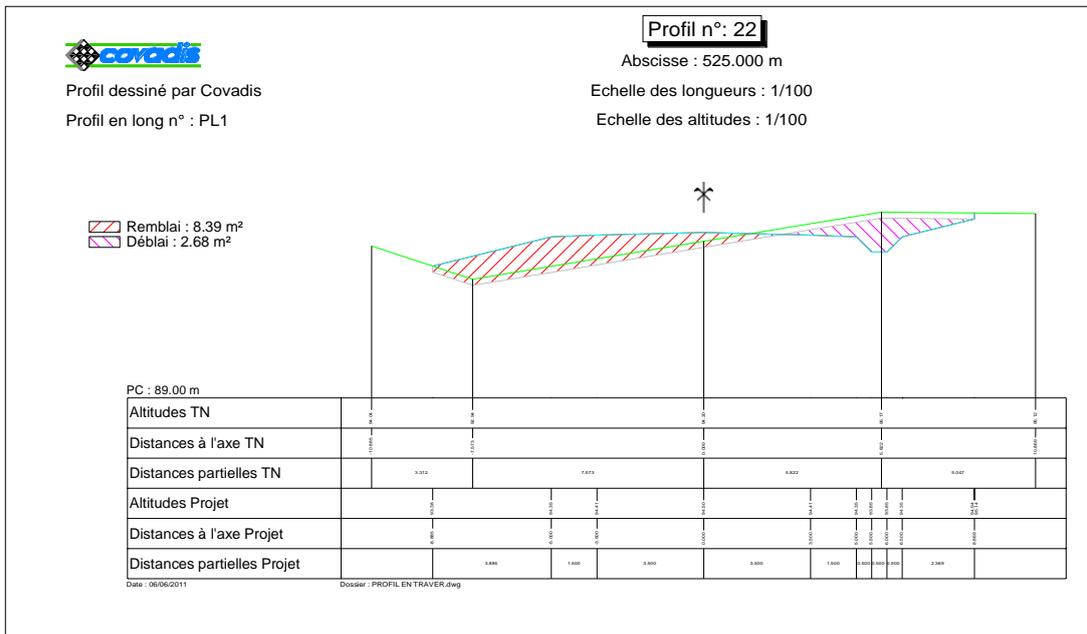


Fig (VI-5) : Profil en travers (cas mixte)

Chapitre VIII

Calcul des Cubatures

VII. CALCUL DES CUBATURES

VII.1- INTRODUCTION :

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

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

Cette modification s'effectue :

- ✓ Soit par apport de terre sur le sol terrain naturel, qui lui servira de support remblai.
- ✓ Soit par excavation des terres existantes au dessus du niveau de la ligne rouge : déblai.

Pour réaliser ces voies il reste à déterminer le volume de terre qui se trouve entre le tracé du projet et celui du terrain naturel.

Ce calcul s'appelle ((les cubatures des terrassements))

VII.2- DEFINITION :

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

Les éléments qui permettent cette évaluation 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'il représente.

VII.3- METHODE DE CALCULE DES CUBATURES :

Ayant dessiné le profil en travers du terrain au droit des sections transversales de la plate forme des voies, tous les 50 m et à chaque point de changement de déclivité de la ligne rouge ou du profil en long du terrain naturel.

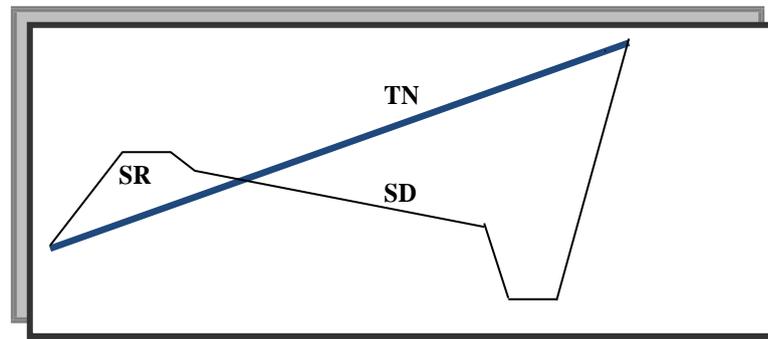


Fig (VII-1) : profil en travers du terrain naturel

Nous considérons (sur ce profil en travers du terrain naturel, le profil type lui correspondant (profil en travers type en remblai, en alignement droit ou en courbe).

Nous calculons les surfaces SD et SR de déblai et de remblai pour chaque profil en travers.

VII.3.1- FORMULE DE MR SARRAUS :

On calcule séparément les volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs en utilisant la formule des trois niveaux.

$$V = h/6(s_1 + s_2 + 4s_{\text{moy}})$$

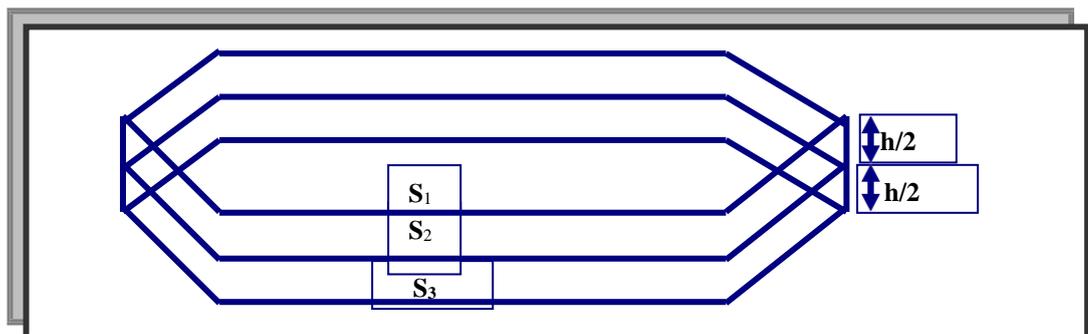


Fig (VII-2): Volumes des tronçons

P_f : profil fictif, surface nulle.

S_1 et S_2 : surface des deux profils en travers P_1 et P_2

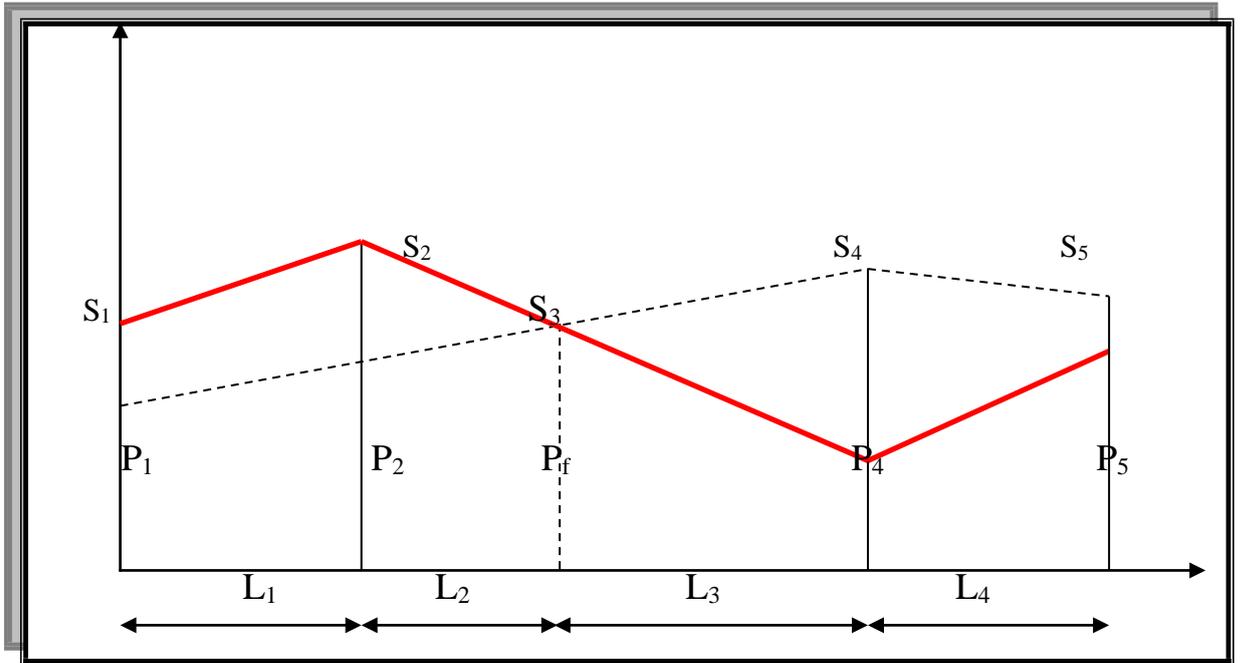


Fig (VII-3) : Profil en long

L_i : distance entre les profils.

S : Base intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance de P_1 et P_2).

Si on applique la formule de SARRAUS, le volume entre P_1 et P_2 de surface S_1 et S_2 sera :

$$V_1 = L_1 / 6(S_1 + S_2)$$

3^{eme} méthode :

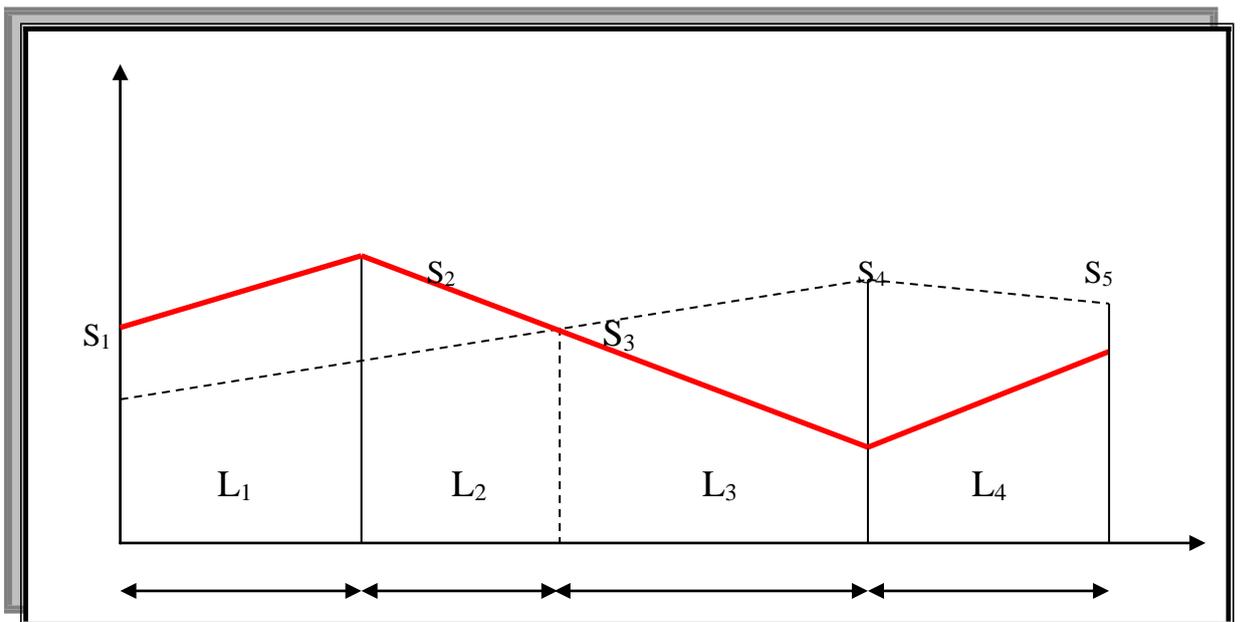


Fig (VII-4) : Profil en long

Calcule le L_{app} :

$$L_{appI} = \frac{L_i + L_{i+1}}{2}$$

$$L_{app1} = \frac{0 + L_1}{2}$$

$$V_I = S_I \times L_{appI}$$

P_F : profil fictif

S_1 et S_2 : surface de deux profils en travers P_1 et P_2

L_1 : distance entre deux profils

S_{moy} : base intermédiaire (surface a mi-distance entre S_1 et S_2)

Le volume compris entre P_1 et P_2 de surface S_1 et S_2 sera :

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

Avec : $S_{moy} = \frac{S_1 + S_2}{2}$ ce qui résume la formule à :

$$V_I = \frac{L_1}{2} (S_1 + S_2)$$

Volume total des terrassements S pour la figure de l'exemple précédent :

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} \times L_1 + \frac{S_2 + S_0}{2} \times L_2 + \frac{S_0 + S_3}{2} \times L_3 + \frac{S_3 + S_4}{2} \times L_4$$

$$V = \frac{l_1}{2} \times S_1 + \frac{(I_1 + I_2)}{2} \times S_2 + \frac{(I_3 + I_4)}{2} \times S_3 + \frac{(I_2 + I_3)}{2} \times S_0$$

$$V = \frac{l_1}{2} \times S_1 + \frac{(I_1 + I_2)}{2} \times S_2 + \frac{(I_2 + I_4)}{2} \times S_3 + I_4$$

$$V = \frac{l_1}{2} \times S_1 + \frac{(I_1 + I_2)}{2} \times S_2 + \frac{(I_3 + I_4)}{2} \times S_3 + \frac{I_4}{2} \times S_4$$

La longueur $\frac{l_i + l_i + I}{2}$ s'appelle la longueur d'application.

VII.4- MOUVEMENT DES TERRES :

Les mouvements de terre a pour objet :

- la composition de déblai -remblai sur le profil en long.
- Evacuation des déblais de terre (aux dépôts).
- Ramener des terres sur chantier lorsqu'il y a un manque (à partir d'emprunt).
- Rechercher la distance moyenne de transport la plus petite possible.
- Exclure les transports de sens contraire qui se croisent.
- Choix du matériel du transport de terrassement.
- Calculer le coût de terrassement.

VII.4.1- TRANSPORT DES TERRES :

a- Transports transversaux : dans les profils mixtes, on commence à utiliser au maximum des déblais à la construction des remblais .on utilise ces transports perpendiculaire suivant l'axe des profils en long. Ces distances sont généralement, courtes et n'interviennent pas dans la distance moyenne du transport.

b- Transport longitudinal : on ne fait les transports longitudinaux qu'après avoir fait les transport transversaux. Les transports longitudinaux sont en parallèlement a l'axe de la route. La recherche des transports longitudinaux les plus économiques est effectuée par une méthode graphique (épure de la l'Anne).

VII.4.2- EPURE DE LA L'ANNE :

Son but est de déterminer le détail de transport des terres, d'un profil a un autre, et d'un ou de plusieurs lieux a des profils. Dans le cas d'un excès de déblai (dépôt) et dans le cas d'un excès de remblai (emprunt).

VII.4.3- ETABLISSEMENT DE L'EPURE DE LA L'ANNE :

L'épure de la lanne est un moyen de représentation graphique des terrassements effectuées, et s'établie de la façon suivante :

Tout d'abord on représente les volumes par des lignes verticaux dont la longueur est proportionnelle au cube, on suppose que le volume des terrassements est à chaque profil, concentré au lieu même des profils en travers et non repartie sur toute la longueur d'application du profil.

On prend un linge horizontal appelé « ligne de terre », ou encore ligne horizontale initiale (HH'), sur laquelle on porte à l'échelle choisit l'emplacement des profils en travers. Perpendiculairement à cette ligne on porte les cubes des déblais et des remblais,

on choisit pour cela une échelle des cubes et l'on porte des déblais de bas en haut et les remblais de haut en bas, et surtout d'un profil a un autre et en comptant les déblais comme (+) et les remblais comme (-).

Résulta des Calculs Cubatures :

⇒ *Le tronçon de la route l'évitement (Nakhla – Douar El-Maa) et le CC 620 sur 70.164 Km*

- *Volume total des déblais :* **134166 m³**

- *Volume total des remblais* **41068 m³**

- *Volume total des déblais en excès :* **40770,4 m³**

❖ Remarque :

On remarque qu'un excès déblais de 40770,4 m³ est à ramener d'un lieu d'emprunt.

Chapitre VIII

Étude Géotechnique

VIII.ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

VIII.1- INTRODUCTION :

L'exécution de chaque projet routier doit être précédée par une reconnaissance des terrains traversés, a ce niveau se concrétise le rôle de l'étude géotechnique soit :

- Pour le dimensionnement du corps de chaussé et éventuellement les fondations des ouvrages d'arts prévues dans la phase d'étude.
- Pour prévoir les matériaux et les méthodes adéquates aux travaux de terrassement dans la phase d'exécution.

VIII.2- OBJECTIFS :

Les objectifs d'une étude géotechnique se résument en :

- ✓ le bénéfice apporté sur les travaux de terrassement.
- ✓ la sécurité en indiquant la stabilité des talus et des remblais.
- ✓ l'identification des sources d'emprunt des matériaux et la capacité des ses gisements.
- ✓ préserver l'environnement et les ressources naturelles.

VIII.3- RÉGLEMENTATION ALGÉRIENNE EN GÉOTECHNIQUE :

La géotechnique couvre un grand champ d'activité qui va de la reconnaissance des sols au calcul et à l'exécution des ouvrages en passant par les essais de sols en laboratoire ou en place.

Les normes algériennes adoptées dans le domaine de la géotechnique sont relatives aux modes opératoires et des essais de sols couramment réalisées en laboratoire dans le cadre des études géotechniques ; par exemple :

- Les essais en place (essais préssiométrique ; pénétromètre statique ou dynamiqueetc.)
- Les essais de laboratoire : essais d'identification et de classification.

VIII.4- LES MOYENS DE RECONNAISSANCE :

Les moyens de reconnaissance du sol pour l'étude d'un tracé routier sont essentiellement :

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

- Les essais de laboratoire.

VIII.5- LES DIFFÉRENTS ESSAIS EN LABORATOIRE :

Les essais faits en laboratoire sont :

- Analyse granulométrique.
- Équivalent de sable.
- Limites d'atterberg.
- Essai PROCTOR.
- Essai CBR.
- Essai Los Angles.
- Essai Micro Déval.

Le calcul de l'épaisseur des chaussées souples nécessitera des prélèvements destinés à des essais CBR en laboratoire.

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

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

VIII.6- LES ESSAIS D'INDENTIFICATION :

A. ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE :

C'est un essai qui a pour objet de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique et construite sur un graphique. Cette analyse se fait en générale par un tamisage.

B. ÉQUIVALENT DE SABLE :

Le but de l'essai de l'équivalent de sable est de déterminer la qualité d'impute (ou pour déterminer le pourcentage d'impute dans un échantillon) soit des éléments argileux ultra fine ou des limons.

C. LIMITES D'ATTERBERG :

Limite de plasticité (W) et limite de liquidité (W_L) ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol :

W_P sépare l'état solide de l'état plastique et W_L sépare l'état plastique de l'état liquide ; les sols qui représentent des limites d'Atterberg voisines, c'est-à-dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité.

$I_P = W_L - W_P$, est donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau.

D. ESSAI PROCTOR:

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

E. ESSAI C.B.R:

C'est un essai qui 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 modifier) avec 3 énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant 4 jours.

F. 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 « Los Angeles ».

G. 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.

VIII.7- CONDITION D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS :

Les remblais doivent être constitués de matériaux provenant de déblais ou d'emprunts éventuels.

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- Pierre de dimension > 80 mm
- Matériaux plastique $I_p > 20\%$ ou organique.
- Matériaux gélifs.
- On évite les sols à forte teneur en argile.

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

Les matériaux des remblais seront étalés 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 après vérification de son compactage.

VIII.8- LES ABAQUES :

Étude géotechnique de la liaison NAKHLA / DOUAR EL-MAA

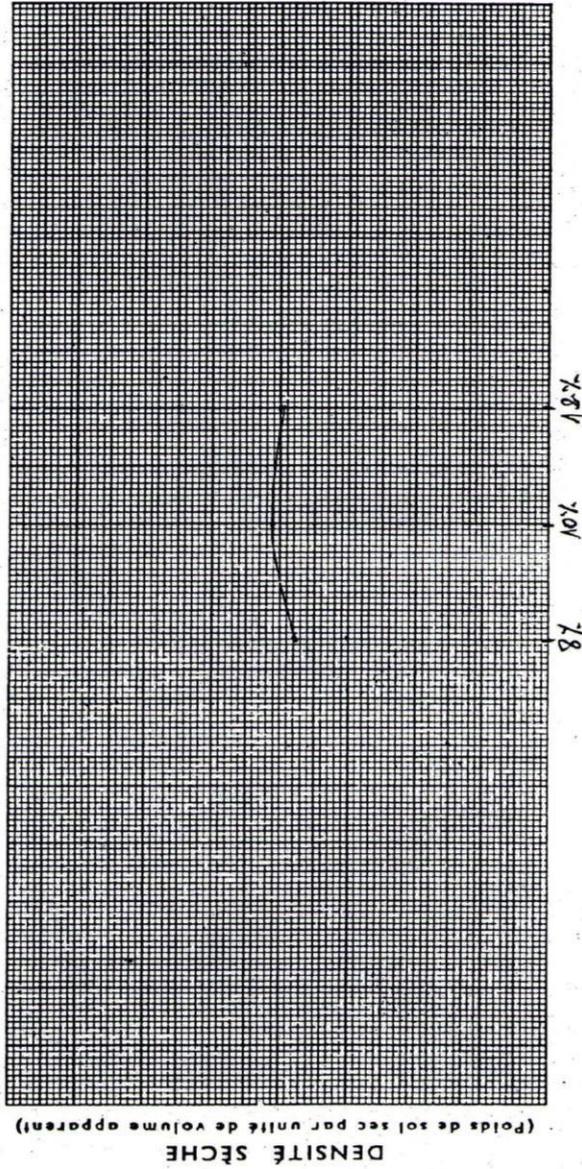
L.G.B.R
EL-OUED

DOSSIER : C.F. HACHANEY BREK
ECHANTILLON : E7

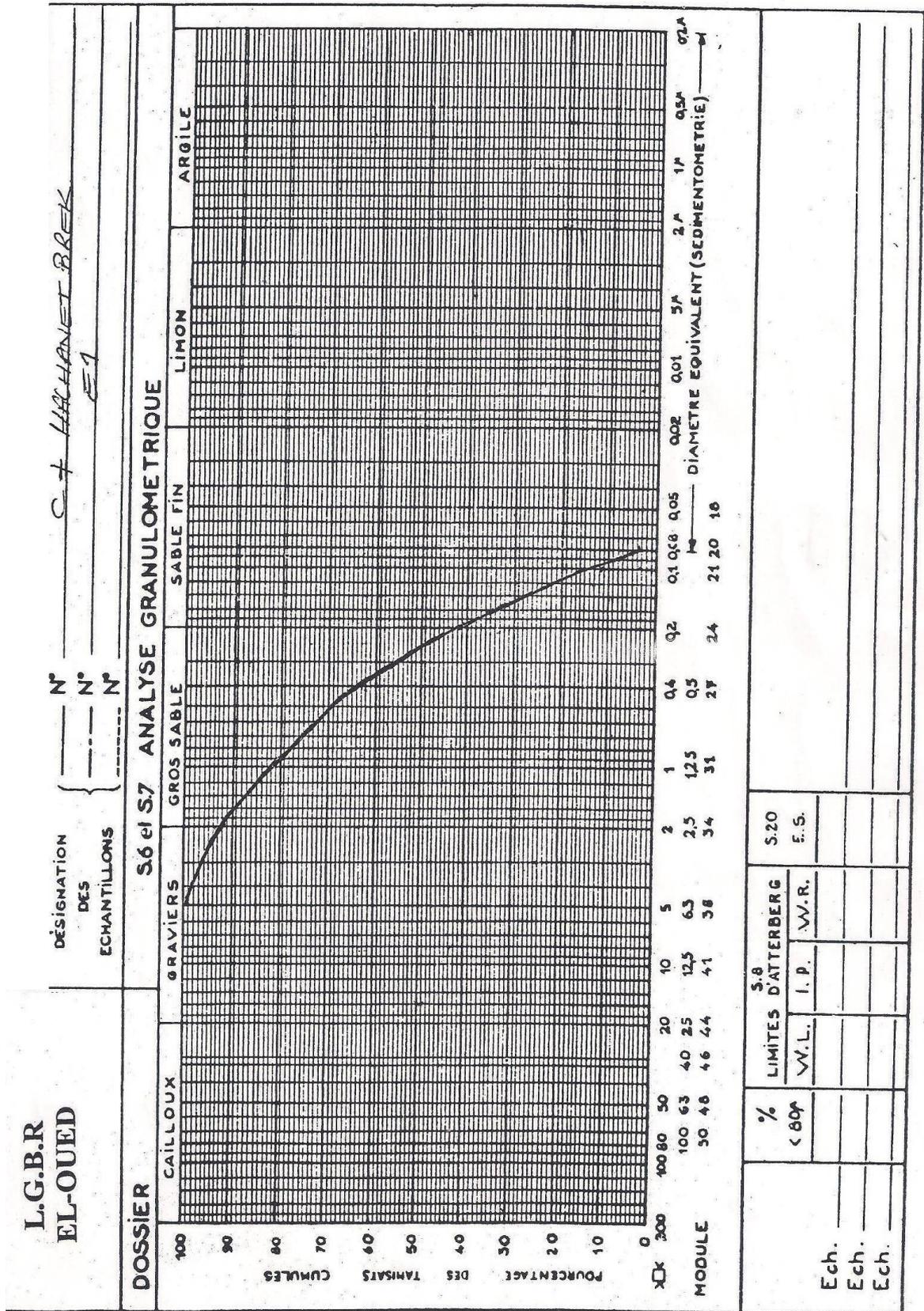
NORMAL : S. 1
MODIFIÉ : S. 2

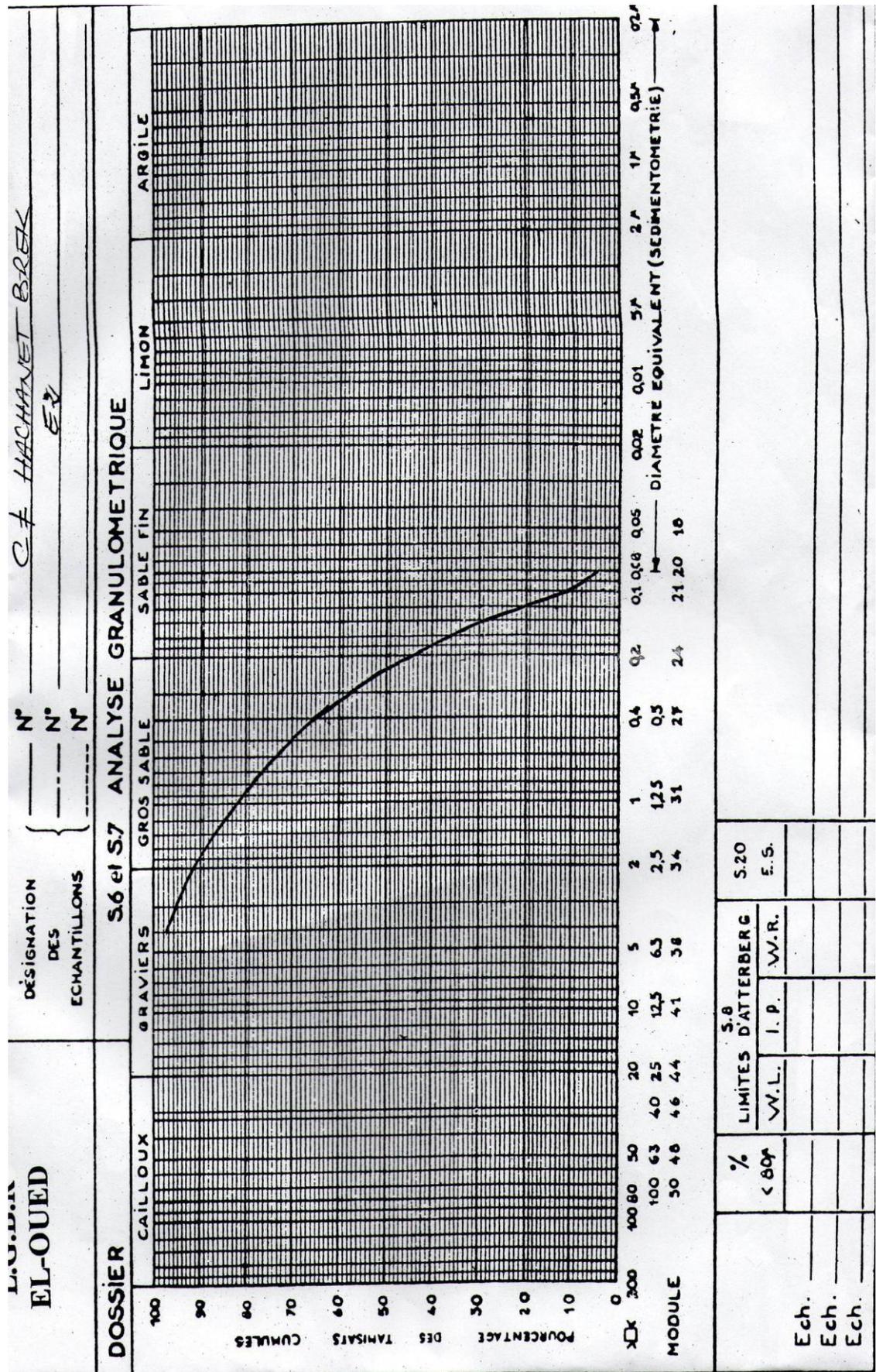
ESSAI PROCTOR

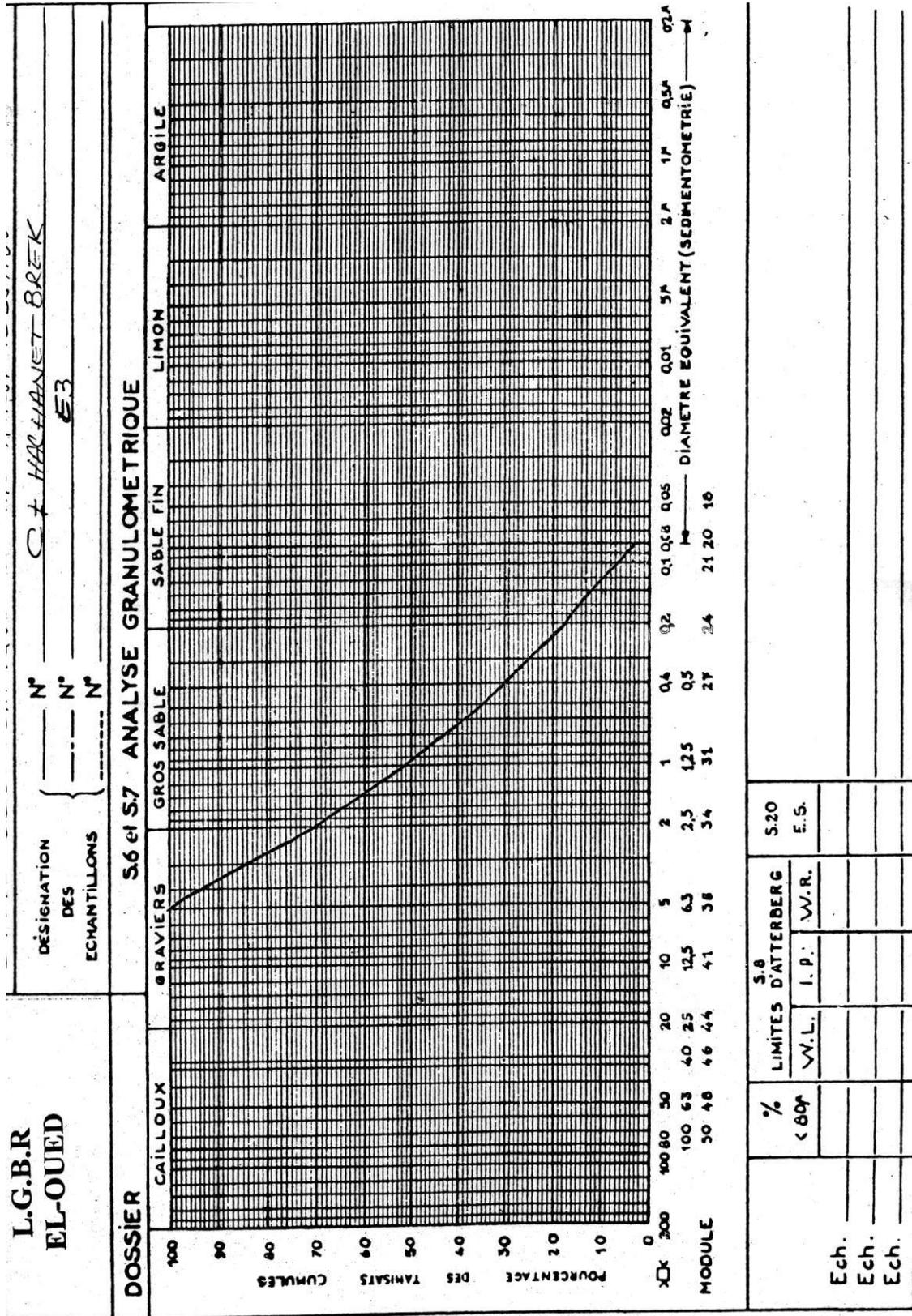
Teneur en eau optimum 10%
Densité sèche maximum 1.27 g/cm³



TENEUR EN EAU (Poids d'eau par unité de sol sec).







Chapitre IX

Dimensionnement du
corps de la chaussée

IX. DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE LA CHAUSSÉE

IX.1- INTRODUCTION :

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

On doit non seulement penser au trafic existant mais aussi au trafic futur, ce qui nous amène à définir le taux d'accroissement de la circulation et le type de véhicules empruntant cette route. Le dimensionnement d'une chaussée est conditionné par trois familles de paramètres, qui sont les suivantes :

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

IX.2- PRINCIPE DE LA CONSTITUTION DES CHAUSSÉES :

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

- De la charge des véhicules.
- Des chocs.
- Des intempéries.
- Des efforts tangentiels dus à l'accélération, au freinage et au dérapage.

IX.3- LA CHAUSSÉE :

Définition :

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

IX.4- LES DIFFÉRENTS TYPES DE CHAUSSÉE :

Il existe trois types de chaussée:

- ① Chaussée souple.

- ② Chaussée semi - rigide.
- ③ Chaussée rigide.

IX.4.1- CHAUSSÉE SOUPLE :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

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

La chaussée souple se compose généralement de trois couches différentes :

a. Couche de roulement (surface) :

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

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

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

L'épaisseur de la couche de roulement en général entre 6 et 8 cm

b. Couche de base :

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

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

c. Couche de fondation :

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

d. Couche de forme :

Elle est prévue pour reprendre à certains objectifs à court terme.

Sol rocheux : joue le rôle de nivellement afin d'aplanir la surface.

Sol peu portant (argileux à teneur en eau élevée) : Elle assure une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

Actuellement, on tient compte d'améliorer la portance du sol à long terme, par la couche de forme.

L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 30 et 70 cm

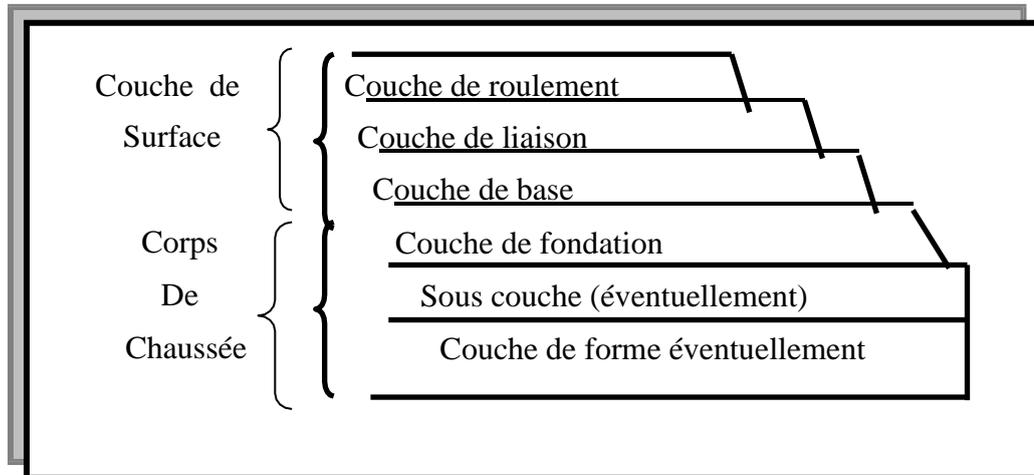


Fig (IX -1) : Coupe type d'une chaussée souple

IX.4.2- CHAUSSEE SEMI -RIGIDE :

On distingue :

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

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

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

IX.4.3- CHAUSSEE RIGIDE :

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

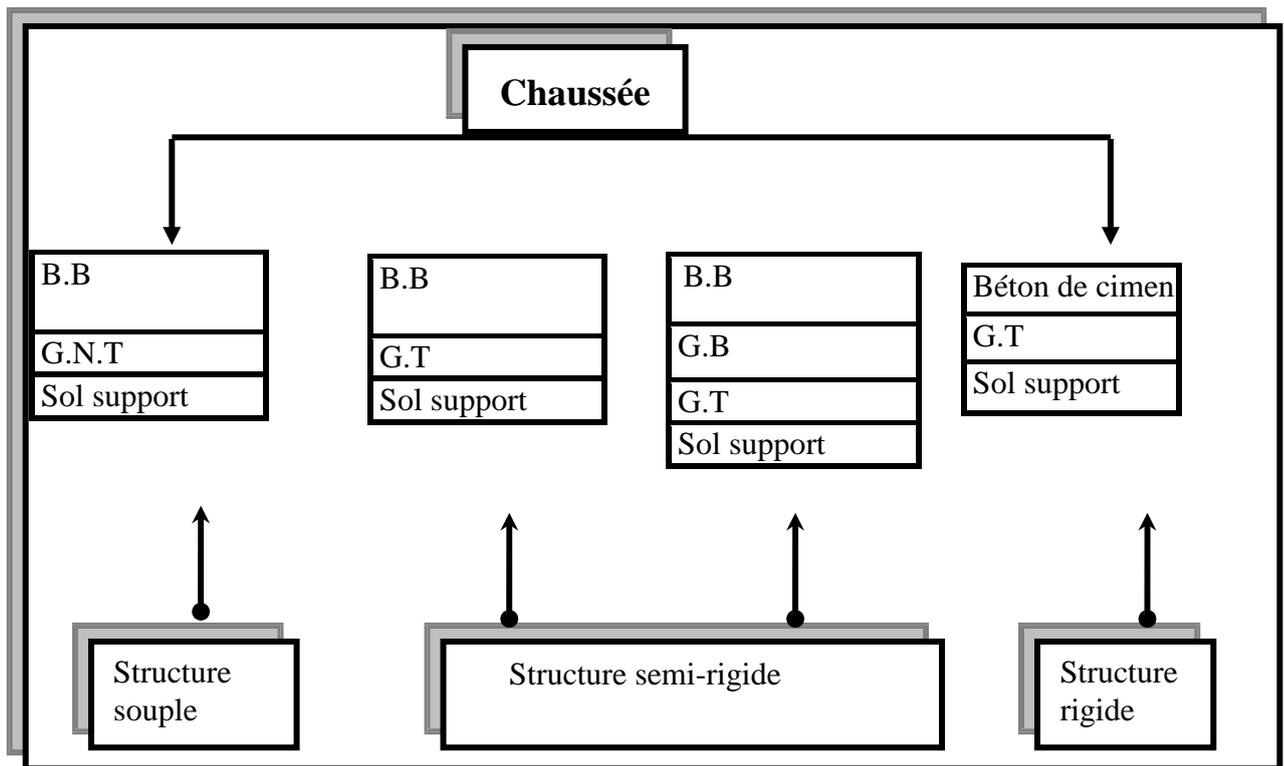


Fig (IX -2) : Différents types de chaussées

BB : béton bitumineux

GB : grave bitume

GT : grave traité

: grave non traité.

IX.5- LES FACTEURS QUI INFLUENT SUR LE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES :

- Trafic.
- Environnement.
- Sol support.
- Matériaux utilisés.

IX.6- LES PRINCIPALES MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT :

On distingue deux familles des méthodes :

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

IX.6.1- MÉTHODE DE L'INDICE CBR :

On prend un échantillon du sol naturel et on le soumet à des expériences mécaniques (essai de poinçonnement) en compactant les éprouvettes à la teneur en eau optimum, cette méthode ne tient pas compte du trafic.

Les abaques, donnant l'épaisseur E des chaussées en fonction de l'indice CBR, de la pression de gonflage des pneus et des nombres de répétition des charges, sont issus de la formule suivante :

$$E = \frac{100 + 150\sqrt{P}}{I + 5}$$

L'influence du trafic ne doit pas être négligée dans le dimensionnement du corps de chaussée, nous en tiendrons donc compte dans la formule améliorée par les anglais :

$$E = \frac{100 + \left[\sqrt{P} \right]_{75} + 50 \text{Log} \left(\frac{N}{10} \right)}{I + 5}$$

- I : indice portant CBR (sans unité).
- N : étant le nombre moyen journalier de camions de plus de 1.5 tonnes à vide.
- P : charge par voie = 6.5 tonnes (essieu de 13 tonnes).
- E : épaisseur totale en cm.

Épaisseur de la couche telle qu'elle vient d'être calculée correspond a un matériau défini ; grave propre bien gradué suivant la disponibilité des matériaux et les caractéristiques qu'il présente, nous pouvons convertir l'épaisseur calculée en divisant par les coefficients d'équivalence données dans le tableau suivant :

Tableau (IX -1) : les coefficients d'équivalence des matériaux utilisés

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concasse ou gravier	1.00
Tuf	0.7 à 0.8
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume	1.50 à 1.70

L'épaisseur totale à donner à la chaussée est

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

$a_1 \times e_1$: couche de roulement.

$a_2 \times e_2$: couche de base.

$a_3 \times e_3$: couche de fondation.

IX.6.2- MÉTHODE DU CATALOGUE DES STRUCTURES :

Cette méthode découle du règlement algérien B60-B61 et elle consiste à déterminer la classe du trafic des poids lourds à la 10^{ème} année et la classification du sol support. Une grille combinant les deux données oriente le projecteur sur le type de chaussée qui lui correspond.

➤ Détermination de la classe du trafic :

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

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumule sur 15ans
T₀	T < 3.5×10⁵
T ₁	3.5×10 ⁵ < T < 7.3×10 ⁵
T ₂	7.3 × 10 ⁵ < T < 2 × 10 ⁶
T ₃	2 × 10 ⁶ < T < 7.3 × 10 ⁶
T ₄	7.3 × 10 ⁶ < T < 4 × 10 ⁷
T ₅	T > 4 × 10 ⁷

Tableau (IX- 2) : Classe de trafic

On commence par la détermination du trafic de poids lourds cumulé sur 15 ans et classer dans l'une des classes définies précédemment.

Le trafic cumulé est donné par la formule :

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

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

n : durée de vie (n = 15 ans)

➤ **Détermination de la classe du sol :**

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

Tableau (IX -3) : Classe du sol

<i>Classe du sol</i>	<i>Indices C.B.R</i>
S ₀	>40
S ₁	25-40
S₂	10 – 25
S ₃	5 – 10
S ₄	< 5

➤ **Les zones climatiques :**

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

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	climat	Teq (°)	région
I	>600	Très humide	20	Nord
II	350-600	Humide	20	Nord, Hauts plateaux
III	100-350	Semi-aride	25	Hauts plateaux
IV	<100	aride	30	Sud

Tableau (IX - 4)

➤ **Définition de la température équivalente :**

Le calcul de dimensionnement est fait pour une température constante dite température équivalente (θ_{eq}) celle-ci est telle que la somme des dommages subis par la chaussée pendant une année pour une distribution de température donnée.

Les valeurs de température équivalentes sont données dans le tableau suivant :

	Zones climatiques		
Température équivalente (C°)	I et II	III	IV
	20	25	30

Tableau : les températures équivalentes

IX.6.3- MÉTHODE L.C.P.C :

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

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

- T_{eq} : trafic équivalent par essieu de 13 tonnes
- T_{MGA} : trafic à l'année de mise de service de la route
- A : coefficient qui dépend du nombre de voies
- τ : Taux d'accroissement annuel
- n : durée de vie de la route
- P : pourcentage de poids lourds

Une fois la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente (en fonction de T_{eq} et I_{CBR}) à partir de l'abaque T.C.P.C

IX.6.4- MÉTHODE A.A.S.H.O :

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

Chaque section reçoit l'application d'environ un million des charges roulantes qui permet de

préciser les différents facteurs :

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

IX.6.5- MÉTHODE DE L'INDICE DE GROUPE IG :

Cette méthode est basée essentiellement sur les caractéristiques granulométriques du sol, de ses limites d'Atterberg et de l'intensité du trafic poids lourds.

L'indice de groupe I_g est un coefficient compris entre 0 et 20 et caractérisent le sol (0 pour un excellent sol, 20 pour un mauvais sol).

$$I_g = 0,2 a + 0,005 a \times c + 0,01 b \times d$$

- **a** et **b** sont des coefficients fonction du pourcentage f de sol passant à 0.08mm

- f < 35	a = 0	- f < 15	b = 0
- 35 < f < 75	a = f - 35	- 15 < f < 55	b = f - 15
- f > 75	a = 40	- f > 55	b = 40

- **c** : est un coefficient fonction de la limite de liquidité W_L .
 - $W_L < 40$. c = 0
 - $40 < W_L < 60$. c = $W_L - 40$
 - $W_L > 60$. c = 20
- **d** : est un coefficient fonction de l'indice de plasticité I_P :
 - $I_P < 10$. d = 0
 - $10 < I_P < 30$. d = $I_P - 10$
 - $I_P > 30$. d = 20

IX.6.6- METHODE DU CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES NEUVES (CTTP) :

Cette méthode se base essentiellement sur quatre paramètres :

- le trafic

- la portance de sol support de la chaussée
- zone climatique
- les matériaux utilisés

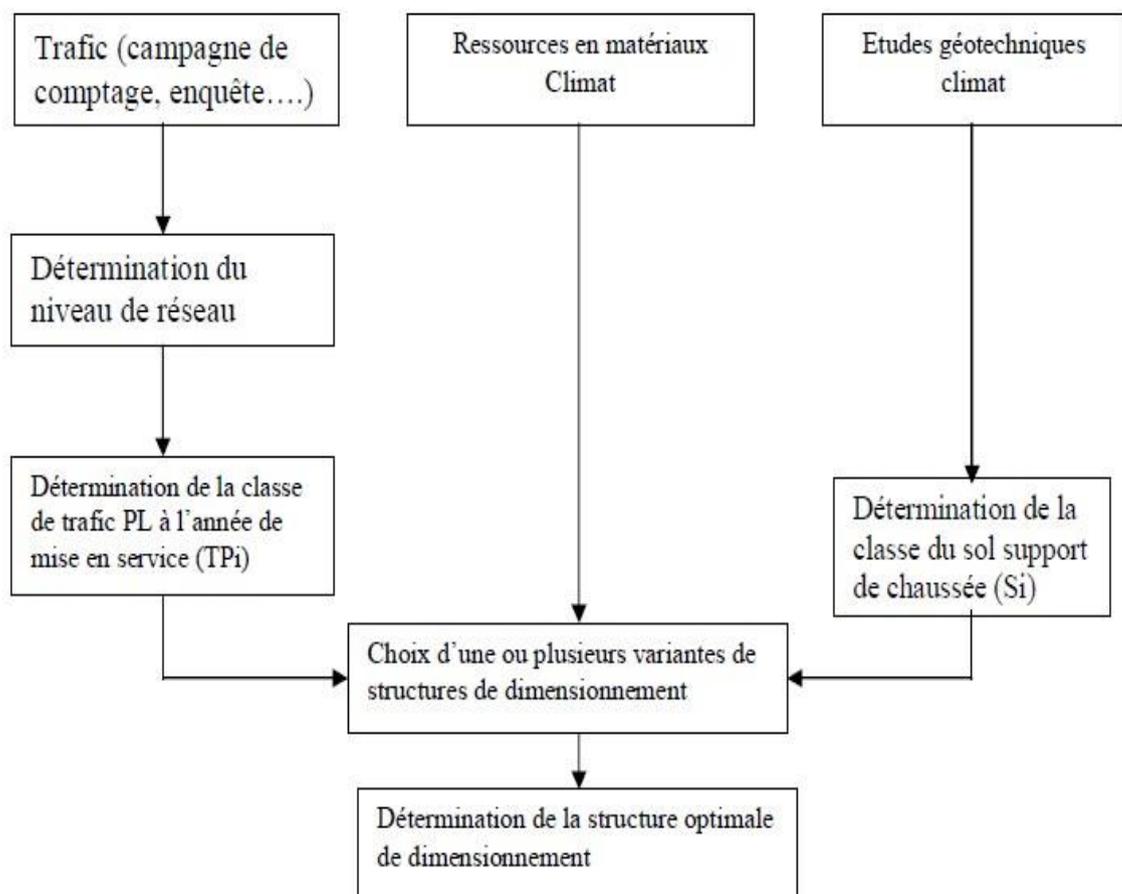
Les réseaux routiers se décomposé comme suit :

Les réseaux principaux notés R_p

Le réseau principal de niveau 1(RP1) $T > 1500V/J \implies$ RN. Autoroute. CW.

Le réseau principal de niveau 2(RP2) $T < 1500V/J \implies$ RN. CW le réseau secondaire (RS).

La démarche du catalogue :



IX.7- MATÉRIAUX CONSTITUANT DE NOTRE CHAUSSÉE :

IX.7.1- BETON BITUMINEUX (BB) :

a)-Définition :

Les bétons bitumineux sont des matériaux enrobés à chaud dont le squelette minéral est, en général, un grave concassé 0/10 ou 0/14 et, le liant, du bitume pur 40/50.

b)-Domaine d'utilisation :

Ce type de matériau est bien adapté aux couches de surface des chaussées à forts trafics en raison de ses bonnes caractéristiques mécaniques. Il est aussi bien utilisé pour les chaussées neuves qu'en renforcement.

c)- Constituants :

Granulats : La granularité du squelette minéral est de classe 0/10 ou 0/14 pour des épaisseurs moyennes de couche de roulement de respectivement, 6 et 8 cm.

Teneur en fines : La fraction sableuse (passant à 0.080 mm) doit être comprise entre 6 et 10 %.

Lorsque cette valeur est insuffisante pour une bonne composition du matériau, il est nécessaire d'adjoindre à la grave 0/D des fines d'apport. Celles-ci doivent avoir plus de 80 % d'éléments passant au tamis 0.080 mm et 100 % de passant à celui de 0.2 mm.

Bitume : Le bitume utilisé est, normalement, de classe 40/50. Dans certains cas (trafic modéré, route en altitude, etc.), il est possible d'utiliser un bitume moins dur tel que le 60/70 ou 80/100 si le risque d'orniérage n'est pas trop à craindre.

☞ Epaisseurs technologiques de mise en œuvre :

Les seuils technologiques après compactage, en une seule couche sont :

Epaisseur minimale = 6 cm.

Epaisseur maximale = 8 cm.

IX.7.2-GRAVE BITUME (GB) :

a)-Définition: Les graves bitume 0/20 sont des enrobés bitumineux à chaud (mélange à chaud de granulats séchés et de bitume pur).

b)-Domaine d'utilisation :

La technique des graves bitumes est destinée à la réalisation des assises de chaussée (couche de base et couche de fondation), Réseau RP1 : Classes de trafic TPL3 à TPL7.

c)- Constituants :

Granulats : Les classes granulaires utilisées pour la fabrication des graves bitumes 0/20 sont les suivantes coupures granulométriques : 0/3, 3/8, 8/14, 14/20, (Indice de concassage $I_c = 100\%$).

Bitume : Classe du bitume : 40/50 (pour le RP1).

☞ **Epaisseurs technologiques de mise en œuvre :**

Les seuils technologiques après compactage, en une seule couche sont :

Epaisseur minimale = 10 cm.

Epaisseur maximale = 15 cm.

IX.7.3- GRAVE NON TRAITEE (GNT) :**a)-Définition :**

Les GNT sont définies comme étant des graves 0/D, ne comportant pas de liant.

On distingue deux types de GNT suivant leur mode d'élaboration :

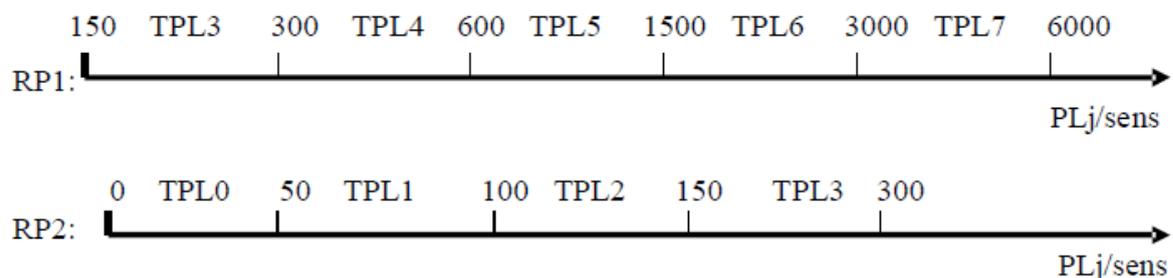
☒ Les GNT de type « A » sont obtenus en une seule fraction.

☒ Les GNT de type « B » sont des matériaux provenant du mélange d'au moins deux fractions granulométriques, malaxées et humidifiées en centrale.

b)-Domaine d'utilisation :

Couches d'assises de chaussées (couche de base et couche de fondation) pour le réseau RP2.

Couche de fondation pour le réseau RP1.



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

Classe portance du sol tassé (Si)	Matériaux de C.F	Epaisseur de C.F	Classe portance du sol support visée (Sj)
<S ₄	Matériau NT	50cm (en 2c)	S ₃
S ₄	Matériau NT	35cm	S ₃
S ₄	Matériau NT	60cm (en 2c)	S ₂
S ₃	Matériau NT	40cm (en 2c)	S ₂
S ₃	Matériau NT	70cm (en 2c)	S ₂

Tableau (IX - 5)

c)- Constituants :

Granulats : La granularité du GNT est de classe 0/20 et 0/31.5, Indice de concassage $I_c = 100\%$.

☞ Epaisseurs technologiques de mise en œuvre :

Les seuils technologiques après compactage, en une seule couche sont

Epaisseur minimale = 15 cm.

Epaisseur maximale = 25 cm.

IX.8- APPLICATION AU PROJET :

La méthode LCPC ne peut pas être utilisée dans notre cas, pour calculer les épaisseurs des corps de chaussées car elle n'est applicable que pour un trafic faible (nombre de poids lourds < 150 Pl /j).

Nous utilisons donc pour le calcul les trois méthodes explicitées plus haut et les comparer afin d'obtenir le corps de chaussée le plus adéquat.

On a: PL = 16 %, $\tau = 4\%$

CBR = 15

$TJMA_{2014} \text{ (par sens)} = 4482/2 = 2241 \text{ v/j (année de mise de service)}$

$N_{PL 2014} = 2241 \times 16\% = 359 \text{ PL/j}$

$N_{PL 2029} = 359 \times (1 + 0.04)^{15}$
 $= 647 \text{ PL/j/sens.}$

➤ **MÉTHODE DE C.B.R.:**

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

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

Log : logarithme décimal

N= 647 pl/j

ICBR = 15

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50\log_{10} \frac{647}{10})}{15 + 5} = 26.1cm$$

Lorsque le corps de chaussée est composé par des différents matériaux, on utilise le coefficient d'équivalence de chaque matériau :

$$e = \sum_{i=1}^n a_i . e_i$$

On a proposé les matériaux suivants de chaque couche:

- ⇒ Couche de roulement (béton bitumineux) a₁ = 2
- ⇒ Couche de base (Sable gypseux) a₂ = 0.75
- ⇒ Couche de fondation (Sable gypseux) a₃ = 0.75

Pour calcul des épaisseurs, on fixe deux dans les marges suivantes et on déduit la dernière :

$$e = 2 \times 5 + 0.75 \times 15 + 0.75 \times 25 = 40cm$$

Alors :

Couches	e _{réelles} (cm)	a _i	e _{eq} (cm)
BB	05	2	10
SG	15	0.75	11.25
SG	25	0.75	18.75
Total	45		40 cm

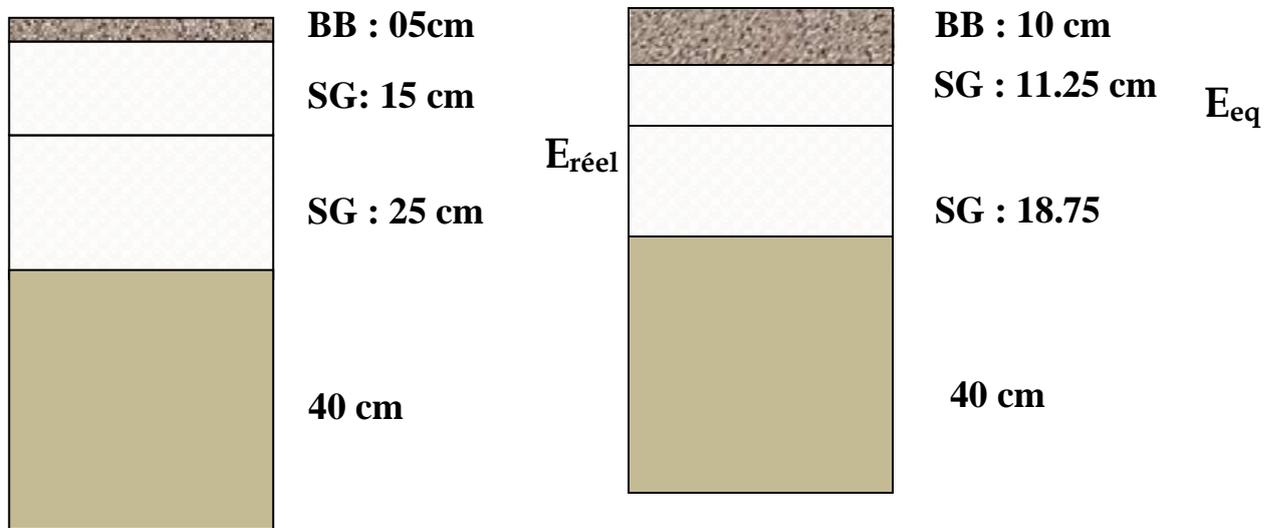
Tableau (IX - 6): Résultats des calculs (méthode de C.B.R)

C'est-à-dire : Épaisseur réelles est de **5 (BB) + 15(SG) +25 (SG)= 45cm**

IX.9- CHOIX DU CORPS DE CHAUSSÉE OPTIMUM :

Les trois méthodes de dimensionnement utilisée étant empiriques ce qui explique. Ces différences et ces distorsions en matière d'épaisseur. Aussi par souci de stabilité et de sauvegardé d'un niveau de service acceptable à long terme (pour toute la durée de service) nous optons pour le dimensionnement obtenu par la méthode de CBR, et cela pour des raisons d'exécutions et économiques, et aussi tout en sachant que cette méthode est la plus utilisée en Algérie.

Alors la structure est :



On adopte :

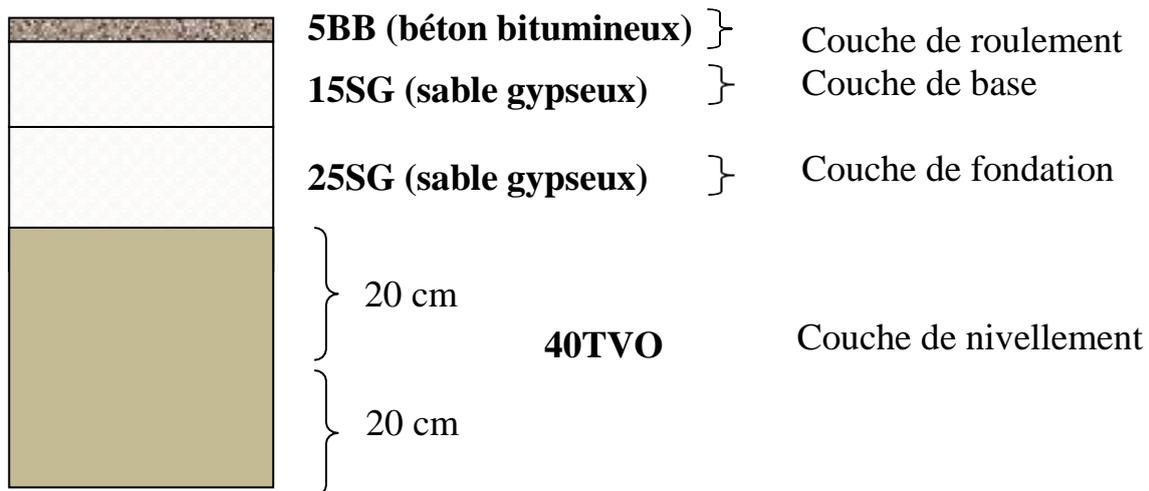


Schéma des différentes couches

Chapitre X

Aménagement du carrefour

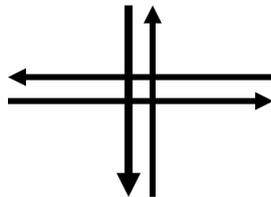
X. AMÉNAGEMENT DU CARREFOUR

X.1- DEFINITION :

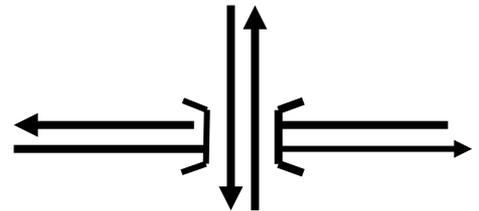
Une intersection est la rencontre au niveau de deux courants de circulations faisant entre eux un angle sensible.

Un carrefour est un croisement routier comportant des intersections. On distingue :

- Les carrefours à niveau ou carrefours plans.
- Les carrefours dénivelés ou carrefours à niveaux séparés dans lesquels certains courants sont dénivelés. Ce terme est réservé au cas de deux routes à statut ordinaire. Lorsque l'une des deux routes dénivelées est une voie rapide, le dispositif correspondant est appelé diffuseur.



Carrefour à niveau



Carrefour dénivelé

X.2-PRINCIPES GENERAUX D'AMENAGEMENT D'UNCARREFOUR:

L'aménagement des carrefours a pour but de permettre l'écoulement des débits de circulation dans des conditions normales de sécurité.

Les données essentielles à considérer en vue de l'aménagement d'un carrefour sont les suivantes :

- La fonction des itinéraires et la nature du trafic qui les emprunte.
- Les cisaillements doivent se produire sous un angle de 90 ± 20 afin d'obtenir de meilleures conditions de visibilité.
- L'intensité est la composition des différents courants de circulation.
- Les vitesses d'approche des véhicules affluents.
- Les informations concernant le nombre, le type, l'emplacement et les causes des accidents qui ont pu se produire au carrefour considéré.

- Les conditions topographiques et notamment l'incidence sur la visibilité en plan et en profil en long
- Les caractéristiques et les projets d'aménagement des sections adjacentes et des carrefours voisins.
 - o **La visibilité :**

Dans toute la zone d'approche du carrefour, on doit assurer d'excellentes conditions de visibilité entre véhicules et sur les îlots .Il importe, en outre, de tenir compte de l'augmentation des distances d'arrêt en pente.

En cas où la visibilité est insuffisante il faut prévoir :

- Une signalisation appropriée dont le but est soit d'imposer une réduction de vitesse soit de changer les régimes de priorité.
- Renforcer par des dispositions géométriques convenables (inflexion des tracés en plan, îlot séparateur ou débouché des voies non prioritaires.

- ***Triangle de visibilité :***

Un triangle de visibilité peut être associé à un conflit entre deux courants. Il a pour sommet :

- Le point de conflit
- Les points limites à partir desquels les conducteurs doivent apercevoir un véhicule.

- ***Priorité à droite :***

Lorsqu'il aperçoit un véhicule prioritaire susceptible d'arriver en même temps que lui au point de conflit, le conducteur du véhicule non prioritaire doit se trouver à une distance du carrefour au moins égale à la distance d'arrêt sur obstacle éventuel. Le conducteur prioritaire doit se trouver lui-même à une distance du carrefour au moins égale à la distance parcourue pendant le freinage éventuel du conducteur non prioritaire.

o **La vitesse :**

La géométrie du carrefour doit inciter les véhicules en provenance des voies affluentes à ralentir en fonction de la visibilité, en particulier pour les courants non prioritaires s'ils ont à respecter un signal d'arrêt.

o **La sécurité :**

Les cisaillements doivent se produire sous un angle voisin de 90° fournissant les meilleures conditions de visibilité et d'appréciation de vitesse. La convergence ou la divergence de deux courants doit se faire tangentiellement.

- **La sélectivité :**

Le tracé des couloirs et des îlots doit être réalisé de manière à pendre à l'aise les manœuvres permises et à rendre difficiles ou impossibles les manœuvres indésirables ou interdites. Les courants préférentiels de circulation doivent être nettement favorisés.

Les manœuvres de sortie doivent être favorisées autant que possible.

Les limites des îlots doivent être déterminées expérimentalement.

- **Signalisation :**

Il convient d'apporter une grande importance à la signalisation verticale et horizontale et, particulièrement, à celle des nez d'îlots séparateurs. Cette signalisation, qui doit être cohérente avec les hypothèses ayant servi de base à l'aménagement du carrefour, devra être particulièrement claire de manière à éviter toute hésitation perturbatrice. L'éclairage nocturne des nez d'îlots s'impose, généralement sur la route principale.

X.3- CLASSEMENT DES CARREFOURS :

Les carrefours peuvent être classés selon le nombre de leurs branches puis selon les volumes et la distribution de la circulation, l'espace et les moyens financiers à disposition.

X.3.1- CARREFOURS A 3 BRANCHES :

Les carrefours à trois branches peuvent être répartis en deux catégories:

- **Carrefour en T ou de type T :**

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

- **Carrefour en Y ou type (Y) :**

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

X.3.2- CARREFOURS A 4 BRANCHES :

- **Carrefour en croix :**

Carrefour plan à quatre branches deux à deux alignées (ou quasi)

X.3.3- CARREFOURS A PLUS DE QUATRE BRANCHES :

Les carrefours à plus de quatre branches doivent être, autant que possible, ramenés à des intersections à quatre branches au moins par:

- la réunion de branches avant le carrefour.
- la dissociation en deux carrefours,
- l'introduction de sens uniques.

Si l'espace est suffisant, le carrefour giratoire peut être envisagé.

X.4- CARREFOURS GIRATOIRE:

Les carrefours giratoires sont utiles aux intersections de deux ou plusieurs routes également chargées, lorsque le nombre de véhicules virant à gauche est important.

La circulation se fait à sens unique autour du terre-plein (circulation ou avale). Aucune intersection ne subsiste ; seuls des mouvements de convergence, de divergence et d'entrecroisement s'y accomplissent dans des conditions sûres et à vitesse relativement faible.

Les longueurs d'entrecroisement qui dépendent des volumes courants de circulation qui s'entrecroisent, déterminent le rayon du rond point.

Une courbe de petit rayon à l'entrée dans le giratoire freine les véhicules et permet la convergence sous un angle favorable (30 à 40°).

En revanche, la sortie doit être de plus grand rayon pour rendre le dégagement plus aisé.

X.4.1- LES ELEMENTS PROPRES AU CARREFOUR GIRATOIRE:

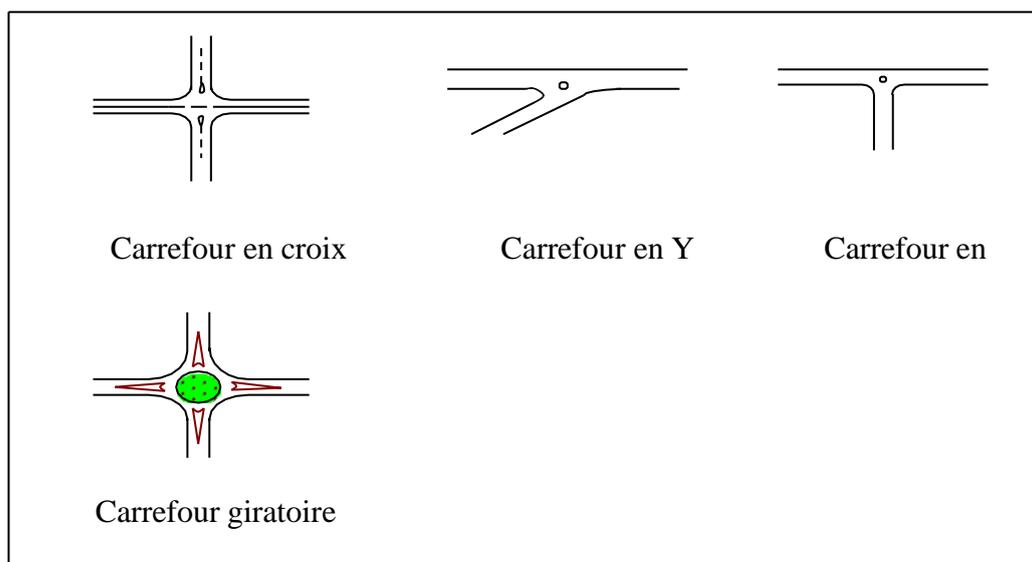
- **La chaussée annulaire:** partie circulaire où circulent les véhicules, dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, autour de l'îlot central.
- **L'îlot central :** aménagement circulaire, construit ou marqué selon la catégorie du carrefour, situé à l'intersection des voies et autour duquel circulent les véhicules.
- **La bande franchissable:** Espace aménagé sur le pourtour de l'îlot central, pouvant être utilisé par les véhicules lourds au moment de manœuvres de virage.
- **Les îlots séparateurs:** Espaces surélevés ou marqués séparant les voies d'entrée et de sortie d'une branche et pouvant servir de refuge aux piétons et aux usagers vulnérables durant leur traversée.
- **Les lignes de « Cédez le passage »:** lignes de marquage qui indiquent l'endroit où les véhicules entrants doivent céder le passage à tous les véhicules circulant sur la chaussée Annulaire.

Le dimensionnement optimal du carrefour giratoire est obtenu en ajustant l'ensemble des caractéristiques géométriques qui le composent. La détermination de la taille du carrefour est un processus interactif, et la modification d'une variable influe sur l'ensemble du concept.

Les dimensions du carrefour giratoire doivent être adaptées aux éléments de son environnement tels que le milieu, le débit de circulation, la classification de la route, l'emprise disponible, le nombre de branches et la topographie des lieux. L'expérience démontre que plus la taille d'un carrefour giratoire est modeste, plus le gain en sécurité augmente. Surdimensionné un carrefour giratoire accroît les risques pour tous les usagers, mais surtout pour les piétons et les cyclistes.

X.4.2-LES CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DU CARREFOUR GIRATOIRE :

- **Le rayon extérieur (Rg):** distance entre le centre du carrefour et la limite extérieure de la chaussée annulaire.
- **Le rayon intérieur (Ri):** C'est le rayon de l'îlot central incluant la bande franchissable.
- **La largeur de l'anneau :** C'est la largeur de la chaussée annulaire délimitée par les limites extérieures des rayons extérieur et intérieur.
- **Les rayons d'entrée (Re) et de sortie (Rs):** Ces sont des rayons intérieurs des voies d'entrée et de sortie.
- **La largeur des entrées (Le) et des sorties (Ls):** Ces sont des largeurs de voies d'entrée et de sortie mesurée entre la bordure du côté droit et la ligne de marquage du côté gauche, perpendiculairement à leur jonction avec l'anneau.
- **La largeur des approches :** C'est la largeur des voies de circulation en amont du carrefour avant tout changement à la géométrie.



Fig(X-1) : Les types du carrefour

X.5- CHOIX DU TYPE DE CARREFOUR :

L'ensemble du système d'échange doit être traité de façon cohérente sur l'itinéraire, tant pour la localisation et l'interdistance des points d'échange, que pour le choix des aménagements qui doivent être lisibles pour tous les usagers et conçus de façon à minimiser les risques de conflit (notamment les conflits de cisaillement).

On peut aussi réduire le nombre de points d'échange en rabattant certains courants de circulation sur des carrefours voisins mieux aménagés.

A l'intérieur de la gamme d'aménagements possibles pour le type de route considéré, le choix entre les différents types de carrefours repose sur une analyse multicritère.

Les principaux critères à prendre en compte sont :

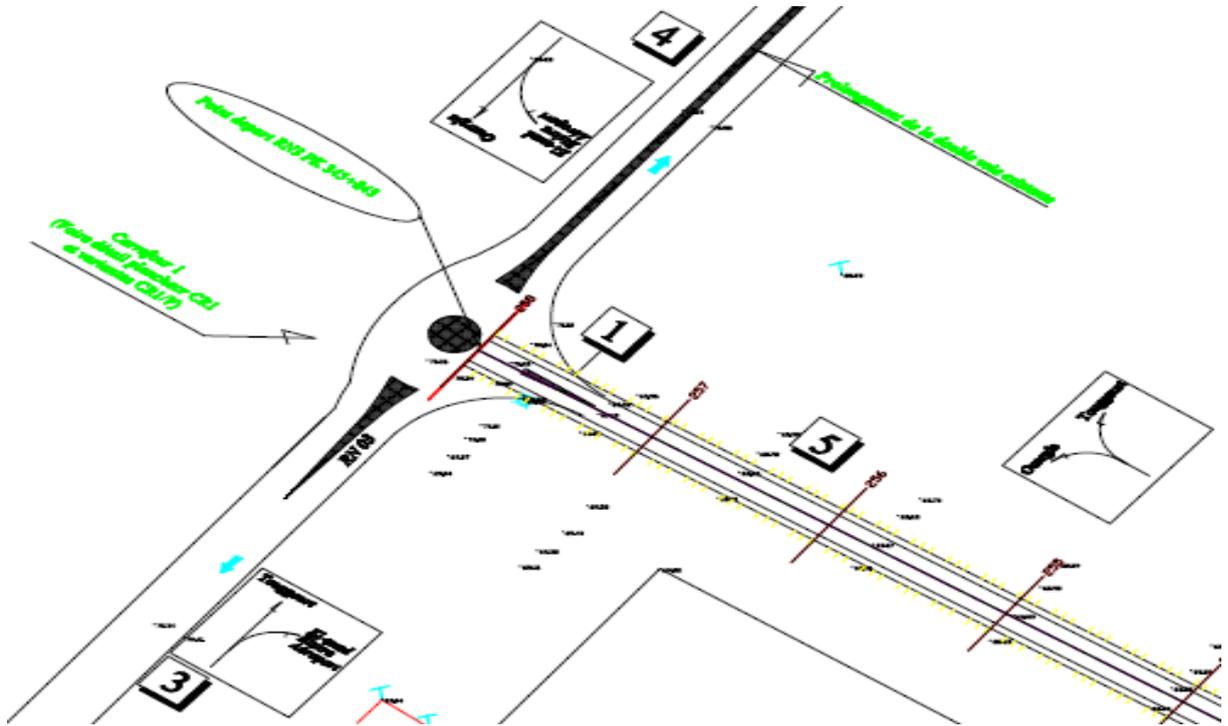
- La sécurité
- Les avantages pour les usagers (temps, principalement),
- Le bilan financier pour la puissance publique
- Le bilan coût- avantages monétarisées
- Le cas échéant l'environnement, la situation initiale exceptionnellement mauvaise, etc.
- La sécurité un critère prioritaire

❖ **Remarque :**

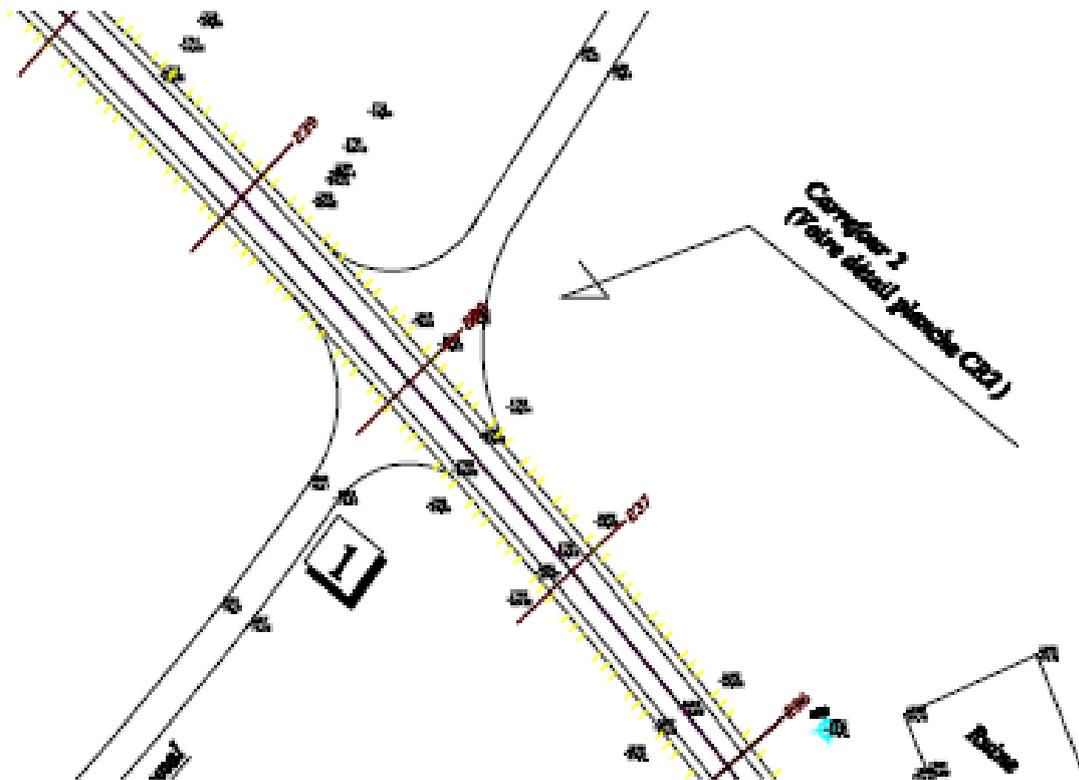
- ***Le premier carrefour:*** c'est un carrefour en T qui se trouve au niveau du croisement entre l'évitement et le CC Douar El-Maa (au Pk 00).

- ***Le deuxième carrefour:*** Le deuxième carrefour dans un notre projet sont des intersections simples n'est pas aménagé.

Fig(X-2): Le premier carrefour « carrefour en T »



Fig(X-3): Le deuxième carrefour « carrefour croix »



Chapitre XII

Signalisation

XI. SIGNALISATION

XI.1- INTRODUCTION :

La signalisation routière enquière une importance de plus en plus grande au fur et à mesure que la circulation se développe et que la vitesse des véhicules augmente.

Le but de la signalisation est de rendre plus sur et facile la circulation et d'assurer aux usagers la sécurité totale.

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

XI.2- L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIÈRE :

La signalisation routière a pour objet :

- De rendre plus sur la circulation routière.
- De faciliter cette circulation.
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

XI.3- CATÉGORIES DE SIGNALISATION :

On distingue :

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

XI.4- RÈGLES À RESPECTER POUR LA SIGNALISATION:

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

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

XI.5- TYPES DE SIGNALISATION :

On distingue deux types de signalisation :

XI.5.1- SIGNALISATION VERTICALE:

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'utilisateur à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme.

Elles peuvent être classées 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.

d) *Signaux de position des dangers:*

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

XI.5.2- SIGNALISATION HORIZONTALE:

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation.

Elle se divise en trois types :

a) *Marquage longitudinal:***• *Lignes continues :***

Les lignes continues sont annoncées à ceux des conducteurs auxquels il est interdit de les franchir par une ligne discontinue 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 les quelles 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.
- ligne d'avertissement de ligne continue, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, dont le largeur des traits est le triple de celle de leurs intervalles.

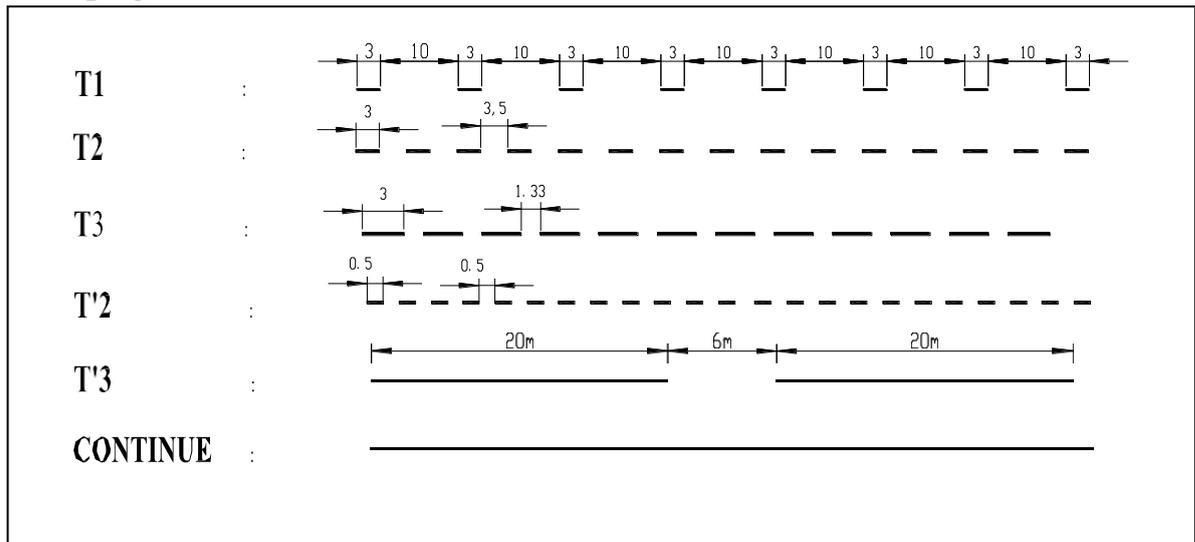
- **Modulation des lignes discontinues :**

Elles sont basées sur une longueur périodique 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	≈ 31
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	

Tableau (XI-1) : Caractéristiques des lignes discontinues

▪ **Marquage des chaussées :**



Fig(XI-1) :Types de modulation

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 $=18\text{cm}$).

Ligne continue : Qui est infranchissable et dont la largeur est de $l=18\text{cm}$ devant les îlots Directionnels.

b) Marquage transversal:

▪ **Lignes transversales continue :**

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

▪ **Lignes transversales discontinue :**

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

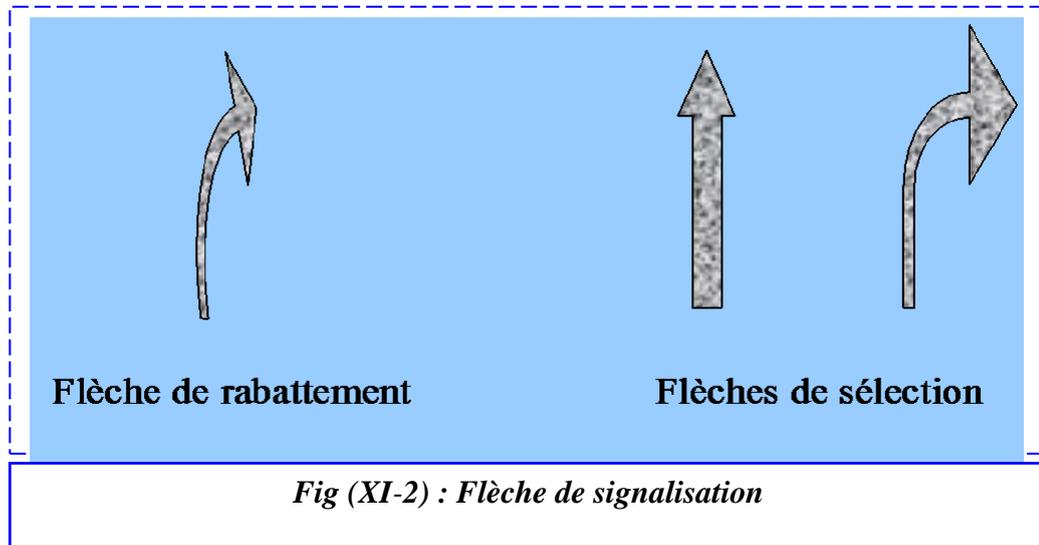
c) Autre marquage:

▪ **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 usages qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.



d) Caractéristiques générales des marques:

- Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussée définitive et l'orange pour les marques provisoires.
- La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route, à savoir.
 - U = 7.5 cm sur les autoroutes et voies rapides urbaines.
 - U = 6 cm sur les routes et voies urbaines « trafic > 3000 v/j ».
 - U = 5 cm pour les autres routes.

XI.6- CATÉGORIES DE PANNEAUX :

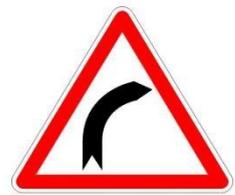
1. Panneaux de danger ; (type A) triangle équilatéral, pointe en haut.
2. Signaux de réglementation, se subdivisant en :
 - signaux de priorités (type B)
 - signaux d'intersection ou de restriction (type C)
 - signaux d'obligation (type D)
3. Signaux d'indication

XI.7- APPLICATION AU PROJET:

Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :

SIGNALISATION VERTICALE :

Virage à droit



A1a

Virage à gauche



A1b

Limitation de vitesse. Ce panneau notifie l'interdiction de dépasser la Vitesse indiquée



**Interdiction dépasser les véhicules à moteur autres que ceux à roues
Sans side-car.**



B3

Passage de chameau



❖ La signalisation routière horizontale :

La signalisation routière horizontale regroupe l'ensemble des marquages peints sur la route et qui indiquent aux usagers quel comportement adopter à ces endroits.

✓ Pour notre projet : U = 6 cm.



Ligne continue

Infranchissable, dépassement et changement de voie interdits. Il est également interdit de la traverser perpendiculairement



Ligne discontinue trait 3m, intervalle 10m

Dépassement et changement de voie autorisés.



Ligne de rive trait 3m, intervalle 3,50m

Sépare la chaussée de l'accotement, peut être franchie pour s'arrêter ou stationner. Dans les sens uniques, la ligne de rive à gauche est continue.

Chapitre XIII

Etude d'impact

XII.ÉTUDE D'IMPACT

XII.1- INTRODUCTION:

En pratique, la mise en compte de l'environnement dans la réalisation des projets routiers se traduit par l'élaboration de rapport d'étude relatif à l'analyse et l'évaluation des efforts positifs et négatifs sur l'environnement.

Il convient d'évaluer l'impact non seulement sur le sol d'Aujourd'hui mais également sur le paysage futur et les possibilités d'affectation ultérieure des terrains au voisinage du projet.

L'étude d'impact a pour objet d'analyse les dégradations et les eco-systèmes traversés par la route et de déterminer ces impacts afin de prendre les mesures à remédier contre les aspects négatifs sur l'homme, l'environnement, l'agriculture.

XII.2- PRINCIPAUX EFFETS D'UNE ROUTE SUR

L'ENVIRONNEMENT:

D'une manière globale et succincte, il est présenté ci-après les effets les plus fréquemment rencontrés lors de l'élaboration d'un projet de route. Les principaux impacts que peut engendrer la réalisation d'une infrastructure linéaire, en l'occurrence une route sur le milieu environnement peuvent affecter :

a)-Le milieu physique :

- *Le sol :*

- Risques de créer d'obstacle aux vents de sables, engendrant la formation de nouvelles dunes.
- Risques de déstabilisation des sols au niveau des carrières.

- *Réseau hydrographie :*

- Pollution et coupure des écoulements superficiels.
- Risques d'hydromorphie en zones inondables (coupure par remblais).

- *Pédologie :*

- Atteinte aux structures et texture des zones agricoles voisines.

b)- le milieu naturel

- *La faune :*

- Destruction des habitats (terreries, nids, etc.) de la faune.
- Coupures des voies de cheminement des animaux (reptiles et rongeurs).

- **La flore :**

- Défrichements.
- Destruction d'arbustes, végétation sur l'emprise.

c)- Le milieu humain

- **Utilisation des sols :**

- Risques de morcellement des parcelles et coupure des accès.
- Consommation de l'espace agricole.

- **Habitat et équipement :**

- Le projet est hors zone habitable, aucun risque n'est à déplorer à cet écart.

- **Tourisme et loisirs :**

- Accès facile à de zone protégée.
- Risques de nuisances sonores des zones traversées.
- Risques d'accident sur les piétons randonneurs.

XII.3- ANALYSE DU CAS DU PROJET EVITEMENT DE LA VILLE D'EL-OUED :

a)- Impact à court terme:

Cette phase comprend les effets pendant la réalisation :

- ✓ **Sol :**

Pendant les terrassements on notera une perturbation du relief, c'est à cause des déblais et remblais qui sont prévus le long du tracé et on peut enregistrer le phénomène d'érosion.

- ✓ **Le milieu hydrographique:**

La préparation du site, les terrassements peuvent provoquer:

- Des érosions.
- Des pollutions dues à l'entretien et au nettoyage des engins et on peut avoir des pollutions des nappes phréatiques.
- Des perturbations du niveau de l'eau souterraine pendant les terrassements.

La zone traversée par le couloir du tracé est de nature sableuse et d'un climat sec (zone semi aride) avec une pluviométrie faible, donc pas d'écoulement des eaux même aux moments des crues (l'eau est absorbée par le sable), et aucune trace d'Oued.

Et par conséquent le projet ne nécessite aucun ouvrage spécifique à l'écoulement des eaux.

Notons l'existence de plusieurs puits exploités par les nomades et leurs troupeaux, le niveau de la nappe phréatique se situe entre 10 à 12 m de profondeur.

✓ Terrassement :

La nature du sol du couloir traversé est composée par un sable moyen (sable dunaire), donc le sable extrait du déblai peut être mis en remblai.

✓ Activité quotidienne et milieu urbain:

Etant donné que le site est vierge de toute urbanisation, et vu le caractère morphologique et climatique de la zone, on notera que l'influence de la route sur l'environnement est presque nulle.

La consommation d'espace que causeraient les passages d'engins. Pour cela on devra aménager des pistes et des routes afin d'assurer le découlement normal des activités.

b)- Impact à long terme :

Seront engendrées à l'issue de la réalisation de ce projet divers impacts auxquels ont été proposées des solutions afin de supprimer les effets.

Sur le plan hydrographique, les impacts se résument en la suppression des cours d'eaux servant de drainage des palmeraies. Des passages busées de diamètre suffisant seront aménagés le long des drains traversés.

Sur le plan agricole, la réalisation de ce projet ne pose aucun problème étant donné que les zones traversées sont actuellement non exploitables.

XII.4- ETUDE ECONOMIQUE :

Pour l'utilisateur, le facteur économique est mesuré en terme de temps c'est-à-dire l'utilisateur considéré très important le temps qu'il gagne dans son trajet en empruntant ce projet par rapport à son ancien itinéraire.

En outre le projet peut être à l'origine de développement d'autres activités économiques ou agricoles dans la région.

L'utilisation de sable de dune en remblais anti-contaminant n'a aucun aspect négatif sur les zones d'emprunt.

Par contre les carrières de tuf devront être remises en état par remblaiement des crevasses créées par les matériaux stériles (sable de dune par exemple).

Tout projet routier, se caractérise par l'importance des ressources nécessaires à sa réalisation et son entretien.

L'étude économique consiste à évaluer des revenus de la collectivité représentée dans le secteur routier par l'état des usagers.

Tandis que l'état subit toutes les dépenses d'investissement et perçoit les variations de recettes fiscales relatives au transport, les usagers bénéficient de la réduction des coûts de transport ou d'exploitation des véhicules résultant du nouvel aménagement.

La justification économique d'un projet se base sur bilan actualisé de l'investissement et des avantages attendus.

Pour notre cas, on évalue la rentabilité de l'aménagement en comparant les gains de sécurité, perte de temps et coûts d'exploitation véhicule avec les coûts de construction.

Avec :

- C : cout de construction de l'aménagement.
- A : gain (sécurité, perte de temps, C.E.V).

Le rapport avantages coûts est le quotient des avantages nets après la mise en service et des coûts d'investissement initiaux.

Si : $A/C > 1$ le projet est rentable.

Si : $A/C < 1$ le projet est pas rentable.

XII.5- ETUDE DU COUT D'EXPLOITATION DE VEHICULE(C.E.V):

Toute utilisation d'un itinéraire routier, engendre pour l'utilisateur une dépense appelée C.E.V l'évaluation économique du projet routier est basée essentiellement sur le différentiel des C.E.V entre la situation initiale (sans aménagement) et celle avec aménagement.

Les C.E.V sont la somme des coûts variables (carburant, lubrifiant, pneumatiques et entretien) fonction du kilométrage annuel parcouru par le véhicule et des coûts fixes (amortissement, intérêt, équipage et frais généraux indépendant de ce kilométrage). Pour évaluer les C.E.V, il est nécessaire de définir les conditions dans lesquelles on se place :

- Choisir chaque catégorie de véhicule, un modèle type qui est généralement le plus répandu dans le parc actuel.
- Choisir les caractéristiques des routes sur lesquelles circulent ces véhicules avant l'aménagement.
 - **Caractéristiques des véhicules :**
 - Type de véhicule.
 - Nombre des pneus.
 - Vitesse moyenne.
 - Charge utile.

- Durée de vie.
- Puissance du moteur.

❖ **Remarque :**

Un calcul détaillé des C.E.V avant et après l'aménagement, nous indiquera la différence qui va déterminer les avantages engendrés par la réaction de l'aménagement.

Or effectuer ce genre de calcul est très délicat surtout dans notre cas (manque des données) pour cela, on ne va pas prendre les gains des C.E.V dans le calcul (bien que le après l'aménagement est surement inférieur à celui avant l'aménagement).

Les C.E.V en Algérie sont estimés à :

- 3DA/km pour les véhicules légers.
- 20DA/km pour les poids lourds.

XII.6- ETUDE TECHNIQUE :

Le but de cette étude est de présenter une solution technique et économique afin de projeter une route qui relie la commune de Nakhla à la commune de Douar El-Maa, tout en introduisant des rayons de courbures du tracé en plan conformément aux normes techniques routières.

Notons que la réalisation de cette route dans cette région influe directement sur le développement de l'économie des communes de Nakhla et Douar El-Maa, le désenclavement de zones d'élevage de dromadaires, la création de zones agricoles ainsi que le rapprochement des deux localités connues par leurs liens familiaux.

Cette route est stratégique et contribue au développement de la zone frontalière.

Notons qu'une route est projetée reliant la RN16 (Pk60) à la route reliant Nakhla à Douar El-Maa.

Chapitre XIII

Devis estimatif et quantitatif

XIII. DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF**AVANT-PROJET DETAILLE****REALISATION DE L'EVETEMENT NAKHLA A DOUAR EL- MAA****RELIANT LA RN 16 SUR 70.164 km**

DESIGNATION	UNITE (U)	PU (DA)	QUANTITE	MONTANT (DA)
<u>1-Travaux de préparation</u>				
1.1 Implantation et nivellement.	km	50 000,00	12799	639 950 000,00
1.2 Ouverture de l'emprise au Bull dozer.	km	100 000,00	12799	1 279 900 000,00
<u>2- Installation du chantier</u>				
	F	2 000 000,00	1	2 000 000,00
<u>3-Terrassements</u>				
3.1 Déblais mise en dépôt.	M ³	300,00	53468,36	16 040 508,00
3.2 Déblais mise en remblais	M ³	600,00	37350,84	22 410 504,00
<u>4-Chaussée</u>				
4.1 Couche de fondation en matériau choisis (Tuf) (Ep= 0,20 m)	M ³	700,00	42022	29 415 400,00
4.2 Couche de base en grave concassé 0/ 31,5 (Ep=0,15 m)	M ³	2100,00	25213.2	52 947 720,00
4.3 Couche d'imprégnation en cut back 0/1 dosé (1,2kg/m ²)	M ²	80,00	168088	13 447 040,00
4.4 Couche de roulement en Béton Bitumineux (Ep= 0,06 m)	T	5000,00	15046.944	75 234 720,00

TOTAL (H.T) : 2 131 345 892,00 DA

TOTAL (T.T.C) : 2 493 674 694,00 DA

Arrête le présent devis estimatif à la somme en T.T.C :

**Deux milliard quatre cent quatre vent thrèse millions six cent soixante-
quatorze milles six cent quatre vent quatorze dinars Algériens.**

Chapitre XIV

L'ensablement

XIV. L'ENSABLEMENT

XIV.1- INTRODUCTION :

L'ensablement est un aspect très important qui concerne non seulement le constructeur des routes et de voies ferrées ; mais aussi l'agronome, l'urbaniste, l'industriel, le météorologue et le géographe et exige plusieurs années de recherche et d'expérimentation pour le maîtriser du fait que la matière est toujours sujette aux caprices de la nature et recouvre à chaque fois ses droits et son équilibre.



Actuellement, il n'existe pas de technique approuvée ou de méthode basée sur une théorie physico-mathématique tendant à lutter efficacement contre le phénomène d'ensablement des voies de communication ou du moins à réduire ses effets à des coûts raisonnables. Par contre, il existe un certain nombre de recommandations et de règles issues particulièrement de l'expérience millénaire locale. En effet, la valorisation de ce patrimoine qui a permis à l'homme de vaincre ce phénomène cyclique et de détourner cette énergie éolienne fantastique pour ses activités agricoles et urbanistiques, nous avons permis une approche importante pour protéger les tracés linéaires.

En outre, le phénomène d'ensablement ne touche pas uniquement les régions situées dans les deux grands ergs algériens mais aussi d'autres régions de ce monde tel que « Roubaa El-Khali » dans la région du golfe arabe et la capitale mauritanienne, entres autres.

XIV.2- PHENOMENE DE L'ENSABLEMENT :

En Algérie ; l'envahissement des infrastructures routières par le sable concerne certaines routes sahariennes, notamment celles qui traversent les deux grands ergs (oriental, occidental).

L'eau étant en général « l'ennemi numéro un » des routes dans les régions du Nord du pays, mais dans notre contexte et avec une pluviométrie ne dépassant pas 60 mm par an, je dirai par analogie que le vent est l'ennemi numéro un « des routes du Sud ».

En effet le danger ne réside pas uniquement dans la présence du sable lui-même ; mais plutôt dans son mouvement effréné, provoqué par l'unique force motrice du vent.

L'effet le plus dévastateur se situe d'abord dans le déplacement de ces énormes mannes de petits grains siliceux sans aucune cohésion et dont le diamètre se situe entre 0.2 et 0.4 mm puis dans leurs accumulations par dépôts dans les zones où la vitesse s'affaiblit.

Le déplacement des sables éoliens a connu plusieurs études et expérimentations dans différents pays ; il est génialement admis qu'il se présente sous trois aspects différents.



XIV.2.1- EN SUSPENSION :

Des matériaux très fins tels que le gypse, l'argile ou le calcaire se mélangent au sable dans de faibles proportions, la suspension est spécifique aux grains extrêmement fins ($\square < 0.2\text{mm}$) soulevés par des mouvements ascendants et tourbillonnaires de l'air. L'effet principal est la diminution d'éléments fins dans les masses de sable ; ces poussières peuvent

être transportées sur des distances lointaines à l'échelle planétaire et enrichir la terre végétale d'autres régions agricoles, particulièrement en Europe.

XIV.2.2- PAR SAUTILLEMENT (SALTATION):

C'est le phénomène le plus fréquent et de surcroît majoritaire. Il est à l'origine du déplacement d'environ 80% du volume du sable éolien. Il concerne les grains de diamètre supérieure à 0.2 mm animés d'une vitesse supérieure à celle du mouvement tourbillonnaire et progressant par bond : « à la manière d'une balle élastique »

Selon la nature du sol, les grains en tombant rebondissent et/ou font rebondir d'autres grains ; ce mécanisme de progression par saut, une fois initiée se maintient de lui-même à partir d'une vitesse appelée « vitesse critique ».

XIV.2.3- PAR REPTATION OU RACLEMENT :

Ce troisième mode de déplacement est spécifique aux grosses dimensions de sable que le vent ne peut soulever. Elles roulent sur elles même et sont animées par les effets d'énergie de choc d'autres grains.

XIV.3- ETUDE EN MODELE REDUIT PHYSIQUE :

Approche théorique :

L'approche théorique a permis d'étudier les différents paramètres intervenant dans l'action du transport éolien. Les hypothèses qui ont servis pour la formulation mathématique du problème sont comme suit :

- ✓ Le vent étant considéré comme un écoulement d'un fluide incompressible, de vitesse, de directions et d'intensité variables exerçant une force dynamique qui agit.
- ✓ D'une part, sur l'obstacle que constitue le « DRAA » dont la forme, les dimensions et sa position par rapport à la route sont étudiées.
- ✓ D'autre part, sur les particules de sables mises en mouvement et transportées par le vent.

XIV.3.1- ORIGINE ET DEFINITION DE LA METHODE DES "DRAAS" :

La méthode traditionnelle des "Drâas" de lutte contre l'ensablement a déjà retenu l'attention de plusieurs constructeurs français des routes en Algérie. En 1959, elle a été décrite dans un article traitant du « problème » routier dans le Sahara oriental et publié dans la revue générale des routes ainsi que par deux ingénieurs des ponts et chaussées, chefs de la Division des Oasis « Salat » et « Drocourt » respectivement en 1963 et 1965. Des essais in situ auraient même été initiés par un jeune ingénieur algérien subdivisionnaire d'El-oued, A. Daheur, sur l'axe El-oued-Still (RN48). Mais il semblerait qu'il n'a pas pu aller jusqu'au bout de son initiative.



Cette technique spécifique à la région du Souf (El-oued) au Sud-Est Algérien fait la mise au point depuis les temps immémoriaux par l'ingéniosité et l'instinct de conservation du pays du phoeniculteur durant son très long et dure combat pour protéger sa palmeraie, donc sa propre existence, contre le danger quasi -permanant du sable qui tend à tout ensevelir sur son passage effréné.

Il fallait à tout prix dominer le vent et c'est ainsi qu'il préserva son « ghout ».

Le ghout est une dénivelée ou excavation artificielle nécessaire à la plantation des palmiers qui puiseront leur propre eau de la nappe phréatique. La protection de ce périmètre est réalisée par la disposition de palmes sèches (ZERB-ZROUB) tout autour sous forme ovale et circulaire surmontées sur les dunes ou jetées de sables charriées de l'intérieur de la palmeraie.

Les Drâas dénommés localement « Magtâa » sont construits sous forme d'écran à section triangulaire ou conique, à base de sable et à talus en pente naturelle et recouverts de matériaux protecteurs durs pour éviter leur transport par le vent.



XIV.3.2- CONCLUSION :

Pour la protection de notre route les Drâas sont disposés entre 10 et 20 m de la plate forme selon sa hauteur, en une ou encore mieux en deux rangées, au plus. Ils sont orientés de manière à dévier le vent pour éviter les dépôts de sable sur la chaussée et créés un obstacle au déplacement des dunes. L'accumulation du sable est pratiquement inexistante du côté sous -vent du Draa.

Conclusion générale

CONCLUSION GÉNÉRALE

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

Toutes les modifications ou améliorations d'une infrastructure de transport dans une région répond à certains objectifs tel que :

- Accroître l'efficacité économique du système de transport de la région en question.
- Amélioration de la sécurité et assurer la fluidité de la circulation.
- Contribuer à l'aménagement du territoire et développement économique

Pour notre étude nous avons essayé de respecter toutes les normes routières qu'on ne peut pas négliger en évitant les contraintes rencontrées sur le terrain et a pris en considération, le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement.

Ce projet de fin d'étude nous a permis aussi de mieux apprendre à utiliser les logiciels du domaine, On l'occurrence *Covadis, Auto CAD*.

Pour la protection de notre route les drâas sont disposés en deux rangées orientés de manière à dévier le vent pour éviter les dépôts de sable sur la chaussée et créés un obstacle au déplacement des dunes. L'accumulation du sable est pratiquement inexistante du coté sous – vent du Drâa.

BIBLIOGRAPHIE

- ☞ B40 Normes techniques d'aménagement des échangeurs.
- ☞ Cours de routes I 4^{eme} année (2009) de Mr.Dr NINOUH TAREK
- ☞ Cours de routes II 5^{eme} année (2010) de Mr.Dr NINOUH TAREK
- ☞ Carrefours dénivelés (SETRA).
- ☞ Aide memoire de fin d'étude école National des travaux publics promotion 2009
- ☞ Quelques documents DTP El-Oued.
- ☞ Memoire de fin d'étude de Génie Civil promotion 2009 (SERIANI ZOUHEIR – ABDELMALEK REDHA).

Sites Internet :

- ☞ www.laboratoire d'etude maritime LEM.dz
- ☞ www.setra.fr
- ☞ www.ing.dz