

République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



**Ecole Nationale Supérieure
des Travaux Publics**

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

Code :

Projet de Fin d'Études

Pour l'Obtention du Diplôme
D'Ingénieur d'Etat des Travaux Publics

Thème

Etude de modernisation et renforcement de la RN45
(M'sila) sur 11 Km
Pk46+000-Pk57+000

Proposé par :

Mr. OUGUISSI Abdelkader

Présenté par :

HAMADOU Fatima Zahra
BEN AISSA Amel Bouchra

Promotion 2011-2012

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics. Garidi. Kouba.

INTRODUCTION

INTRODUCTION GENERALE :

A la fin de notre formation à l'Ecole Nationale des Travaux Publics (E.N.S.T.P) qui a durée cinq années, l'élève ingénieur est chargé d'élaborer un projet technique de fin d'étude dans l'une des filières enseignés à l'école à savoir (infrastructures des transports, ouvrages d'art et constructions).

Au cours de ce travail, qui s'étend sur trois mois de stage pratique, l'élève ingénieur est appelé à appliquer les connaissances théoriques acquises et il se met face aux problèmes réels existants concernant l'étude des projets réels.

Dans le vaste domaine des travaux publics, celui des infrastructures routières, revêt une importance particulière dans notre pays.

Il s'agit donc pour l'élève ingénieur, à partir de ce stage, de rentrer en contact de quelques réalités du métier, afin d'apprendre cette profession et d'enrichir ces connaissances dans ce domaine.

Notre sujet a été proposé par le C.T.T.P (Contrôle Technique Des Travaux Publics) intitulé :

«LA MODERNISATION ET LE RENFORCEMENT SUR 11Km DE LA RN45 M'SILA du PK 46+000 au PK 57+000».

CHAPITRE I :

*PRESENTATION DU
PROJET*

PRESENTATION DU PROJET

La route objet d'étude est la nationale N°45 reliant le chef de lieu de la wilaya de m'sila avec la limite de wilaya de BBA sur un linéaire de 11 kms. La route nationale N°45 est un axe stratégique important qui relie les régions du sud-est Algérien. Le trafic important avec le taux élevé de poids lourds témoigne de l'importance de cet axe.

I.2- GEOMETRIE DE LA CHAUSSEE :

La route nationale N°45 dans son ensemble est située dans un relief relativement plat avec des sinuosités moyennes et des dénivelées faibles.

Le profil en travers de la chaussée se présente comme suit :

La largeur revêtue de la chaussée est en moyenne de **7.40 à 11.80 m** ;

La largeur cumulée moyenne des accotements est de **2.00 m**.

I.3- HISTORIQUE :

Selon les données assemblées au niveau de la **DTP**, Les derniers travaux réalisés ont consisté en la mise en œuvre d'une couche de roulement en béton bitumineux suivi d'un rechargement des accotements, durant l'année **2007**.



CHAPITRE II :

ETUDE DU TRAFIC

ETUDE DE TRAFIC

II.1.1-INTRODUCTION:

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

II.1.2-ANALYSE DE TRAFIC:

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

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

II.1.3- DIFFERENTS TYPES DE TRAFICS:

On distingue quatre types de trafic :

A) Trafic normal :

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

B) Trafic induit :

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

C) Trafic dévie :

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. La déviation du trafic n'est qu'un transfère entre les différents moyens pour atteindre la même destination.

D) Trafic total :

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

II.1.4- CAPACITE :

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

II.1.5-TRAFIC A HORIZON DONNE :

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

Tel que :

- ★ **TJMA_n** : trafic journalier moyen à l'année n.
- ★ **TJMA₀** : trafic journalier moyen à l'année 0.
- ★ **τ**: taux d'accroissement annuel.
- ★ **n** : nombre d'année à partir de l'année d'origine.

II.1.6- TRAFIC EFFECTIF :

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

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

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

Tel que :

- ★ **T_{eff}** : trafic effectif à l'horizon en (uvp/J).
- ★ **Z** : le pourcentage de poids lourds (%).
- ★ **P** : coefficient d'équivalence qui dépend des nombres de voies et de l'environnement.

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

Route	E1	E2	E3
2 voies	3	6	12
3voies	2.5	5	10
4voies et plus	2	4	8

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

II.1.7-EVALUATION DE LA DEMANDE :

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

$$Q=0.12T_{eff} \text{ (UVP/h)}$$

II.1.8- EVALUATION DE L'OFFRE:

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

$$Q_{adm}=k_1 k_2 c_{th}$$

Tel que :

- ★ **c_{th}** : la capacité théorique.
- ★ **K₁** : coefficient qui dépend de l'environnement.
- ★ **K₂** : coefficient tient compte de l'environnement et de la catégorie de la route.

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.90-0.95

Tableau II-1: valeur de «K₁» en fonction de l'environnement

Environnement	Catégorie de la route				
	1	2	3	4	5
E1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E2	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
E3	0,91	0,95	0,97	0,96	0,96

Tableau II-3: valeur de «K₂» en fonction de l'environnement et de la catégorie de la route

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

Tableau II-4: valeur de «C_{th}» du profil en travers en régime stable

II.1.9- NOMBRE DE VOIE :

Chaussée bidirectionnelle: On compare Q à Qadm on opte le profil auquel correspond la valeur de Qadm la plus proche à Q c.a.d :

$$Q \leq Q_{adm}$$

Chaussée unidirectionnelle: Le nombre de voies à retenir pour chaque chaussée est le nombre entier le plus proche du rapport :

$$N = S.Q/Q_{adm}$$

- ★ **Q** : débit admissible par voies.
- ★ **S** : coefficient de dissymétrie, en générale S=2/3.

II.2- ETUDE DE TRAFIC PAR LA METHODE DU GUIDE DES RENFORCEMENTS:II.2.1- TRAFIC POIDS LOURDS A L'ANNEE DE MISE EN SERVICE :

$$T_{ms} = (1 + i)^n \times TPL \quad \text{avec} \quad TPL = \frac{TJMA}{2} \times \%PL$$

n est le nombre d'années s'écoulant entre l'année de comptage et celle de mise en service.

II.2.2-TRAFIC CUMULE PREVISIONNEL:

$$T_{cp} = 365 \times T_{ms} \times C \times \frac{(1 + i)^N - 1}{i}$$

II.2.3-TRAFIC CUMULE ECOULE:

C'est le nombre cumulé de poids lourds de charge utile supérieure à 5 tonnes supportée par l'ancienne chaussée.

$$T_{ce} = 365 \times T_{mse} \times C \times \frac{(1 + i)^{n'} - 1}{i}$$

n' : est l'âge (en années) de la chaussée depuis la construction ou le dernier renforcement qu'a subi jusqu'à l'année de mise en service après le renforcement.

Tmse : trafic à l'année de mise en service après la construction de la chaussée ou après le dernier renforcement dont elle a fait l'objet.

$$T_{mse} = \frac{TJMA \times \%PL}{2(1 + i)^{n'}}$$

Avec : TJMA : trafic journalier moyen annuel à l'année de mise en service.

II.2.4-TRAFIC GLOBAL:

C'est le trafic cumulé écoulé rajouté au trafic cumulé prévisionnel pour la durée de vie escomptée (10 ans), qui est utilisé pour déterminer les seuils de déflexions admissibles.

$$TG = T_{cp} + T_{ce}$$

II.3-APPLICATION DE PROJET :

Les données du trafic :

Sur la base des résultats du comptage du trafic réalisé en 2011 par le CTTP, Le tronçon de la RN45 concerné par l'étude draine un réseau de véhicule avec un trafic moyen journalier (TJMA) de l'ordre de 4600 véh/jour avec un pourcentage de poids lourd qui est de l'ordre de 25 %.

Ce trafic a été évalué par catégorie de véhicule selon leurs caractéristiques. On distingue six (06) catégories définies comme suit :

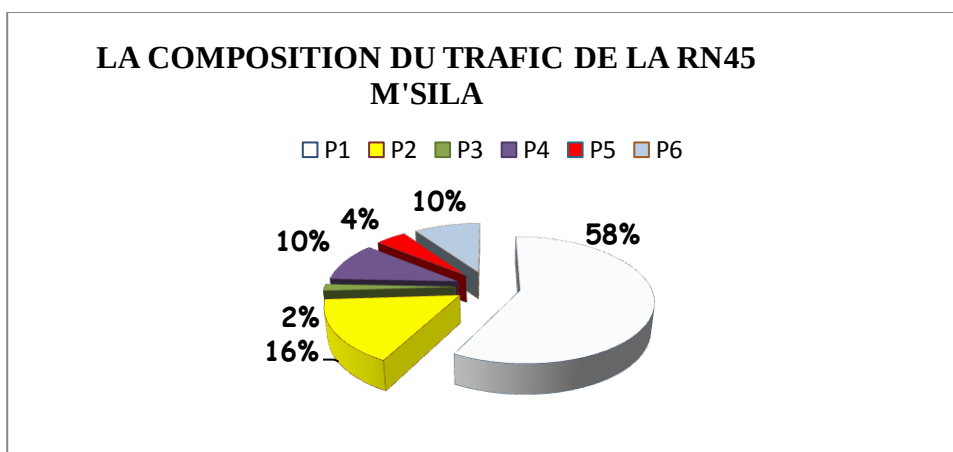
- ★ **P1** : Véhicules particuliers ;
- ★ **P2** : Véhicules utilitaires (camionnettes) ;
- ★ **P3** : Cars et Bus;
- ★ **P4** : Camions à deux essieux ;
- ★ **P5** : Camions à trois essieux ;
- ★ **P6** : Ensembles articulés.

La répartition du trafic est représentée comme suit :

LOCALISATION PK-PK	TJMA (véh/j)	REPARTITION EN POURCENTAGE PAR CATEGORIE DE VEHICULE						% Poids Lourds
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	
46+000- 57+000	4600	57.68	16.30	1.68	10.16	4.51	9.66	25

Hypothèse de calcul :

-Année des derniers travaux	2007
-Année de comptage	2011
-Année de mise en service	2013
-Durée de vie	n=10ans
-Coefficient d'accroissement annuel	i=5%
-Coefficient de charge	c=0.70
-Environnement	E ₁
-catégorie de la route	C ₁



3.1.1- Calcul de TJMA a l'année de mise en service:

$$TJMA_{2013} = (1+\tau)^2 \times TJMA_{2011}$$

$$TJMA_{2013} = (1+0.05)^2 \times 4600$$

$$TJMA_{2013} = 5072 \text{ v/j}$$

3.1.2- Calcul de TJMA horizon :

$$TJMA_{2023} = (1+\tau)^{10} \times TJMA_{2013}$$

$$TJMA_{2023} = (1+0.05)^{10} \times 5072$$

$$TJMA_{2023} = 8262 \text{ v/j}$$

3.1.3- Calcul de trafic effectif:

$$T_{eff} = [(1-Z) + PZ] \times TJMA_{2023}$$

$$T_{eff} = [(1-0.25) + 3 \times 0.25] \times 8262$$

$$T_{eff} = 12393 \text{ uvp/j}$$

3.1.4- Débit de la pointe horaire normale:

Le débit de pointe normale est une fraction du trafic effectif à l'horizon h

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

Avec :

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

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

$$Q = 0.12 \times 12392$$

$$Q = 1487 \text{ uvp/j}$$

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

$$Q \leq Q_{adm}$$

$$Q \leq K1 \times K2 \times C_{th}$$

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

$$C_{th} \geq 1487 / (0.75 \times 1)$$

$$C_{th} \geq 1983 \text{ uvp/j}$$

3.1.5-Calcul du débit admissible:

Il est déterminé par application de formule suivante :

$$Q_{adm} = K1 \times K2 \times C_{théo}$$

Catégorie C1, Environnement E1 → K1= 0.75 et K2 = 1

En trouve :

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

Donc :

$$Q_{adm} = 0.75 \times 1 \times 1500$$

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

3.1.6-Détermination de nombre de voies:

$$Q = 1487 \text{ uvp/j/sens}$$

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

$$N = (2/3) \times (1487/1500) = 0.66$$

Donc : n=1 voies par sens

Les calculs sont représentés dans le tableau suivant :

/	TJMA ₂₀₁₁ (véh/j)	TJMA ₂₀₁₃ (véh/j)	TJMA ₂₀₂₃ (véh/j)	Teff (uvp/j)	Q (uvp/j)	N
pénétrante	4600	5072	8262	12392	1487	1

COMMENTAIRES :

A la lecture des résultats obtenus, on remarque que la section objet d'étude ne nécessite pas un ajout de voies supplémentaires, à cet effet le profil en travers sera toujours une chaussée bidirectionnelle à deux voies de circulation de 3.8 m chacune avec accotement de 2 m

3.2.1- Calcul du trafic cumule prévisionnel:

$$T_{cp} = 365 \times T_{ms} \times 0.7 \times \frac{(1 + 0.05)^{10} - 1}{0.05}$$

Avec : $T_{ms} = (1 + 0.05)^2 \times (5072 \times 0.25) / 2 = 698.985$

Donc : $T_{cp} = 2.246 \times 10^6$.

3.2.2-Calcul du trafic cumule écoulé :

$$T_{ce} = 365 \times T_{mse} \times 0.7 \times \frac{(1 + 0.05)^6 - 1}{0.05}$$

Avec : $T_{mse} = \frac{5072 \times 0.25}{2(1+0.05)^6} = 473.100$

Donc : $T_{ce} = 8.222 \times 10^5$.

3.2.3- Calcul du trafic global:

$$TG = (0.822 + 2.24) \times 10^6 = 3.068 \times 10^6.$$

TJMA véh/j	% PL	Trafic cumulé en poids lourds		
		Écoulé	Prévisionnel	Global
4600	25	8.22E+05	2.24E+06	3.068E+06

CHAPITRE III :

*AUSCULTATION ET
DIAGNOSTIC*

AUSCULTATION ET DIAGNOSTIQUE

III.1.INTRODUCTIO :

Auscouter une chaussée revient à évaluer son état structurel et fonctionnel et à établir son diagnostic afin d'y apporter des remèdes nécessaires pour son maintien dans un niveau de service appréciable donc apporter des solutions appropriées au choix de la technique à mettre en œuvre et ce à travers des paramètres d'état bien définis.

La campagne d'auscultation de la chaussée a portée sur :

- ★ Les mesures de déflexion pour connaître l'état de la structure ou la portance,
- ★ Un relevé visuel détaillé pour connaître l'état de surface de la chaussée et les types de dégradations ;
- ★ Les mesures D'UNI pour connaître l'état de planéité de la chaussée ;
- ★ Des investigations géotechniques pour connaître les caractéristiques intrinsèques des matériaux du corps de chaussée et la portance du sol support.

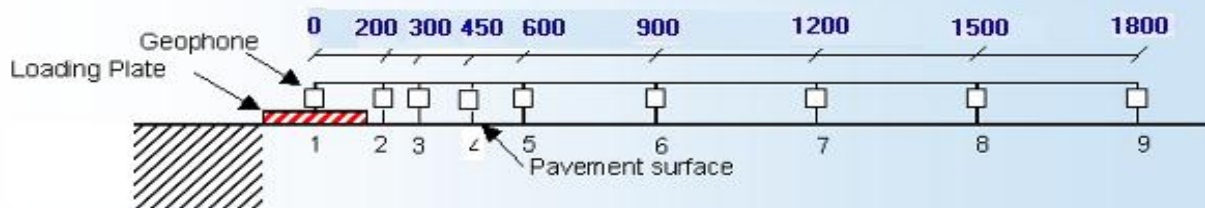
III.2-AUSCULTATION PAR MESURES DE DEFLEXION:

Une déflexion est par définition une modification progressive de position ou d'une trajectoire sous l'effet d'un phénomène physique. En mécanique des structures, une déflexion est le déplacement obtenu en un point d'un corps sous l'effet d'un chargement statique ou dynamique. Elle s'exprime par rapport à la position de ce même corps au repos, dans un référentiel absolu ou lié au point concerné. Elle généralise la notion de flèche, déflexion transverse d'une structure élancée (ex. flèche en y d'une poutre d'axe x). Elle exprime en unité de longueur (micron de mètre) sous l'effet de la charge exercée par le deflectomètre. Ce paramètre mesuré permet d'évaluer la portance de la chaussée exprimée par la durée de vie résiduelle calculé à la fin du traitement de toutes ces données. L'amplitude de la déflexion est intimement liée aux propriétés et dimensions du corps de chaussée.

III.2.1-DESCRIPTION DE L'APPAREIL D'ACQUISITION HWD MODELE 8082-86 :

Le Heavy Weight Deflectometer (HWD) est l'appareil de référence international pour la détermination de la portance des chaussées. La CTPP possède un deflectomètre lourd à masse tombante de marque Dynatest, modèle 8081. Celui-ci se compose de plusieurs systèmes distincts, soit le système de chargement, le système hydraulique et le système électronique. Un système d'acquisition de données situé dans le véhicule tracteur permet de contrôler l'exécution des essais et d'enregistrer les données sur des fichiers informatiques.





Ce système de mesure de marque Dynatest engendre une charge dynamique entre 30 et 260 KN durant 25 à 30 msec sur le point qu'on désire tester; il permet de simuler le mouvement ou l'impact d'une roue d'un avion ou d'un véhicule sur la chaussée.

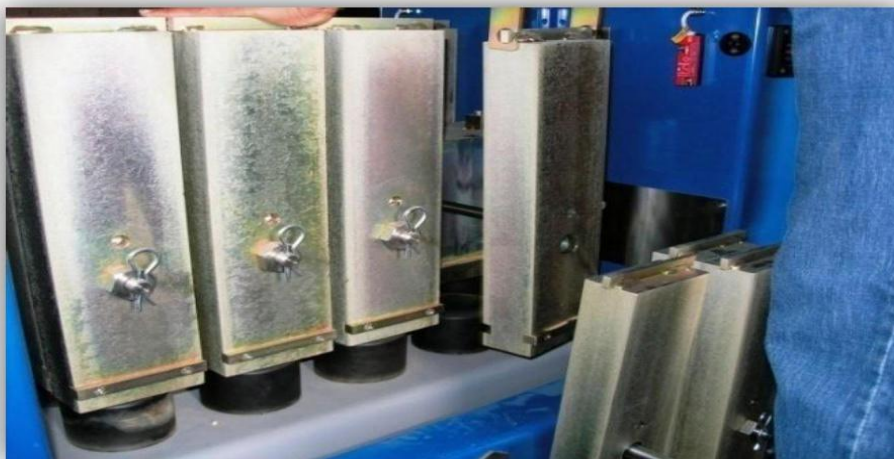


Le contrôle de l'opération d'acquisition des données HWD est assisté par ordinateur à partir du véhicule tracteur. Le dispositif d'acquisition utilisé est composé de :

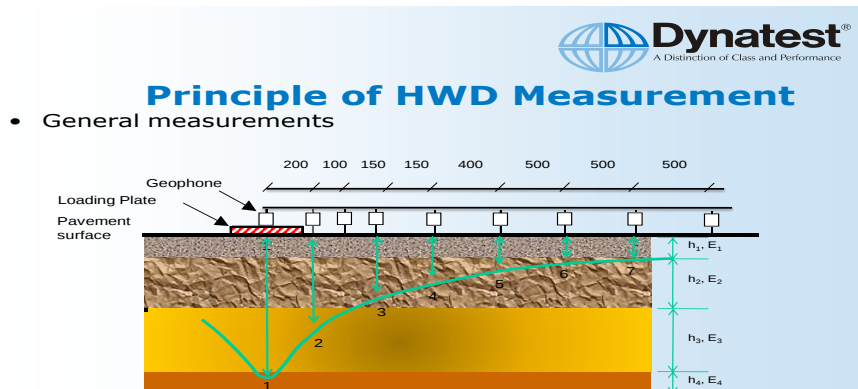
- ★ Un (1) ordinateur de bord muni d'un logiciel d'acquisition FWDWIN



- ★ Une charge de 300 Kg qu'on fera chuter trois fois à une hauteur de 200 mm respectivement, ceci génère une pression aux alentours de 840 Kpa, et une force d'environ 60 KN, sur le point de mesure;



- ★ Une plaque de diamètre $\varnothing 300\text{mm}$, qui peut s'incliner jusqu'à 6° pour épouser la forme de la chaussée;
- ★ 9 géophones dont la disposition lors de cette campagne est la suivante ;



- ★ Trois types de thermomètre sont utilisés, le premier est un thermomètre à Infrarouge qui mesure la température à la surface de la chaussée, les deux autres mesurent la température de l'air et la température à l'intérieur de la couche bitumineuse AC (Asphalt Concrete).



Thermomètre à infrarouge
(T° surface AC)



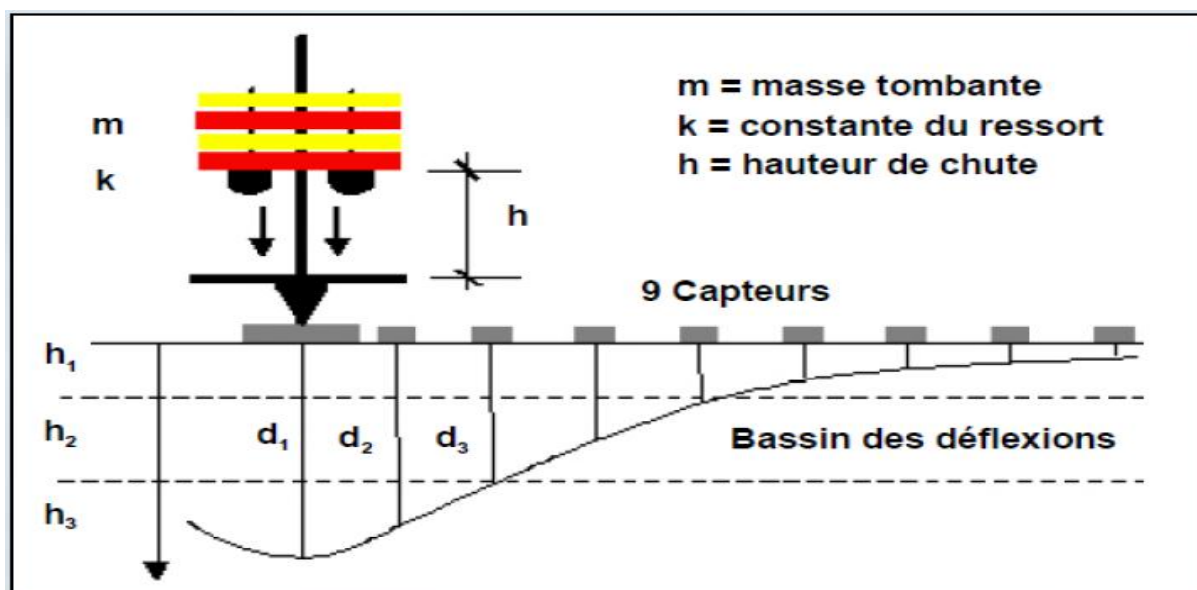
Thermomètre
(T° d'air)



Thermomètre
(T° intérieur AC)

III.2. 2-Principe de l'essai :

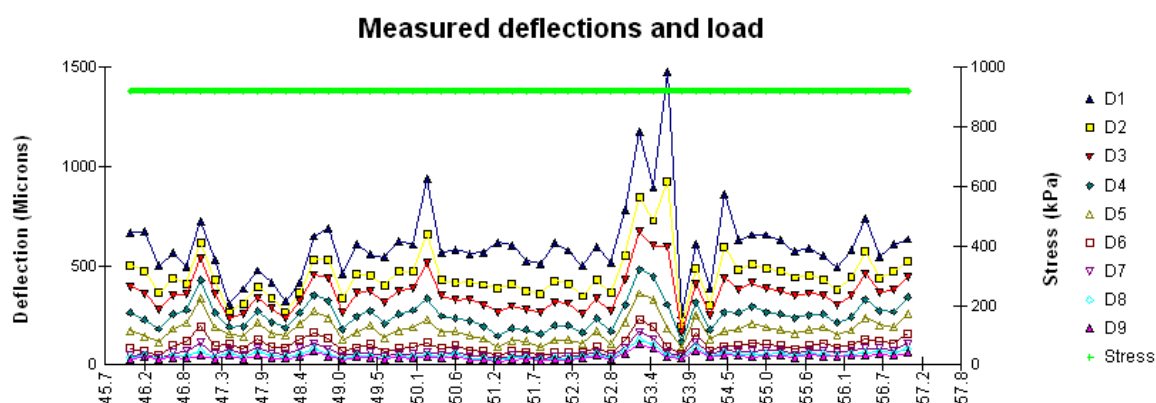
Le principe de base consiste à simuler une charge roulante exerçant une force entre 30 et 260 KN, sous l'effet de cette charge la chaussée subit un affaissement ou une déflexion mesurable grâce à 09 capteurs en surface, c'est ce qui est appelé le bassin de déflexion (déflexion basin). Cette simulation peut être réalisée par le biais d'une masse (entre 250 et 700 kgs) tombant d'une hauteur donnée (entre 100 et 400 mm) en heurtant un système d'amortissement en caoutchouc. Cette chute génère une impulsion semi-sinusoïdale pendant une durée de 25 à 30 msec. En plus des mesures des déflexions, les températures, à l'air, à la surface de la chaussée et à l'intérieur de la couche bitumineuse sont mesurées et enregistrées dans une base de données pour être intégrées dans les calculs des paramètres de la structure étudiée (back calculassions).



Les déflexions enregistrées au niveau du capteur central représentent les comportements du corps de chaussée entier vis-à-vis des charges exercées par le déflectomètre simulant l'impact d'un véhicule poids lourds se déplaçant à une vitesse de 80 km/h.

Les mesures ont été effectuées en partant du PK 46+000 vers le PK 57+000. Les déflexions enregistrées dans une base de données correspondent à 03 chutes successives du poids de 250 kg à une hauteur H mm pour avoir des charges de 700 et 920 Mpa pour la deuxième et troisième chutes.. La troisième chute sera prise en considération lors des étapes suivantes d'analyse des données. Les déflexions enregistrées le long de ce tracé, sont illustrées sur le graphe suivant :

LA RN45 DU PK 46+000 AU PK 57+000
INTERVALLE DE MESURE 200 ML



Position géophones (mm)	Nbre de points	déflexion Moyenne	Ecart type.
0	56	604	192
200	56	453	127
300	56	360	95
450	56	251	71
600	56	178	58
900	56	99	38
1200	56	66	25
1500	56	51	19
1800	56	41	15

La valeur de la déflexion moyenne enregistrée au niveau du géophone centrale est égale à 604µm, les déflexions varient entre une valeur maximale égale à 1173 µm et une autre minimale égale à 256 µm, mesurées au niveau des stations 53.6 km (PK 53+600) et 53.8 km (PK 53+800) respectivement. Ce vaste intervalle témoigne de l'état d'irrégularité de la chaussée étudiée du point de vue homogénéité des déflexions.

III.3- AUSCULTATION PAR MESURE D'UNI:

L'uni est un critère géométrique caractérisant l'ensemble des dénivellations de la surface de la chaussée par rapport à son profil théorique. C'est donc un indicateur d'état de planéité de la surface de la chaussée.

Il nous informe, sur les irrégularités du profil en long et des déformations fonctionnelles dues à l'usure en surface et au trafic et sur les déformations structurelles liées à la structure de la chaussée et l'état de dégradation.

Un bon uni est l'une des qualités essentielles qu'un réseau routier doit posséder. En effet, l'uni a des incidences néfastes qui intéressent aussi bien l'utilisateur que la structure de chaussée.

- ★ Incidence sur le confort et la sécurité de l'utilisateur,
- ★ Incidence sur le coût d'exploitation des véhicules,
- ★ Incidence sur la dégradation des chaussées.

Les mesures d'uni, sur le tronçon de la RN45 ont été réalisées dans le sens des PK croissants à l'aide de RSP 5051 de marque Dynatest en mois de juin 2011.



III. 4-DESCRIPTION ET CLASSIFICATION DES PRINCIPALES DEGRADATIONS:

Les principales dégradations relevées sur la chaussée souple peuvent être classées en quatre grandes familles qui sont :

- ★ Les déformations ;
- ★ Les fissures ;
- ★ Les arrachements ;
- ★ Les remontées.

A) les déformations:

Il s'agit de dégradations entraînant une modification de la route donnant à la surface de la chaussée un aspect différent de celui désiré. Ces déformations qui prennent naissance dans le corps de la chaussée, affectent en générale les couches inférieures pour atteindre ensuite la couche de roulement. Ils peuvent se distinguer selon leur forme ou leur localisation comme suit :

- ★ Tassement: Abaissement du niveau de la chaussée.
- ★ Affaissement: Variation du niveau du profil longitudinal aussi bien suivant l'axe que la rive ou transversal, ils peuvent être localisés ou généralisés.
- ★ Flache: dépression localisée en forme arrondie ou ovale.
- ★ Bourrelet: Renflements apparaissant à la surface de la chaussée suivant un profil longitudinal ou transversal.
- ★ Tôle ondulée: Ondulations régulières et reprochés perpendiculaires à l'axe de la chaussée, rencontrées fréquemment sur les routes non revêtues.
- ★ Ornières: Dépression longitudinale se développant sous le passage des roues.

B) Les fissures:

Elles sont définies comme étant une cassure du revêtement suivant une ligne avec ou sans rupture du corps de chaussée, elles peuvent intéresser bien la couche de roulement seule, qu'une partie ou la totalité du corps de chaussée. Elles peuvent distinguer comme suit :

- ★ Faïençages: Cassures en mailles du revêtement ; on distingue dans ce type de fissure deux cas :
 - ✓ faïençage à mailles fines ou peaux de crocodile lorsque le coté varie de 10 à 40 cm.
 - ✓ faïençage à mailles larges ou le coté dépasse 40 cm.
- ★ Fissures fines: Petites fissures superficielles rapprochées et fines.
- ★ Fissures longitudinales et transversales: suivant l'axe ou la rive ou transversales.

C) Les arrachements :

Il s'agit de désordres affectant en général la couche de roulement.

- ★ Dés enrobage: Décollement de la pellicule de liant enveloppant le matériau enrobé.
- ★ Plumage: Peignage : Arrachement de gravillons de revêtement.
- ★ Tête de chat (perte de matériaux): Apparition excessive de granulats durs en relief par usure du mortier les entourant.
- ★ Nids de poule: Cavités de tailles variées et de forme arrondies à bords francs ; créées à la surface de la chaussée par enlèvement des matériaux.
- ★ Pelades: Arrachements par plaques plus ou moins grandes de l'enrobé de la couche de roulement.
- ★ Epaufures (dégradation de rive): Cassure du revêtement au bord de la chaussée.

D) Les remontées :

Il s'agit d'apparition en surface de matériaux (eau, boue, liant et sel) proviennent en générale des couches inférieures et affectent la couche de surface sauf le ressuage qui, pour les cas des chaussées souples se développe dans la couche de roulement.

- ★ Les remontées d'eau: zone humide à la surface du revêtement.
- ★ Les remontées de la boue: Arrivée de l'argile à la surface du revêtement provienne des couches inférieures.
- ★ Les remontées du liant (ressuage): Zone plus ou moins localisée ou un excès de liant s'apparaisse en surface.

TABLEAU RECAPITULATIF:

Quelques causes probables en fonction de la plupart des dégradations considérées indépendamment les uns des autres.

Dégradation	causes probables
Affaissement	- Sous dimensionnement des couches inférieures ; -Tassement des couches inférieures ; -Niveau très élevé de la nappe phréatique ; -Pollution du corps de chaussée ; -Drainage insuffisant.
Bourrelet	-fluage ; -zone de décélération brutale ; -température élevée dans l'enrobé.

désenrobage	-action de l'eau ; -action de l'argile (granulats pollués) ; -action mécanique des véhicules ; -action du sel en zone désertique ; -mauvaise adhésivité liant granulat ; -érosion éolienne.
Epaufrure	-mauvais épaulement des rives ; -accotement en contre bas ; -chaussée trop étroite ou partiellement obstruée ; -accotement dont la pente dirigée vers la chaussée (stagnation d'eau).
Faiénçage	-dégradation des couches inférieure (désagrégation, tassement) ; -mauvais accrochage de la couche de roulement sur la couche de bas ; -sous dimensionnement de la couche de roulement.
Fissures	-joint de deux bandes d'épandage ; -reprise d'un travail finisseur ; -retrait d'un matériau constituant les couches inférieures à celle de roulement ; -mauvais accrochage de la couche de roulement sur la couche de base ; -zone de décélération brutale ; -gélivité du corps de chaussée.
Flache	-compacité insuffisante de la couche de roulement en un point ; -compacité insuffisante de la couche de base en un point ; -pollution du corps de chaussée ; -drainage insuffisant ; -tassement du matériau ayant servi reprofiler un trou de la chaussée.
Glaçage	-usure de revêtement ; -polissage trop rapide du granulat ; -dureté insuffisante (calcaire possibles).
Nid de poule	-stade ultime de nombreuses dégradations ; -pelade localisée du revêtement sous effet mécanique ; -pollution du corps de chaussée ; -forte proportion d'eau dans la chaussée.
orniérage	-température élevée dans le revêtement ; -bitume trop mou ; - bitume entraîné par l'évaporation intense d'eau en provenance du corps de chaussée.
Remontée de mortier	- excès de liant et de fines.
Tête de chat	- usure de revêtement ; -granulométrie incorrecte.
Tôle ondulée	-action mécanique.

III.5-ETAT DE PLANEITE DE LA CHAUSSEE :

Les mesures d'uni ont été effectués à l'aide d'un appareil de type profilomètre inertiel laser RSP 5051 de marque Dynatest, fixé à l'aide de supports métalliques à derrière le véhicules. Cet appareil fournir les données d'uni en IRI (International Roughness Index), Les mesures

effectuées au mois de juin 2011 permettent d'obtenir une meilleure appréciation de la planéité de la chaussée ainsi que le découpage en section homogène de 1000m.

SECTION PK-PK	(IRI > 6)	(2.5 < IRI <6)	(IRI <2.5)	ESTIMATION
	Mauvais	Moyen	Bon	
46+000- 47+000	1	17	22	Bon à Moyen
47+000- 48+000	5	26	9	Moyen
48+000- 49+000	2	20	18	Bon à Moyen
49+000- 50+000	6	16	18	Bon à Moyen
50+000- 51+000	2	16	22	Bon à Moyen
51+000- 52+000	9	15	16	Bon à Moyen
52+000- 53+000	1	19	20	Bon à Moyen
53+000- 54+000	1	25	14	Moyen
54+000- 55+000	3	23	14	Moyen
55+000- 56+000	3	23	14	Moyen
56+000- 57+000	3	30	7	Moyen

L'auscultation effectuée sur le tronçon étudié a donné les résultats suivants :

- ★ 54.54 % du l'itinéraire présente un uni Bon à Moyen ;
- ★ 45.45 % du l'itinéraire présente un uni moyen.

A la lecture de tous ces résultats, on remarque que l'uni est bon à moyen sur la majeure partie de l'itinéraire.

III.6- ETAT VISUEL DE LA CHAUSSEE :

L'examen visuel de l'état de la chaussée est un élément fondamental de l'auscultation. Il permet à l'ingénieur de formuler les premières hypothèses des causes qui sont à l'origine des dégradations constatées. C'est à partir de cet examen visuel que l'on pourra donner un diagnostic en précisant si les dégradations intéressent seulement la couche de roulement ou si elles proviennent d'une faiblesse de la portance du support ou de la structure de chaussée ou enfin liées à d'autres paramètres extérieurs autre que la chaussée elle-même.

Le relevé visuel des dégradations effectué au niveau du tronçon a permis de d'identifié les différents types de dégradations et d'en déterminer la sévérité. On note la présence de déformations sous forme d'affaissements localisés et généralisée, bourrelets et orniérages généralisées et la famille de fissurations sous forme de fissures longitudinale et transversale localisée, faïençages à mailles fines localisée et réparations localisée. Les dégradations importantes sont localisées sur tout sur le sens des PK croissants.

✓ L'évaluation de l'état visuel de la chaussée est récapitulée dans le tableau suivant :

LOCALISATION	L PARTICELLES	ETAT	OBSERVATION
PK-PK			
46+000 - 46+100	100	moyen	-affaissement localisé ; -faïençage à maille fine localisé.
46+100 - 46+300	200	bon	
46+300 - 47+900	1600	moyen	-affaissements localisé ; -Réparations localisés ; -Faïençages à mailles fines localisés et généralisés ; -fissurations longitudinales localisés ; -fissurations transversales localisé.
47+900 - 48+000	100	bon	
48+000 - 48+800	800	Moyen	-affaissements localisés ; -réparations localisés ; -faïençages à mailles fines localisés ; -fissurations transversales localisés.
48+800 - 48+900	100	bon	
48+900 - 49+000	100	Moyen	-faïençages à mailles fines localisés ; -fissurations transversales localisés.
49+000 - 49+100	100	bon	
49+100 - 49+300	200	moyen	-faïençages à mailles fines localisés ; -Fissurations longitudinales localisés.
49+300 - 49+400	100	bon	
49+400 - 49+800	400	moyen	-réparations localisés ; -faïençages à mailles fines localisés ; -fissurations longitudinales localisés.
49+800 - 50+000	200	bon	
50+000 - 50+200	200	moyen	-faïençages à mailles fines localisés.
50+200 - 50+400	200	mauvais	-affaissements localisés ; -Réparations localisés ; -orniérages généralisés.

50+400 - 50+600	200	moyen	-affaissements localisés ; -réparations localisés ; -faïençages à mailles fines localisés ; -fissurations transversales localisés.
50+600 - 50+700	100	bon	
50+700 - 50+900	200	moyen	-faïençages à mailles fines localisés.
50+900 - 51+100	200	bon	
51+100 - 51+900	800	moyen	-affaissements localisés ; -réparations localisés ; -faïençages à mailles fines localisés ; -fissurations transversales localisés.
51+900 - 52+000	100	bon	
52+000 - 55+000	3000	moyen	-affaissements localisés ; -réparations localisés ; -faïençages à mailles fines localisés et généralisés ; -fissurations transversales localisés ; -bourrelets localisés.
55+000 - 55+100	100	mauvais	-affaissements localisés ; -réparations localisés ; -faïençages à mailles fines localisés.
55+100 - 56+300	1200	moyen	-affaissements localisés ; -réparations localisés ; -faïençages à mailles fines localisés ; -fissurations longitudinales localisés ; -orniérages localisés.
56+300 - 57+000	700	bon	

En fonction de la gravité et de l'étendue des dégradations rencontrées, l'état de la chaussée se présente comme suit :

- ★ Bon sur 18% de l'itinéraire;
- ★ moyen sur 79% de l'itinéraire;
- ★ mauvais sur 3% de l'itinéraire.

- ✓ Une illustration photographique des différentes dégradations relevées est représentée ci-après :



RN45 AU PK 46+000
Début de projet.



RN45 AU PK 46+900
Faïençages à mailles fines localisées.



RN45 AU PK 48+600
Faïençages à mailles fines localisées.



RN46 AU PK 52+200
Faïençages à mailles fines suivi par léger affaissement localisées.



RN45AU PK 54+200
Chaussée en bon état.



RN45 AU PK 55+000
Faïençages à mailles fines suivi par léger
affaissement localisées.



RN45 AU PK 55+800
Faïençages à mailles fines et réparation localisées.

III.7- SONDAGES SOUS CHAUSSEE :

Pour connaître la nature et les caractéristiques des matériaux constituant le corps de chaussée existant ainsi que le sol support, quatre (04) sondages sous chaussée ont été réalisés afin de relever d'une part les épaisseurs des couches non traitées constituant la base et la fondation et par fois la base/ fondation et d'autre part de déterminer la nature et les caractéristiques mécaniques de ces matériaux et ceux du sol support.

La localisation des points de sondages ainsi que la description de la nature des matériaux prélevés sont données dans les tableaux suivants :

- ★ **Sondage 01** : Profondeur a 0.76m PK 46+300 Côté droit

Profondeur en (m)	Nature du terrain
0.00 - 0.08	Couche de BB
0.08 - 0.14	Couche de GC
0.14 - 0.30	TVN
0.30 – 0.76	Sol support

- ★ **Sondage 02** : Profondeur a 0,90 m PK 49+500 Côté droit

Profondeur en (m)	Nature du terrain
0.00 - 0.08	Couche de BB
0.08 - 0.28	Couche de GC
0.28 - 0.43	TVN
0.43 – 0.90	Sol support

- ★ **Sondage 03** : Profondeur a 0,85 m PK 52+000 Côté droit

Profondeur en (m)	Nature du terrain
0.00 - 0.08	Couche de BB
0.08 - 0.28	Couche de GC
0.28 - 0.43	TVN
0.43 – 0.85	Sol support

- ★ **Sondage 04** : Profondeur a 0,70 m PK 55+000 Côté droit

Profondeur en (m)	Nature du terrain
0.00 - 0.70	Sol support

III.8-DIAGNOSTIC :

L'analyse de l'ensemble des résultats des différentes investigations réalisées au niveau du tronçon objet de renforcement, a permis de tirer les conclusions suivantes :

- ★ La portance actuelle de la chaussée est insuffisante sur l'ensemble des sections auscultées excepté des points localisés.
- ★ L'uni est bon à moyen sur 54.54% du linéaire concerné par l'étude le reste 45.45% présente un uni moyen est globalement l'uni bon à moyen ce qui signifie que la chaussée ne pose pas un problème de planéité.
- ★ L'état visuel de surface de la chaussée est moyen sur la majorité de la section et bon sur d'autre. Les dégradations souvent rencontrées sont : la famille des déformations de

type Affaissements localisées, bourrelet et orniérage généralisée et la famille de fissuration de type fissures longitudinale et transversale localisées et faïençage à mailles fines localisées et réparations localisées.

- ★ Les sondages sous chaussées réalisés, laissent apparaître un corps de chaussée constitué d'une couche de roulement en béton bitumineux et couche de base en grave bitumes et couche fondation en Tuf sur 30cm.
- ★ Les causes principales de l'apparition et l'évolution des dégradations constatées sur le tronçon ausculté dues essentiellement sont à l'importance du trafic en matière de poids lourd ainsi que la fatigue de la couche de roulement.
- ★ Concernant la géométrie de la route Certaines sections posent un problème de visibilité avec des virages très serrés et des courbes verticaux ne sont pas conforme aux normes de B40 ; qui n'offre pas un confort à l'usager sont considérés comme des points noir, ces sections nécessitent une rectification du tracé pour améliorer les conditions de visibilité et assurer un meilleur confort, les sections concernées sont comme suit :

✓ **PK48+600 au 51+000 (BOUKHMISSA)**

✓ **PK54+000 au 56+500 (LA VILLE DE M'SILA)**

La section de **BOUKHMISSA** allant du PK48+600 au 51+000 est considérée comme zone inondable.

Le calcul de dimensionnement effectué par le logiciel ELMOD6 et vérifié par le programme ALIZE III a montré qu'un renforcement en 06cm de BB et 8cm de GB permettra à la structure existante de mieux se comporter aux efforts imposés.

III.9-SOLUTIONS PROPOSEES :

Les dégradations observées actuellement feront objet d'une évolution rapide si des solutions ne sont pas envisagées à court terme, donc il est conseillé d'intervenir rapidement pour remédier à tous les désordres constatés. Pour cela, il est proposé de procéder :

- ★ Scarification les sections présentant des dégradations généralisées,
- ★ Rectification des points noirs,
- ★ A la mise en place d'un nouveau corps de chaussée.

CHAPITRE IV :

ETUDE GEOTECHNIQUE

IV.1-INTRODUCTION :

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et Mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de Chaussée.

Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.

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

Pour cela on a des essais qui se font au laboratoire et qui permettent de déterminer les caractéristiques en place.

IV.2 - LES DIFFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRE :

Les échantillons prélevés ont été transférés au laboratoire du CTTP et ils sont soumis aux essais suivant :

- ★ Analyse granulométrique ;
- ★ Equivalent de sable ;
- ★ Limite d'aterberg ;
- ★ Proctor modifié ;
- ★ CBR ;
- ★ Essai Los Angeles ;
- ★ Assai Micro Deval.

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 emportant sur un graphique cette analyse se fait en générale par un tamisage.

b-Equivalent de sable :

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

c-Limite d'aterberg :

Les limites de plasticité (W_p) et 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 les deux états plastique et liquide ; Les sols qui présentent des limites d'Atterberg voisines, c'est à dire qui a une faible valeur de l'indice de plasticité ($IP = W_L - W_p$), sont donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau.

d-Proctor modifié :

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 optimale afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée « optimum Proctor ».

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

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 modifié) avec trois (3) énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant quatre (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 appelée « Los Angeles ».

i-Assai Micro Deval :

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

IV.3 - 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 > 80mm ;
- ★ Matériaux plastique IP > 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 établis par couche de 30cm 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.

IV.4- LES RESULTATS DES DIFFERENTS ESSAIS GEOTECHNIQUES :

Les résultats des différents essais géotechniques sont illustrés dans les tableaux suivants :

IV.4. a-Couche de base/Fondation :

N des sondages	LOCALISATION	granulométrie		Limites d'atterberg			ES	Classification LCPC
		<2 mm	<80 u	WL	WP	IP		
		%	%	%	%	%	%	
1	46+300	70	34	27.6	10.43	17.17	14	SA
2	49+500	54	11	52.8	26.55	26.35	22	GA
3	52+000	56	19	20.5	5.78	14.72	17	GA

GA : Grave argileuse ;

SA : Sable argileux.

ANALYSE DES RESULTATS OBTENUS :

L'analyse granulométrique réalisée sur les matériaux de la couche de base/fondation, dévoile un matériau à squelette granulaire classée comme un grave argileux et sable argileux par endroit selon la classification du LCPC. Par ailleurs, Les essais d'équivalent de sable, exposent un matériau impropre avec un Equivalent de Sable inférieur à la valeur minimale exigée, d'autre part, A l'exception de la sondage N 2, Les résultats des limites d'Atterberg obtenues, donnent des indices de plasticité qui varient de 14.72 à 17.17 % pour des limites de liquidité qui se situent entre 20.5 et 27.6 % définissant un matériau moyennement plastique.

IV.4. b-Sol support :

LOCALISATION	Granulométrie		Limites d'atterberg			Proctor modifié		CBR 95%opm	Classifi- cation LCPC
	<2 mm	<80 u	WL	WP	IP	D max	W opm		
	%	%	%	%	%	t/m ³	%		
46+300	94	89	27.7	12.35	15.35	1.73	18.5	3.19	GA
49+500	85	58	35	16.24	18.74	2.04	7.9	8.52	SA
52+000	96	81	36.4	16.48	19.92	1.98	10.4	3.28	SA
55+000	46	15	23.5	7.32	16.18	2.26	4.2	1.01	GA

GA : Grave argileux ;

SA : Sable argileux.

ANALYSE DES RESULTATS OBTENUS :

L'essai d'identification réalisé sur le matériau prélevé un grave argileux et sable argileux selon la classification LCPC. Par ailleurs, Les résultats des limites d'Atterberg obtenues, donnent des indices de plasticité qui varient de 15.35 à 19.92 % pour des limites de liquidité qui se situent entre 23.5 et 36.4 % définissant ainsi un matériau moyennement plastique.

D'autre part, Les essais Proctor modifié réalisés sur les prélèvements donnent des valeurs de densité sèche maximale qui varient de 1.73 à 2.26 t/m³ pour des teneurs en eau optimales allant de 4.2 à 18.5 %, enfin et après imbibition à 4 jours, les échantillons compactés à diverses énergies sont poinçonnés, Les valeurs du CBR obtenues à 95% de l'optimum montrent un sol à faible portance.

CHAPITRE V :

TRACE EN PLAN

TRACE EN PLAN

V.1- INTRODUCTION

L'aménagement et la modernisation consiste en l'amélioration du tracé en augmentant les rayons des virages par des rectifications dans les zones qui peuvent créer l'insécurité à l'utilisateur. La conception d'une route donnée, il y a lieu de respecter ce qui suit :

- ★ Les normes de géométrie (B40).
- ★ utiliser les grands rayons si l'état du terrain le permet.
- ★ Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- ★ Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire essayer d'éviter les ouvrages biais.
- ★ Avoir le maximum d'adaptation au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- ★ Respecter la longueur minimale et maximale des alignements droits si c'est possible.
- ★ S'inscrire dans le couloir choisi.
- ★ Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- ★ Eviter au maximum les propriétés privées.

V.2-LA VITESSE DE REFERENCE:

La vitesse de référence (V_r) est une vitesse théorique, qui sert à déterminer les valeurs extrêmes des caractéristiques géométriques et autres intervenant dans l'élaboration du tracé d'une route.

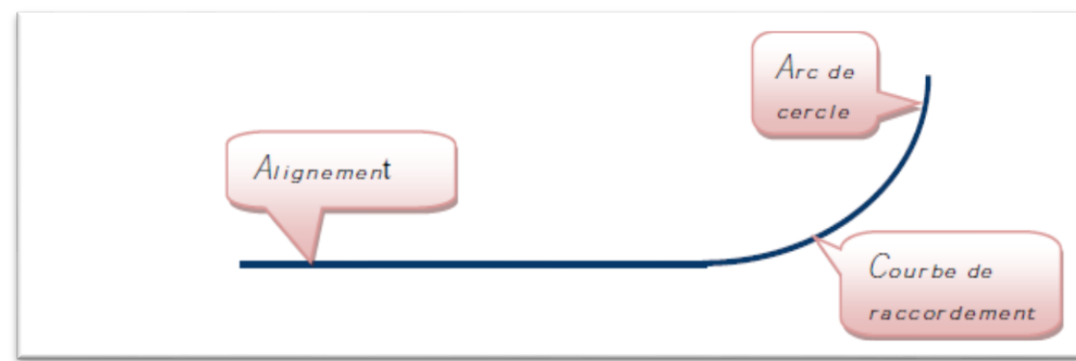
A) Choix de la vitesse de référence :

Le choix dépend de :

- ★ Type de route.
- ★ Importance et genre de trafic (volume, structure).
- ★ Topographie (degré de difficulté du terrain).
- ★ Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

B) Vitesse de projet :

La vitesse de projet V_b est la vitesse la plus élevée pouvant être admise en chaque point de la route, compte tenu de la sécurité et du confort dans les conditions normales.

V.3-LES ELEMENTS DE LA TRACE EN PLAN:

A) Alignement droit :

Une longueur minimale d'alignement L_{min} devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercles.

Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes circulaires sont raccordées par une courbe en C ou Ove.

La longueur maximale L_{max} est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes. $L_{min} = T \cdot V_B$ ($T = 5 \text{ sec}$) V_B : vitesse en (m/s)

$$L_{max} = T \cdot V_B \quad (T = 60 \text{ sec})$$

SELON LES NORMES B40:

- ★ Entre deux courbes de même sens il faut avoir une longueur minimale de $L_{min} = 5V$.
- ★ Entre deux courbes de sens contraire on peut avoir un alignement droit minimum de $L_{min} = 3V$. On peut même annuler l'alignement droit entre deux courbes, dans ce cas on est en courbe en « S ».

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

B) Arcs de cercle :

Les courbes sont limitées par l'intervention des trois éléments:

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

V.4- STABILITE DES VEHICULES EN COURBE:

Le véhicule subit en courbe une instabilité sous l'effet de la force centrifuge

$$F = \frac{MV^2}{2R}$$

Afin de cet effet, on est obligé d'incliner la chaussée transversalement Réduire Vers l'intérieure de la courbe (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite dévers exprimée par sa tangente.

A) Rayon horizontal minimal absolu (RHM):

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal.

$$R_{Hm} = \frac{V_B^2}{127(f_t + d_{max})}$$

f_t : coefficient de frottement transversal

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

B) Rayon minimal normal (RHN):

Le rayon minimal normal doit permettre à des véhicules dépassant VB de 20km/h de rouler en sécurité.

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

C) Rayon au dévers minimal(RHD) :

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

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

Dévers associé **dmin = 2.5%** en catégorie 1 – 2.

dmin = 3% en catégorie 3 – 4.

D) Rayon minimal non dévers(RHND) :

C'est le rayon non déversé telle que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un véhicule parcourant à la vitesse VB une courbe de devers égal à dmin vers l'extérieur reste inférieure à valeur limitée.

Pour catégorie 1-2 :

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127 \times 0.0035}$$

Pour catégorie 3-4-5 :

$$RHnd = V_r^2 / 127(f' - d_{\min})$$

V.5-TYPES DE COURBE DE RACCORDEMENT:

Trois courbes mathématiques peuvent jouer le rôle de la courbe de raccordement :

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

A) Parabole cubique :**Définition:**

Cette courbe est d'un emploi très limité, vu le maximum de sa courbure vite atteint ; ne convient qu'à des raccordements de très grands rayons ; utilisée dans les tracés de chemin de fer.

B) La lemniscate :

Définition:

Sa courbure est proportionnelle à la longueur de rayon vecteur mesuré à partir du point d'inflexion ; utilisée pour certains problèmes de tracés de routes « trèfle d'autoroute »

C) Clothoïde :

Définition:

Sa courbure est proportionnelle à l'abscisse curviligne (ou longueur de l'arc), mesuré à partir du point d'inflexion.

Variation de courbure contenue, dans le même sens, entre la courbure 0 et la courbure infinie

C.1-EXPRESSION MATHÉMATIQUE DE LA CLOTHOÏDE :

C.1.1- Les raccordements progressifs (CLOTHOÏDE) :

Le passage de l'alignement droit au cercle ne peut se faire brutalement, mais progressivement (courbe dont la courbure croît linéairement de $R = \infty$ jusqu'à $R = \text{constant}$), pour assurer :

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

C.1.2- Expression de la clothoïde :

La courbe est proportionnelle à l'abscisse curviligne (ou longueur de l'arc)

$$A = \sqrt{RL}$$

C'est -à- dire que pour le paramètre A choisi, le produit de la longueur L et de rayon R est constant.

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 ($K_A - K_E$)

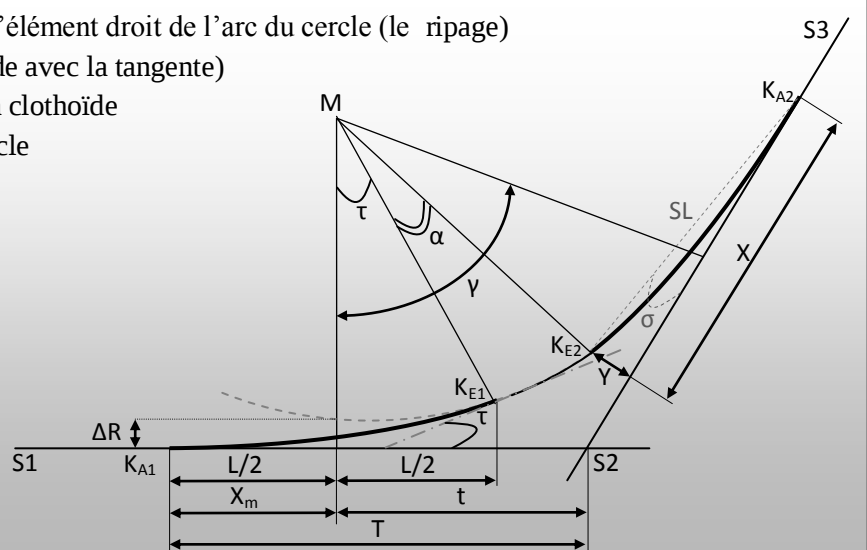
M : Centre de cercle

X : Abscisse de K_E

Y : Origine de K_E

t : tangente courte

T : tangente longue



C.1.3- Les éléments de la clothoïde:**A** : Paramètre de la clothoïde ;**M** : Centre de cercle ;**R** : Rayon de cercle ;**KA** : Origine de la clothoïde ;**KE** : Extrémité de la clothoïde ;**L** : longueur de la branche de la clothoïde ;**DR** : Mesure de décalage entre l'élément droit de l'arc du cercle (le ripage) ;**Xm** : Abscisse du centre du cercle ; τ : Angle des tangentes;**X** : Abscisse de KE;**Y** : Origine de KE ;**TK** : tangente courte ;**T** : tangente longue ;**SL** : Corde (KA - KE) ; σ : Angle polaire (angle de corde avec la tangente).**V.6- LES CONDITIONS DE RACCORDEMENT:**

La longueur de raccordement progressif doit être suffisante pour assurer la condition suivante :

V.6.1-Condition confort optique :

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

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

$$\tau \geq 3^\circ \quad \text{soit} \quad \tau \geq 1/18 \text{ rad.}$$

$$\tau = L/2R > 1/18 \text{ rad} \quad \Leftrightarrow \geq R/9 \text{ soit } A \geq R/3.$$

$$R/3 < A < R$$

Pour $R < 1500$ m $\Rightarrow$ DR = 1m (éventuellement 0.5m) d'où $L = (24 R DR)^{1/2}$

Pour $1500 < R < 5000$ m $\Rightarrow$ $\tau = 3^\circ$ c'est-à-dire $L = R/9$

Pour $R < 5000$ m DR limité à 2.5m soit $L = 7.75(R)^{1/2}$

V.6.2-Condition de confort dynamique :

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

La variation de l'accélération transversale est:

$$(V_R^2 / (R - g \cdot \Delta d))$$

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

$$K_g = 1/0.2 V_R.$$

$$L(m) \geq \frac{V_R^2}{18} \left(\frac{V_R^2}{127R} - \Delta d \right)$$

On opte :

VR : vitesse de base (Km/h)

R : rayon en mètre (m)

Δd : la variation de divers ($\Delta d = d \text{ final} - d \text{ initial}$) (%)

V.6.3-Condition de gauchissement :

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

A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversé et de son axe de tel sorte $\Delta_p < 0.5/VR$

Nous avons :

$$L \geq l.A.d.vr$$

l : largeur de chaussée.

V.7- 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 cordonnées; et il doit suivre les étapes suivantes :

- ★ Calcul des gisements.
- ★ Calcul de l'angle g 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.

V.8- EXEMPLE DE CALCUL LE TRACE EN PLAN :

L'aménagement et la modernisation consiste en l'amélioration du tracé en augmentant les rayons des virages par des rectifications dans les zones qui peuvent créés l'insécurité à l'utilisateur.

V.8.1- Les rayons du tracé en plan:

Notre projet s'agit d'une route de catégorie **C1**, dans un environnement **E1**, avec une vitesse de base **VB = 80 km/h**, donc à partir du règlement **B40** on peut avoir le tableau suivant:

Paramètres	Symboles	Valeurs	Unités
Vitesse	V	80	Km/h
Longueur minimale	Lmin	112	M
Longueur maximale	Lmax	1333	M
Devers minimale	d min	2.5	%
Devers maximale	d max	7	%
Temps de perception réaction	t1	2	S
Frottement longitudinal	f _L	0.39	
Frottement transversal	f _t	0.13	
Distance de freinage	d0	65	M
Distance d'arrêt	d1	109	M
Distance de visibilité de dépassement minimale	dm	320	M
Distance de visibilité de dépassement normale	dN	480	M
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	dMd	200	M
RHm	RHm	250(7%)	M (%)
RHN	RHN	450(5%)	M (%)
RHd	RHd	1000(2.5%)	M (%)
RHnd	RHnd	1400(-2.5%)	M (%)

Pour le cas de notre étude on a choisi notre exemple à partir du premier rayon rencontré dans l'itinéraire dont les coordonnées des sommets et le rayon qui sont les suivants:

Rayon **R1 = 500m** et **V_B = 80km/h**.

VB=80Km/h	X (m)	Y (m)	R (m)
S0	529168.0220	144011.2431	500
S1	528734.5975	144246.2919	
S2	528237.6311	144167.5099	

V.8.2-Caractéristique de la courbe de raccordement :

-Détermination de L :

★ Condition de confort :

$$R \leq 1500m \Rightarrow L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$$

On prendre $\Delta R = 1m$

Donc : $\Rightarrow L \geq \sqrt{24 \times 500 \times 1} = \mathbf{109.54m}$ *****1.

★ Condition de confort dynamique :

$$RHN \leq R \leq RHd$$

$$\Delta d = d - (-2.5).$$

$$d = d_{\min} + (1/R - 1/RHd) [(d_{\min} - d_{RHN}) / (1/RHd - 1/RHN)]$$

$$\Rightarrow d = \mathbf{4.55\%}$$

Donc : $\Delta d = 4.55 + 2.5 = \mathbf{7.05\%}$

$$\Rightarrow L \geq (V_B^2 / 18) \times [(V_B^2 / 127R) - \Delta d]$$

$$\Rightarrow L \geq \mathbf{10.77m.}$$
 *****2.

★ Condition de gauchissement :

$$\Rightarrow L \geq (5/36) \times \Delta d \times V_B$$

$$\Rightarrow L \geq 0.139 \times 7.05 \times 80 = \mathbf{78.33m.} \quad \text{*****}3.$$

De 1, 2 et 3 on aura : $L \geq \mathbf{109.5m.}$

-Calcul du paramètre A :

On sait que : $A^2 = L \times R$

$$\Rightarrow A = \sqrt{L \cdot R} = (\mathbf{109.54 \times 500})^{1/2} = \mathbf{234.03.}$$

On prend $A = \mathbf{234}$ donc : $L = \mathbf{109.5m.}$

La condition : $R/3 \leq A \leq R$ elle est vérifiée ($166.67 \leq 234 \leq 500$).

-Calcul du ΔR :

$$\Delta R = L^2 / (24R) = 109.5^2 / (24 \times 500) = 0.999 = \mathbf{1m.}$$

-Calcul des gisements :

Le gisement d'une direction est l'angle fait par cette direction avec le nord géographique dans le sens des aiguilles d'une montre.

$$G_{s1s0} = 100 + \arctg(|\Delta y| / |\Delta x|)$$

$$= 100 + \arctg[(144246.2919 - 144011.2413) / (528734.5975 - 529168.0220)]$$

$$= \mathbf{131.63gr.}$$

$$G_{s2s1} = \arctg(|\Delta x| / |\Delta y|)$$

$$= \arctg[(528237.6311 - 528734.5975) / (144167.5099 - 144246.2919)]$$

$$= \mathbf{89.99gr.}$$

-Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |G_{s1s0} - G_{s2s1}| = |131.63 - 89.99| = \mathbf{41.64gr.}$$

-Calcul de l'abscisse du centre du cercle:

$$X_m = A^2 / 2R = L/2 = \mathbf{54.75m.}$$

-Calcul de la tangente :

$$T = X_m + (R + \Delta R) \operatorname{tg}(\gamma/2) = 54.75 + (500 + 1) \operatorname{tg}(20.82) = \mathbf{224.70m.}$$

-Calcul de l'angle τ :

$$\tau = (L/2R) (200/\pi) = (109.54/2 \times 500) (200/3.14) = \mathbf{6.98gr.}$$

-Vérification de non chevauchement :

$$2. \tau = 13.94gr \text{ et } \gamma = 21.284$$

D'où : $2. \tau < \gamma \Rightarrow$ pas de chevauchement.

-Calcul des distances:

$$S_0S_1 = \sqrt{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)} = \sqrt{(433.4245^2 + 235.0488^2)} = \mathbf{491.663m.}$$

$$S_1S_2 = \sqrt{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)} = \sqrt{(496.9664^2 + 78.782^2)} = \mathbf{503.17m.}$$

-Abscisse KE:

$$X=L[1-(L^2/40.R^2)]=109.54[1-(109.54^2/40.500^2)]= \mathbf{109.41m.}$$

-Origine de KE :

$$Y=L^2/6.R= 109.5^2/6.500= 3.996= \mathbf{4m.}$$

-Calcul des coordonnées SL :

$$SL= \sqrt{(X^2+Y^2)}= \sqrt{(109.41^2+4^2)}= \mathbf{109.48.}$$

-Calcul de σ :

$$\sigma =\arctg(Y/X)=\arctg(4/109.41)= \mathbf{2.33gr.}$$

-Calcul de l'arc :

$$KE1KE2 = \frac{[\pi \cdot R(\gamma - 2\tau)]}{200} = 217.29m.$$

-Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$KA1 \left\{ \begin{array}{l} XKA1 = XS0 - (S0\overline{S1}-T) \times \cos (G_{s1s0}-100) \\ YKA1 = YS0 + (\overline{S0S1}- T) \times \sin (G_{s1s0}-100) \end{array} \right.$$

$$KA1 \left\{ \begin{array}{l} XKA1= 529168.0220+ (491.663- 224.70) \times \cos (31.63) = \mathbf{528933.337m.} \\ YKA1 = 144011.2431 + (491.663 - 224.70) \times \sin (31.63) = \mathbf{144138.4917m.} \end{array} \right.$$

$$KE1 \left\{ \begin{array}{l} XKE1 = XKA1 - SL \times \cos (G_{s1s0}-100 - \sigma) \\ YKE1 = YKA1 + SL \times \sin (G_{s1s0}-100 - \sigma) \end{array} \right.$$

$$KE1 \left\{ \begin{array}{l} XKE1 = 528933.337- 109.48 \times \cos (131.63 - 100-2.33) = \mathbf{528835.249m.} \\ YKE1 = 144274.973 + 109.48 \times \sin (131.63- 100-2.327) = \mathbf{144323.6003m.} \end{array} \right.$$

$$KA2 \left\{ \begin{array}{l} XKA2 = XS1 - T \times \sin G_{s1s2} \\ YKA2 = YS1 - T \times \cos G_{s1s2} \end{array} \right.$$

$$KA2 \left\{ \begin{array}{l} XKA2 = 528734.5975- 224.70 \times \sin (89.99) = \mathbf{528512.6695m.} \\ YKA2 = 144246.2919- 224.70 \times \cos (89.99) = \mathbf{144211.1062m.} \end{array} \right.$$

$$KE2 \left\{ \begin{array}{l} XKE2 = XKA2 - SL \times \cos(100-G_{s2s1} -\sigma) \\ YKE2 = YKA2 - SL \times \sin (100-G_{s2s1} -\sigma) \end{array} \right.$$

$$\text{KE2} \left\{ \begin{array}{l} \text{XKE2} = 528512.6695 - 109.48x \cos (100-89.99 - 2.327) = \mathbf{528403.9858m.} \\ \text{YKE2} = 144211.1062 - 109.48x \sin (100-89.991 - 2.327) = \mathbf{144197.9257m.} \end{array} \right.$$

Etat du tronçon de la RN45 en termes de trace en plan :

Le tronçon objet d'étude est caractérisé par un axe en plan qui constitué d'éléments droits ainsi des courbes,

Le tableau en annexe illustre l'ensemble des éléments de l'axe.

CHAPITRE VI :

PROFIL EN LONG

PROFIL EN LONG

VI.1-INTRODUCTION :

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

Le profil en long est toujours composé d'éléments des lignes droites raccordés par des paraboles.

Afin d'éviter des terrassements importants une correction de la ligne rouge sera exécutée tout en respectant les conditions technique d'aménagements des routes.

Pour l'élaboration d'un profil en long il y'a lieu de respecter ce qui suivant :

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

VI.2-COORDINATION DU TRACE 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, passages souterrains ...etc.).
- ★ Pour éviter les défauts de résultats d'une mauvaise coordination entre 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

VI.3-DECLIVITES DU PROFIL EN LONG :**A) 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.).

Selon les b40 :

Vr Km/h	40	60	80	100	120	140
Imax %	8	7	6	5	4	4

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

B) déclivité minimale :

- ★ Il est recommandé 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 $I_{min}=0.5\%$ pour que les ouvrages de canalisation ne soient pas profonds.

VI.4-RACCORDEMENT EN PROFIL EN LONG :

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

Et on distingue deux types de raccordements :

VI.4.1-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 à la condition :

- ★ condition de confort.
- ★ condition de visibilité.

Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à « $g/40$ (cat 1-2) et $g/30$ (cat 3-4-5) », le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à : $v^2/R_v < g/40$ avec $g = 10 \text{ m/s}^2$ et $v = V/3.6$.

D'où :

$$R_v \geq 0,3 V^2 \quad (\text{Cat 1-2})$$

$$R_v \geq 0,3 V^2 \quad (\text{Cat 3-4-5})$$

Tel que :

R_v : c'est le rayon vertical (m); et V : vitesse de référence (km/h)

Condition de visibilité :

Une considération essentielle pour la détermination du profil en long est l'obtention d'une visibilité satisfaisante.

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

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_v \geq \frac{d^2}{2(h_a + h_g + 2 \times \sqrt{h_a h_g})} \approx 0.27D^2$$

d : Distance de visibilité nécessaire (m) ;

h_0 : hauteur de l'œil (m).

Les rayons assurant ces deux conditions sont données pour les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie,

Pour choix bidirectionnelle et pour une vitesse de base $V_r=80\text{Km/h}$ et pour la catégorie 1 on a :

Rayon	symbole	Valeur
Min-absolu	R_{vm}	2500
Min- normal	R_{vN}	6000
Dépassement	R_{vd}	11000

VI.4.2-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 assurée pour un rayon satisfaisant la relation :

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

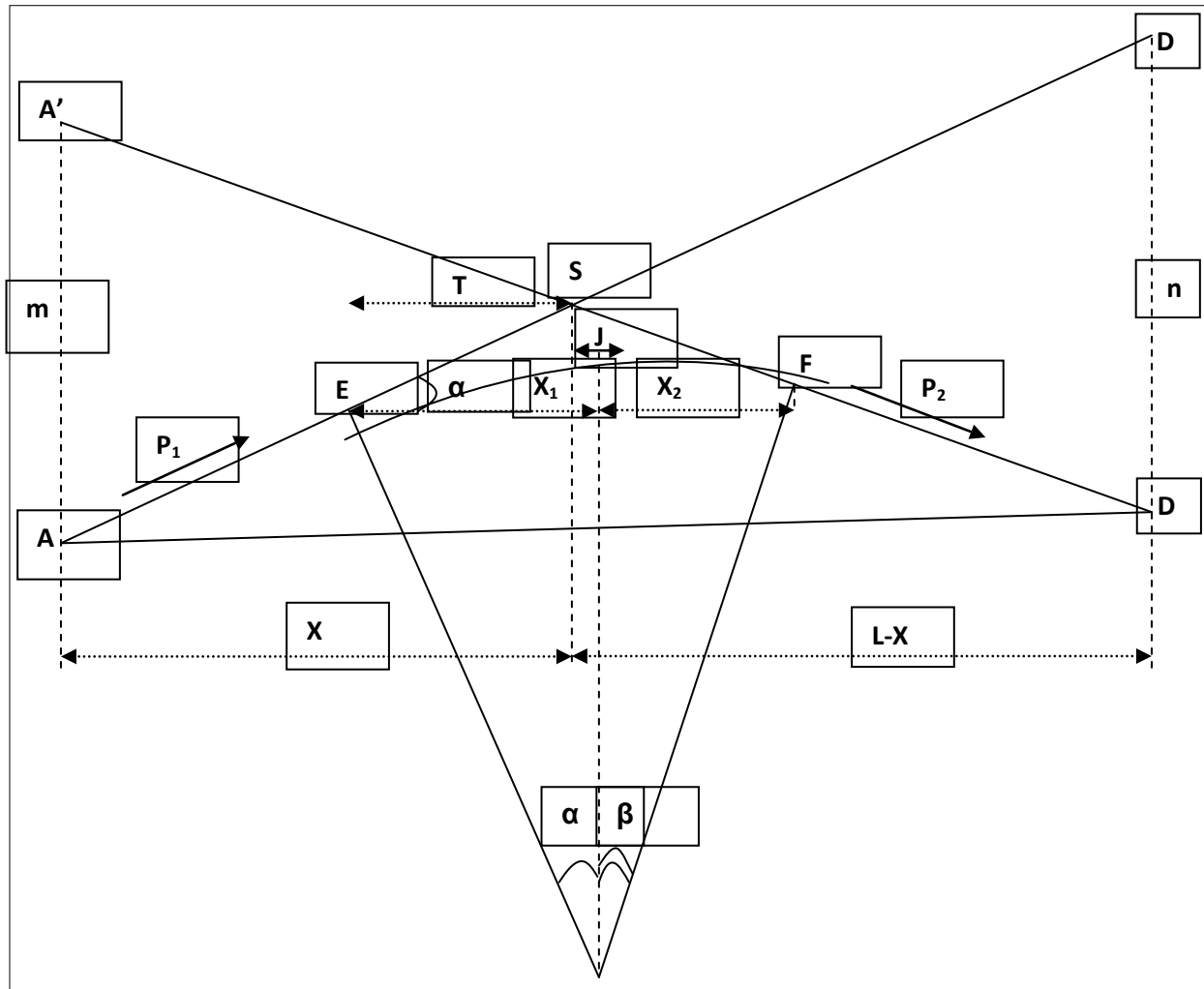
Pour une chaussée bidirectionnelle avec une $V_r=80 \text{ Km/h}$ et catégorie 1 on a le tableau suivant :

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R_{vm}	2400
Min -normal	R_{vn}	3000

VI.5-DETERMINATION PRATIQUES DU PROFIL EN LONG :

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



Détermination de la position du point de rencontre (s) :

On a: $Z_D' = Z_A + L.P_2$, $m = Z_{A'} - Z_A$
 $Z_{A'} = Z_D + L.P_1$, $n = Z_{D'} - Z_D$

Les deux triangles SAA' et SDD' sont semblables donc :

$$\frac{m}{n} = \frac{x}{L-x} \Rightarrow x = \frac{mL}{m+n}$$

$$S \left\{ \begin{array}{l} X_S = x + x_A \\ ZS = P1.x + z_A \end{array} \right.$$

Calcul de la tangente :

$$T = \frac{R}{2} |P_1 - P_2|$$

On prend (+) pour les rampes et (-) pour les pentes.

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

$$E \left\{ \begin{array}{l} X_E = x_S - T \\ ZE = z_S - T.P1 \end{array} \right. \quad F \left\{ \begin{array}{l} X_F = x_S + T \\ ZF = z_S + T.P2 \end{array} \right.$$

Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR=2T$$

Calcul de la flèche :

$$H = \frac{T^2}{2R}$$

Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant M sur la courbe :

$$M \left\{ \begin{array}{l} H_x = \frac{X^2}{2R} \\ Z_M = Z_E + X.P_1 - \frac{X^2}{2R} \end{array} \right.$$

Calcul des coordonnées du sommet de la courbe :

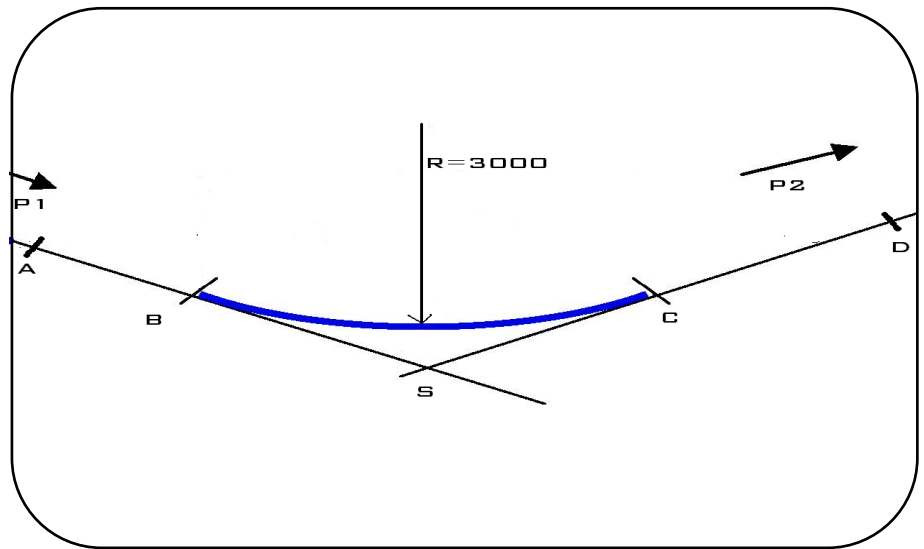
Le point J correspond au point le plus haut de la tangente horizontale.

$$J \left\{ \begin{array}{l} XJ=XE+R.P1 \\ Z_J = Z_E + X_1.P_1 - \frac{X_1^2}{2R} \end{array} \right.$$

Avec: $X_1 = R.P_1$
 $X_2 = R.P_2$

VI.6-EXEMPLE DE CALCUL DE PROFIL EN LONG :

A	{	PK=500
	{	Z= 1195.8355
S	{	PK=649.880
	{	Z= 1192.905
D	{	PK=750
	{	Z= 1194.907

a) - Calcul des pentes :

$$P1 = \Delta Z1/S1 \Rightarrow P1 = \frac{1192.905 - 1195.8355}{649.880 - 500} = -1.955\%.$$

$$P2 = \Delta Z2/S2 \Rightarrow P2 = \frac{1194.907 - 1192.905}{750 - 649.88} = 2.000\%.$$

b) -Calcul des tangentes :

$$T = \frac{R}{2} (|P1| + |P2|) \Rightarrow T = 3000 \times (0.01955 + 0.02) / 2 = 59.325m.$$

c) -Calcul des flèches :

$$H = T^2 / 2R = 0.568 m.$$

d) -Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$B \left\{ \begin{array}{l} XB = XS - T = 649.88 - 59.325 = 590.555 m. \\ ZB = ZS - T.P1 = 1192.905 - 59.325 \times (-0.01955) = 1194.065 m. \end{array} \right.$$

$$C \left\{ \begin{array}{l} SC = XS + T = 649.88 + 59.325 = 709.205 m. \\ ZC = ZS + T.P2 = 1192.905 + 59.325 \times (0.02) = 1194.092m \end{array} \right.$$

CHAPITRE VII :

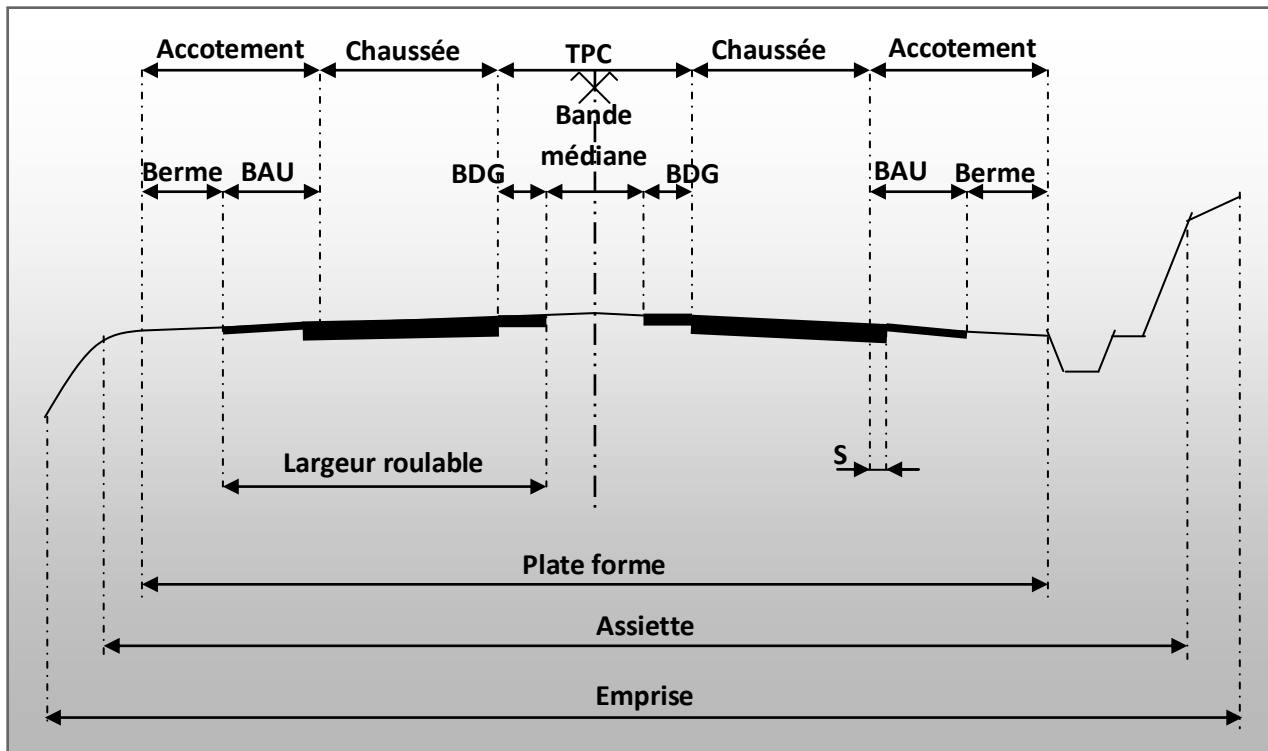
PROFIL EN TRAVERS

PROFIL EN TRAVERS

VII.1-INTRODUCTION:

Le profil en travers est la coupe de la route suivant un plan perpendiculaire à son axe. Il définit notamment la largeur et le dévers des chaussées et les zones non roulables de la route (terre-plein central, bandes dérasées).

Le choix d'un profil en travers dépend essentiellement du trafic attendu sur la route, qui définit le nombre de voies.

VII.2-LES ELEMENTS CONSTITUTIFS DU PROFIL EN TRAVERS :

- ★ **Emprise:** c'est la surface du terrain naturel affecté à la route ; limitée par le domaine public.
- ★ **Assiette :** c'est la surface de la route délimité par les terrassements.
- ★ **Plate forme:** C'est la chaussée, elle comprend la ou les deux chaussées, les accotements et éventuellement les terres pleins.
- ★ **Chaussée:** Au sens géométrique du terme c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules.
- ★ **Accotement:** Se sont les zones latérales de la plate forme que bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasé ou sur élevés.
- ★ **Fosse:** Ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement recueillies de la route et des talus (éventuellement les eaux du talus)
- ★ **Terre plein central(T.P.C):** Il assure la séparation matérielles des deux sens de circulation, sa largeur est de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.
-bande dérasée de gauche (B.D.G) : Elle est destinée à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité, elle est dégagée de tous obstacles, revêtus et se raccorde à la chaussée.

-bande médiane : Partie non rouable du terre-plein central comprise entre les deux bandes dérasées de gauche.

- ★ **Accotement :** Comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) bordée à l'extérieure d'une berme.
- ★ **bande d'arrêt d'urgence :** Elle facilite l'arrêt d'urgence hors chaussé d'un véhicule, elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée et elle est revêtue.
- ★ **la berme :** Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations..). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.

VII.3-PROFIL EN TRAVERS TYPE :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour la pénétrante sera composé d'une chaussée bidirectionnelle compris dédoublement entre le PK54+000 au PK56+500 sur 2,5kms. Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

Pour chaussée bidirectionnelle :

- ★ Chaussée bidirectionnelle de 2 voies : $2 \times 3.8 = 7,6$ m ;
- ★ Accotement : 2 m de chaque côté ;
- ★ Largeur de la plate forme : 7.60 m ;
- ★ Devers minimum : 2,5% ;
- ★ Devers maximum : 7% pour un rayon minimum ;
- ★ Berme : 0,60 m de chaque côté ;
- ★ Pente de talus en remblai : 1 ;
- ★ Pente de talus en déblai : 1 ;

Pour chaussée unidirectionnelle :

- ★ Chaussée unidirectionnelle de 2 voies : $2 \times 3.8 = 7,6$ m ;
- ★ Accotement : 2 m de chaque côté ;
- ★ Largeur de la plate forme : 7.60 m ;
- ★ Devers minimum : 2,5% ;
- ★ Devers maximum : 7% pour un rayon minimum ;
- ★ Berme : 0,60 m de chaque côté ;
- ★ Pente de talus en remblai : 1 ;
- ★ Pente de talus en déblai : 1 ;

CHAPITRE VIII :

***DIMENSIONNEMENT DU
CORPS DE CHAUSSEE***

DIMENSIONNEMENT

VIII.1-INTRODUCTION :

Le dimensionnement des structures constitue une étape importante de l'étude d'un projet routier car la qualité d'un projet routier ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long, en effet, une fois réalisée, la chaussée devra résister aux agressions des agents extérieurs et à la surcharge d'exploitation: action des essieux des véhicules lourds, effets des gradients thermiques pluie, neige, verglas,... Etc.

Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes ces charges pendant sa durée de vie.

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

On examinera les différentes méthodes de dimensionnements avec une application au projet.

VIII.2-LA CHAUSSEE :

VIII.2.1-DEFINITION :

Au sens géométrique: c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.

Au sens structurel: c'est l'ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges.

VIII.2.2-LES DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEE:

Du point de vue constructif les chaussées peuvent être groupées en trois grandes catégories :

- ★ Chaussée souple ;
- ★ Chaussée semi-rigide ;
- ★ Chaussée rigide.

VIII.2.2.1- Chaussée souple :

Les chaussées souples constituées par des couches superposées des matériaux non susceptibles de résistance notable à la traction.

Les couches supérieures sont généralement plus résistantes et moins déformable que les couches inférieures.

Pour une assurance parfaite et un confort idéal, la chaussée exige généralement pour sa construction, plusieurs couches exécutées en matériaux différents, d'une épaisseur bien déterminée, ayant chacune un rôle aussi bien défini.

En principe une chaussée peut avoir en ordre les 04 couches suivantes :

A) Couche de surface:

Elle composée de la couches de roulement et la couche de liaison et elle est en contact direct avec le pneumatique de véhicule et la charge extérieure. Son rôle est:

- ★ Encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.
- ★ Imperméabiliser la surface de la chaussée.
- ★ Assurer une transition avec les couches inférieures plus rigides.

L'épaisseur de la couche de roulement en générale varié entre 6 et 8cm.

B) Couche de base:

La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafic ainsi lâche de sol, elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

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

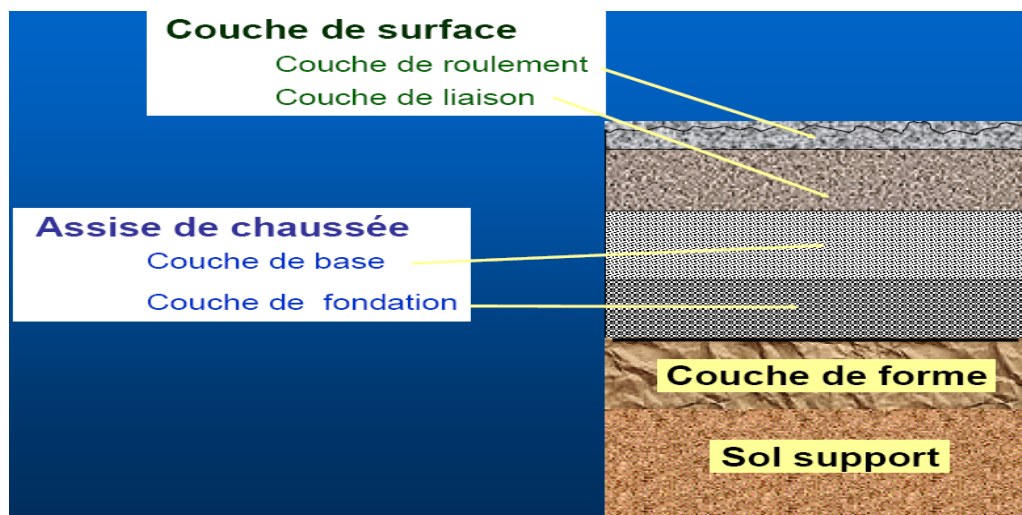
C) Couche de fondation:

Complètement en matériaux non traités (en Algérie) elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic. Assurer une bonne unie 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:

Couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée.

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



VIII.2.2.2-Chaussée semi-rigide :

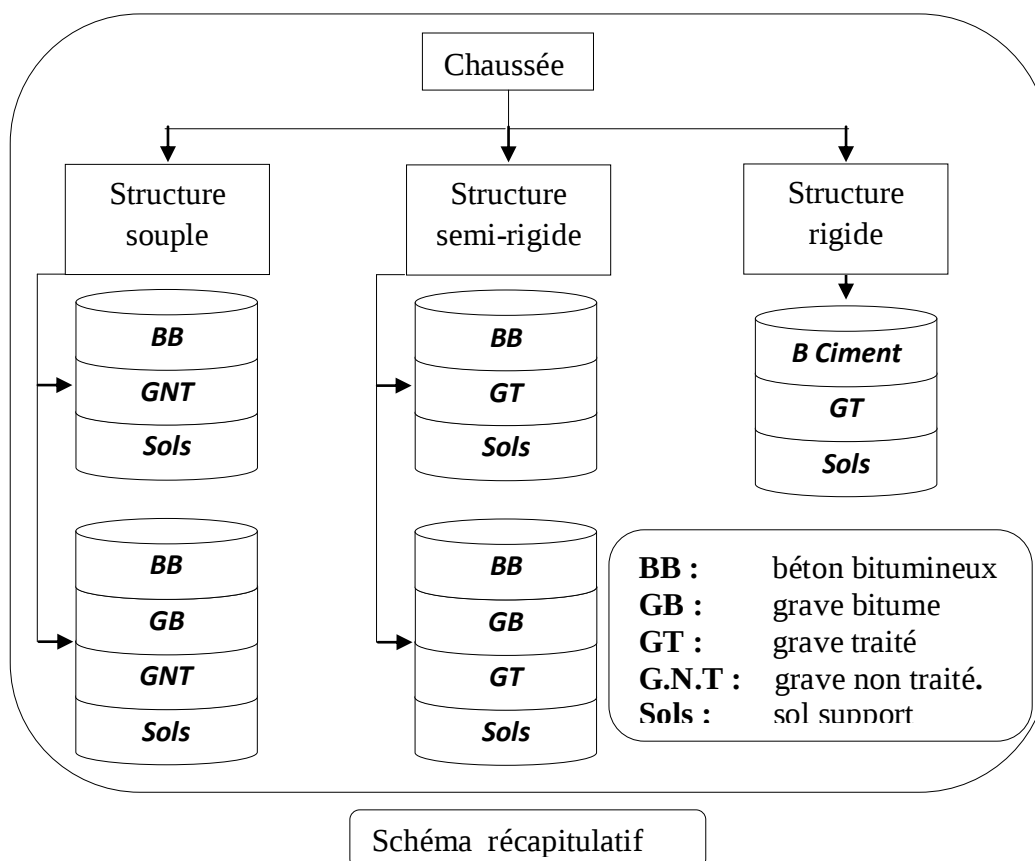
On distingue :

- ★ Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulat,...).La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé strictement minimale doit être de 15 mm. 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.

VIII.2.2.3- Chaussée rigide :

Comportant des dalles en béton (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) qui fléchissant élastiquement sous les charges transmettent les efforts à distance et les répartissent ainsi sur une couche de fondation qui peut être une grave stabilisé mécaniquement, une grave

traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques. Ce type de chaussée est pratiquement.



VIII.3-LES DIFFERENTS FACTEURS DETERMINANTS POUR LE DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE :

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

★ Trafic :

Le trafic principalement le trafic poids lourds, est l'un des paramètres prépondérants dans la conception des structures il intervient en fait d'abord dans le choix des matériaux puis dans le dimensionnement proprement dit de façon plus détaillée.

★ Environnement :

L'environnement extérieur de la chaussée est l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement ; la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, la température a une influence marquée sur les propriétés des matériaux bitumineux et conditionne la fissuration des matériaux traités par des liants hydrauliques.

★ Le sol support :

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

★ Matériaux :

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

VIII.4-LES PRINCIPALES METHODES 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.

Pour cela on passera en revue les méthodes empiriques les plus utilisées.

VIII.4.1-METHODE C.B.R (CALIFORNIA - BEARING - RATIO):

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau moins de 15cm.

Le CBR retenu finalement est la valeur la plus basse obtenue après immersion de cet échantillon.

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

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

- ★ **I**: indice CBR (sol support).
- ★ **N**: désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide.
- ★ **P**: charge par roue P = 6.5 t (essieux 13t).
- ★ **Log**: logarithme décimal. .

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

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

a₁ e₁ : couche de roulement ;

a₂ e₂ : couche de base ;

a₃ e₃ : couche de fondation ;

a₁, a₂, a₃ : coefficients d'équivalence ;

e₁, e₂, e₃ : épaisseurs réelles des couches.

Coefficient d'équivalence :

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

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Grave bitume	1.20 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
tuf	0.6

Tableau VIII.1:coefficients d'équivalence

VIII.4.2-MÉTHODE DU CATALOGUE DES STRUCTURES:

C'est le catalogue des structures type neuves et établi par «SETRA ».Il distingue les structures de chaussées suivant les matériaux employés (GNT, SL, GC, SB).Il considère également quatre classes de trafic selon leur importance, allant de 200 à 1500 Véh/J. Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation. Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données :

- ★ Trafic cumulé de poids lourds à la 20ème année Tj.
- ★ Les caractéristiques de sol.

Détermination de la classe de trafic :

La classe de trafic (TPLi) est déterminée à partir du trafic poids lourd par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service. Les classes de trafics adoptées sont dans le tableau suivant:

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 20 ans
T1	$T < 7.3 \cdot 10^5$
T2	$7.3 \cdot 10^5 < T < 2 \cdot 10^6$
T3	$2 \cdot 10^6 < T < 7.3 \cdot 10^6$
T4	$7.3 \cdot 10^6 < T < 4 \cdot 10^7$
T5	$T < 4 \cdot 10^7$

Tableau VIII.2:La classe de trafic

- ★ Le trafic cumulé est donné par la formule:

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

- ★ **TPL** : trafic poids lourds à l'année de mise en service
- ★ **n** : durée de vie (n=20 ans)

Détermination de la classe du sol:

Le classement des sols se fait en fonction de l'indice CBR mesuré sur éprouvette compactée à la teneur en eau optimale de Proctor modifié et à la densité maximale

correspondante. Après immersion de quatre jours, le classement sera fait en respectant les seuils suivants:

Classe de sol	Indice C.B.R
S1	25-40
S2	10-25
S3	05-10
S4	<05

Tableau VIII.3 : la classe du sol

VIII.4.3-METHODE DU CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES NEUVES (CTTP):

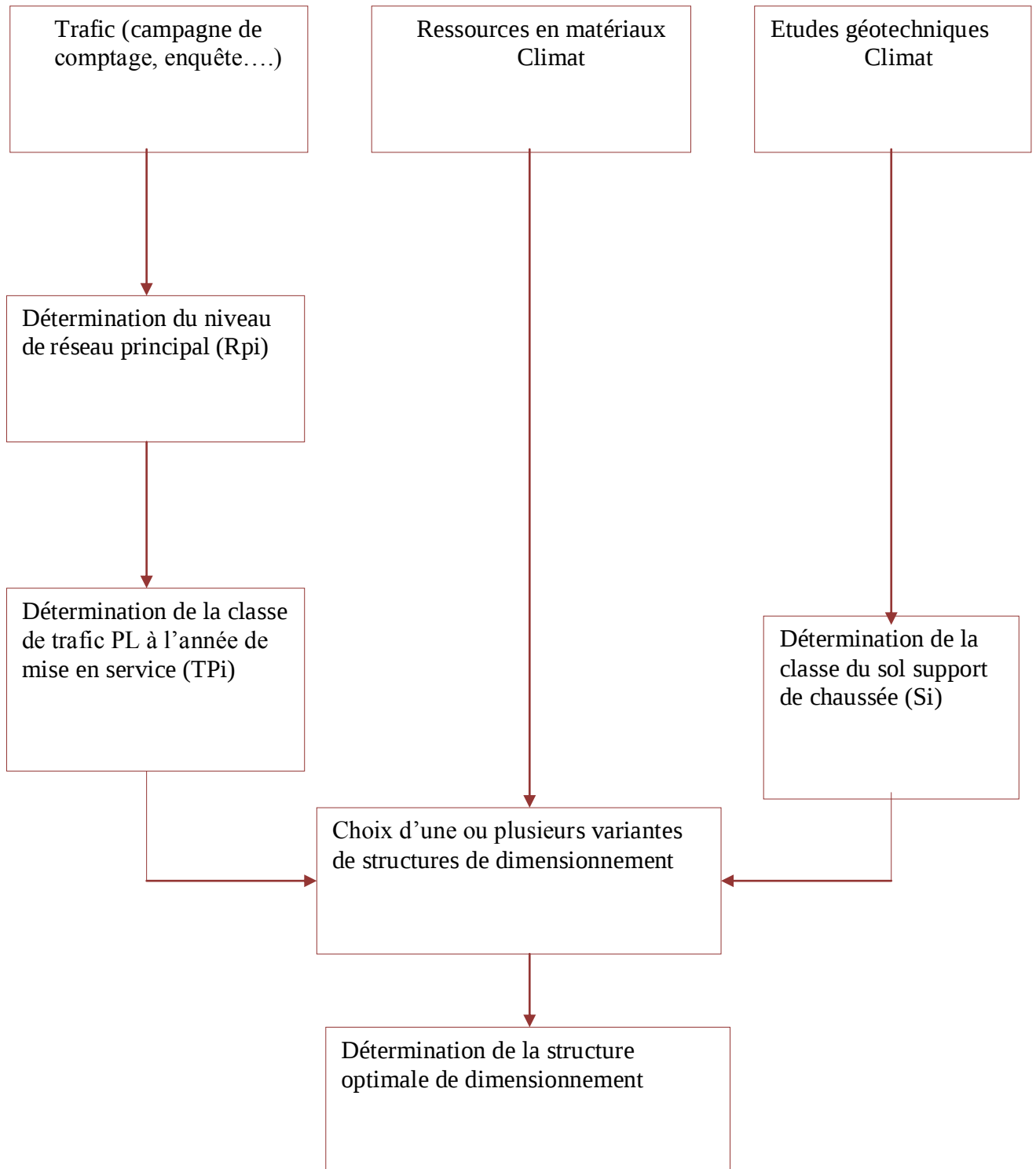
L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées: trafic, matériaux, sol support et environnement.

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

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

- ★ Approche théorique.
- ★ Approche empirique.

-----La démarche de catalogue-----



VIII.4.4-METHODE PAR LE PROGRAMME ELMOD6 :

Définition et principe du programme ELMOD6 :

Le programme ELMOD 6 (Evaluation of Layer Moduli and Overlay Design) permet le traitement des données par la méthode de calcul inverse (back calculation) et fournit tous les résultats conduisant à l'évaluation de la durée de vie.

Il permet d'effectuer automatiquement, tout en utilisant les bassins de déflexions mesurées par le système HWD(Heavy Weight Deflectometer),une analyse structurale complète et un calcul du dimensionnement des couches de renforcement à partir des paramètres ayant été préalablement définis et qui sont relatifs :

- ★ Au trafic, et environnement climatique,
- ★ A la chaussée résiduelle (type, structure, et propriétés des matériaux existants),
- ★ Aux charges appliquées et caractéristiques des matériaux destinés à la mise en œuvre.

Les étapes de calcul du logiciel peuvent être résumées comme suit :

- ★ Calcul des modules de différentes couches (y compris le sol support) en évaluant les bassins de déflexions mesurées par le système HWD (Heavy Weight Deflectometer),
- ★ Evaluation des dégâts causés par les charges, en fonction des modules des matériaux et des conditions climatiques pour ainsi déterminer la durée de vie résiduelle tout en se basant sur les relations liées aux dégâts,
- ★ Calcul de l'épaisseur nécessaire de recouvrement à partir des contraintes et des déformations engendrées au niveau des structures de chaussées par les charges. Tout en définissant un matériau précis et une période de dimensionnement donnée.

VIII.5-APPLICATION AU PROJET :

VIII.5.1- PAR LE PROGRAMME ELMOD6 :

Le modèle choisi est celui composé de trois couches (couche de roulement, couche de base et sol support). La structure de ce tronçon située entre le PK 46+000 et le PK 57+000 se distingue comme suit : une couche de roulement de 06cm constituée de béton bitumineux, une couche de base en grave bitume est couche de fondation en matériaux subnormaux (TVN), elle est d'une épaisseur égale à 300 mm.

ELMOD 6 (Elévation Layer Moduli Overlay & Design) le logiciel de traitement des données va utiliser ce modèle pour le calcul des déflexions théoriques, dans le but de minimiser l'erreur entre les déflexions mesurées et de calculer au sens des moindres carrés. ELMOD6 modifie plusieurs paramètres essentiellement les modules d'élasticité

Les modèles suivants sera adopté pour toutes les étapes de calculs suivantes :

BB (épaisseur 6 cm)
GB (épaisseur 8cm)
TVN (épaisseur 300 mm)
Sol support

Le logiciel ELMOD 6 est composé de plusieurs modules de calcul, certains d'entre eux permettent le calcul des modules d'élasticité de chaque couche. La présente version d'ELMOD en contient 03 à savoir:

VIII.5.1.1- Radius of Curvature :

Cette technique est basée sur la méthode Odemark-Boussinesq de l'épaisseur équivalente ; elle utilise les enregistrements des géophones éloignés du centre de la charge pour la détermination des caractéristiques non linéaires de la couche de forme « subgrade » et les enregistrements des géophones proches du centre de la charge pour la détermination du module de la couche superficielle. La rigidité des couches restantes est calculée en se basant sur la réponse de la chaussée à la charge appliquée.

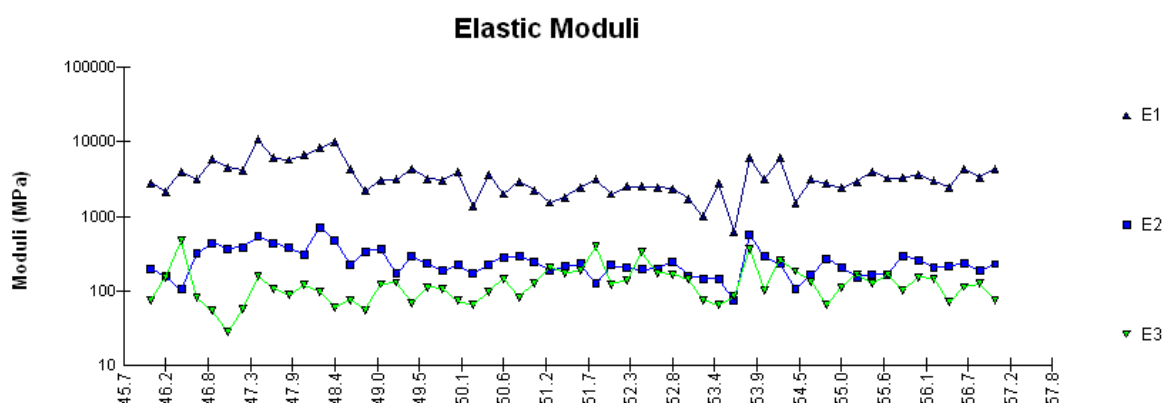
VIII.5.1. 2-Déflexion Basin Fit :

Cette technique est aussi basée sur la méthode Odemark-Boussinesq de l'épaisseur équivalente, mais un processus d'itération additif est utilisé pour faire converger au sens des moindres carrés les déflexions calculées avec celles mesurées. Vu sa mise en œuvre facile, cette méthode a été adoptée pour l'ensemble des profils étudiés.

VIII.5.1.3-FEM / LET / MET (Finite Element Method /Linear Elastic Theory /Method of Equivalent Thickness):

Ce sont trois techniques pour le calcul des modules se basant sur des différentes théories a savoir :

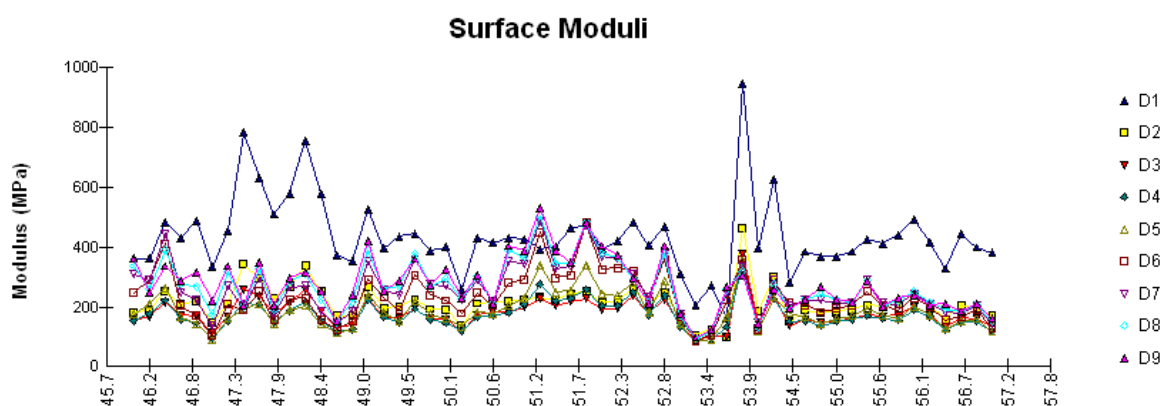
- ★ la première se base sur le programme d'éléments finis symétriques axiaux développé par Wilson (University of California),
- ★ la deuxième fait usage du programme WESLEA (waterways experiment station's) ,
- ★ Et la dernière est une méthode similaire à la technique « Basin Fit » déjà vue précédemment mais avec quelques facteurs d'ajustement additifs. Les modules d'élasticité calculés par la méthode « **Déflexion Basin Fit** » sont donnés sur le graphe et le tableau suivants :



Modules des couches	Nbre de points mesurés	Moyenne (Mpa)	Ecart type
E1	56	3144	1.68
E2	56	236	1.54
E3	56	117	1.703

Modules à la surface :

Le module de surface (surface modulus E0) est le module d'une seule couche équivalente qui va donner une déflexion en surface égale à celle enregistrée sur un système multicouche réel. Ce module permet de constater la présence de couches souples ou rigides, il est utilisé aussi pour donner une première estimation des modules d'élasticité de la chaussée. Le module de surface E0 est un outil simple et pratique pour la détection de présence de couche faible, mais le module de ces couches ne peut être déterminé directement à partir d'E0 seulement. C'est pour cela que E0 est lié à l'épaisseur équivalente de la couche et non à l'épaisseur actuelle. Cette dernière information doit être connue pour pouvoir calculer les modules d'élasticité de chaque couche. Les modules E0 pour chaque profil sont donnés sur le graphe et le tableau ci-après :



Position géophone	Nbre points mesurés	E ₀ Moyen (Mpa)	Ecart type
0	56	418	1.332
200	56	207	1.301
300	56	174	1.291
450	56	167	1.317
600	56	178	1.369
900	56	217	1.43
1200	56	244	1.415
1500	56	254	1.404
1800	56	261	1.401

Les modules de surface, qui sont considérés comme des données préliminaires permettent d'avoir une idée générale sur la consistance de la chaussée étudiée, par la suite mettre en évidence la présence ou pas de corps très rigides dans le sol tels que blocs rocheux ou couches de béton ...etc.

La valeur moyenne des modules de surface ne dépasse pas les 600 Mpa au niveau du capteur central, c'est une moyenne relativement faible. La valeur maximale du module à la surface est égale à 1361 Mpa, obtenue au niveau de la station 50.8 Km (PK 50+800), tandis que la valeur faible est égale à 247 Mpa obtenue auprès de la station 55.4 Km (PK 55+400).

Durée de vie et Renforcement (Design Life and Overlay) :

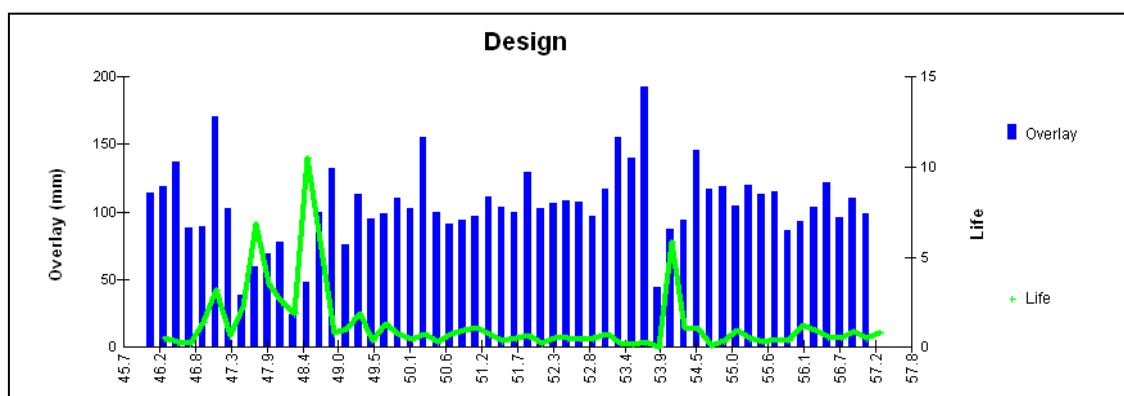
Pour la conception, l'évaluation de la durée de vie et la détermination de la couche la plus endommagée, ELMOD6 se base sur des méthodes empiriques mécaniques établies dans les laboratoires de recherches scientifiques.

Deux types de détérioration de la chaussée sont modélisés dans **ELMOD6**, fissuration par fatigue des couches liées (Bound layers) et déformation permanente des couches non liées (Unbound layers).

La durée de vie calculée pour le tronçon de la RN45 entre les PK 46+000 et 57+000, est représentée dans le graphe et le tableau suivants :

La RN45 du PK 46+000 au PK 57+000

Intervalle de mesure 200 ml



PARAMETRE	MOYENNE
Durée de vie résiduelle (an)	0.7
Epaisseur de renforcement (cm) en BB pour une durée de vie 10ans	10.45

La durée de vie représentée sur le graphe est très réduite dans l'ensemble, en moyenne elle ne dépasse pas une année. Donc on peut considérer que dans l'ensemble, ces tronçons de la route est arrivé à ces termes, et que son potentiel est épuisé par conséquent il est temps de procéder à son renforcement.

Enfin, on peut dire que le renforcement moyen proposé est égale à **06 cm** en Béton Bitumineux (**BB**) et **8 cm** en grave bitumes(**GB**).

VIII.5.2-DIMENSIONNEMENT DES SECTIONS RECTIFIEES:

Pour le dimensionnement du corps de chaussée on va utiliser deux méthodes qui sont: la méthode dite « **CBR** »et la méthode « **C.T.T.P**».

VIII.5.2.1-LA METHODE DU CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES NEUVES :

- ★ TJMA >1500v/j → réseaux principal « **RP1** »
- ★ Le projet est à M'sila (zone climatique **III** : pluviométrie **350- 100 mm/an**).
- ★ Durée de vie **20 ans**.
- ★ **Présentation des classes de portance des sols** : le tableau sous dessous regroupe les classes de portance des sols par ordre croissant de **S4** à **S0**. Cette classification sera également utilisée pour les sols supports de chaussée.

Portance de sol (Si)	CBR
S4	<5
S3	5-10
S2	10-25
S1	25-40
S0	>40

Tableau VIII.4: classes de portance à long terme du sol support

- ★ **Amélioration de la portance du sol support :**

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

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

Classe de portance de sol tassée (Si)	Matériau de couche de forme	Epaisseur de matériau de couche de forme	Classe de portance de sol support visée (Si)
<S4	Matériau non traité	50cm(en deux couches)	S3
S4	Matériau non traité	35cm	S3
S4	Matériau non traité	60cm(en deux couches)	S2
S3	Matériau non traité	40cm(en deux couches)	S2
S3	Matériau non traité	70cm(en deux couches)	S1

Tableau VIII.5:sur classement avec couche de forme en matériau non traité

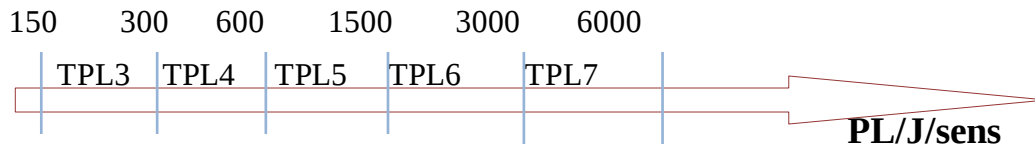
★ Classe du trafic :

TJMA₂₀₁₁=4600v/j.

$\tau = 5 \%$.

Z=25%.

TPL_I POUR RP1 :

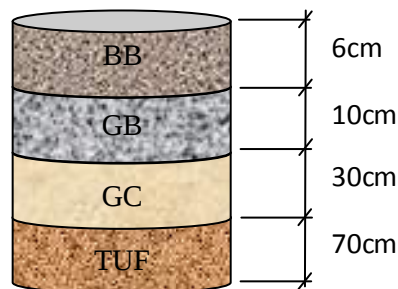


TPL=570 PL/ j/sens

TPL4.

D'après la fiche structure, on choisit :

6BB+10GB+30 GNT



VIII.5.2.2-Méthode CBR :

Le calcul de l'épaisseur équivalente se fait moyennant la formule empirique suivante:

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

Pour notre cas on a un CBR=6 $\Rightarrow$ nous proposons e_{cf} =40cm de TUF pour obtenir un CBR compris entre 10 et 25 $\Rightarrow$ 2.

Avec:

$N = TJMA = TH \times \% PL$

TH : trafic prévu pour une durée de 20 ans

TJMA₂₀₁₃=4600x (1+0.05)²=**5072v/j.**

TJMA₂₀₃₃ =5072x (1+0.05)²⁰= **13458v/j.** (Les poids lourds: 25%)

$N = (TJMA_{2033} \times \% PL)/2$

$N = (13458 \times 0.25)/2 = \mathbf{1683PL/j/sens.}$

Donc :

$$E_{eq} = \frac{100 + \sqrt{6.5} \times (75 + 50 \log \frac{1683}{10})}{10 + 5} = 38.33 \text{ cm} \quad \mathbf{E_{eq}=38.5 \text{ cm}}$$

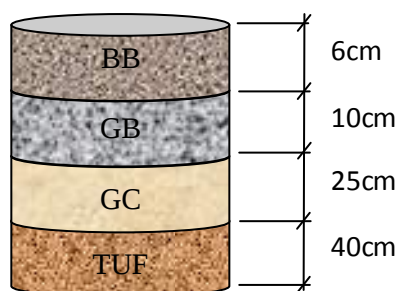
On à : $\mathbf{E_{eq} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3}$
 a1, a2, a3: coefficients d'équivalence.

e1, e2, e3 : épaisseur réelles des couches.

Couches	Epaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence(ai)	Epaisseur équivalente (cm)
BB	06	02	12
GB	10	1.2	12
GC	25	1	25
TOTAL	41	/	49

Tableau VIII.6: résultat de dimensionnement par la méthode « **CBR** »

Notre structure comporte : **6BB + 10GB +25GK+40TUF**



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

C.B.R	C.T.T.P
6BB+10GB+25GC+40TUF	6BB+10GB+30GC+70TUF

Tableau VIII.7: comparaison entre les deux méthodes

CONCLUSION :

D'après le tableau, on choisit la méthode catalogue de dimensionnement des chaussées neuves par-ce-que c'est une méthode rationnelle (Elle se base sur des normes algérienne, Elle est calculée sous effet de la fatigue et déformation et vérifiée par le logiciel ALLIZE III).

VIII.6-VERIFICATION DE LA STRUCTURE VIS-A-VIS DES CONTRAINTES ET DEFORMATIONS :

Pour établir la vérification du point de vue comportement à moyen terme, on a eu recours au programme ALIZEIII pour le calcul des contraintes et déformations.

VIII.6.1- Principe du programme ALIZEIII :

ALIZE III est un programme mis au point au laboratoire central des ponts et chaussées. Il permet de déterminer à partir d'un modèle multicouche, élastique et linéaire fondé sur l'hypothèse de Burmister, les contraintes et les déformations aux différentes interfaces de la structure ayant jusqu'à six (06) couches supposées infinies en plan.

La charge prise en compte dans la modélisation est une charge unitaire correspondant à un demi-essieu de 13 tonnes présenté par une empreinte circulaire de rayon (r) avec une symétrie de révolution. Le problème est traité en coordonnées cylindriques.

- Principe de calcul et introduction de données :

Il consiste à modéliser une structure, de manière à calculer les contraintes, ainsi que les déformations provoquées par une charge type.

Les « input » du programme ALIZE III, sont pour chaque couche :

- ★ l'épaisseur de chaque couche;
- ★ les caractéristique des matériaux (le module de rigidité (**E**) et le coefficient de poisson(**v**);
- ★ l'interface entre les couches (collée ou décollée).

Pour évaluer les caractéristiques mécaniques des différentes couches, le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves nous permet de déterminer les modules de chaque couche de la chaussée.

VIII.6.2- Détermination des limites admissibles :

a- Déformation admissible sur le sol support :

La déformation verticale $\epsilon_{z, ad}$ qui est donnée par une relation empirique déduite à partir d'une étude statistique de comportement des chaussées algériennes, cette formule est de la forme suivante :

$$\epsilon_{z, ad} = 22.10^{-3} \cdot (TCEi)^{(-0.235)}$$

- ★ $TCEi = Tpl \times \left[\frac{(1+\tau)^n - 1}{(1+\tau) - 1} \right] \times 365 \times A = 4.59 \times 10^6$.
- ★ **A=0.6**

Pour chaque classe de trafic TCEi correspond une valeur de $\epsilon_{z, ad}$.

b- Déformation admissible $\epsilon_{t, ad}$ à la base de l'enrobé existant :

Elle est donnée par la relation suivante :

$$\epsilon_{t, ad} = \epsilon_{t, ad} = \epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25 \text{ Hz}) \cdot k_{ne} \cdot K_\theta \cdot K_r \cdot k_c$$

$$\delta = (SN^2 + (c/b \times Sh)^2)^{1/2}$$

Avec :

- ★ **b** : pente de la droite de fatigue ;
- ★ **E (10°C)** : module du matériau bitumineux à 10°C ;
- ★ **E(θ_{eq})** : module à la température équivalente ;
- ★ **S** : en fonction de dispersion ;
- ★ **SN** : dispersion sur la loi de fatigue ;
- ★ **Sh** : dispersion sur les épaisseurs ;
- ★ **C** : coefficient égale à **(0.02)** ;
- ★ **K_c** : coefficient de calage (**K_c = 1.3**) ;
- ★ **ε₆** : déformation limitée à 10⁶ cycles ;
- ★ **t** : fractile de la loi normale, qui est fonction du risque adopté (r%). A partir du catalogue $t = f(r=15) = 1.036$;
- ★ **δ=0.61**.

Matériau (MTB)	E(10°,10HZ) (Mpa)	ε ₆ (10°,25HZ) 10 ⁻⁶	-1/b	SN	Sh	ν
BB	-	-	-	-	-	0.35
GB	12500	100	6.84	0.45	3	0.35
SB	3000	245	7.63	0.68	2.5	0.45

$$-K_{ne} = (10^6 / TCE_i)^b = (10^6 / 1.75 \times 10^6)^{-0.146} = 1.08.$$

$$-k_\theta = \sqrt{E(10^\circ\text{C}) / E(\theta_{eq})} = \sqrt{12500 / 5500} = 1.51.$$

$$-k_r = 10^{-tb\delta} = 10^{(0.146 \times 1.036 \times 0.61)} = 1.24.$$

Les résultats de calcul obtenu pour les limites admissibles des déformations tangentielles et verticales sont illustrés dans le tableau suivant :

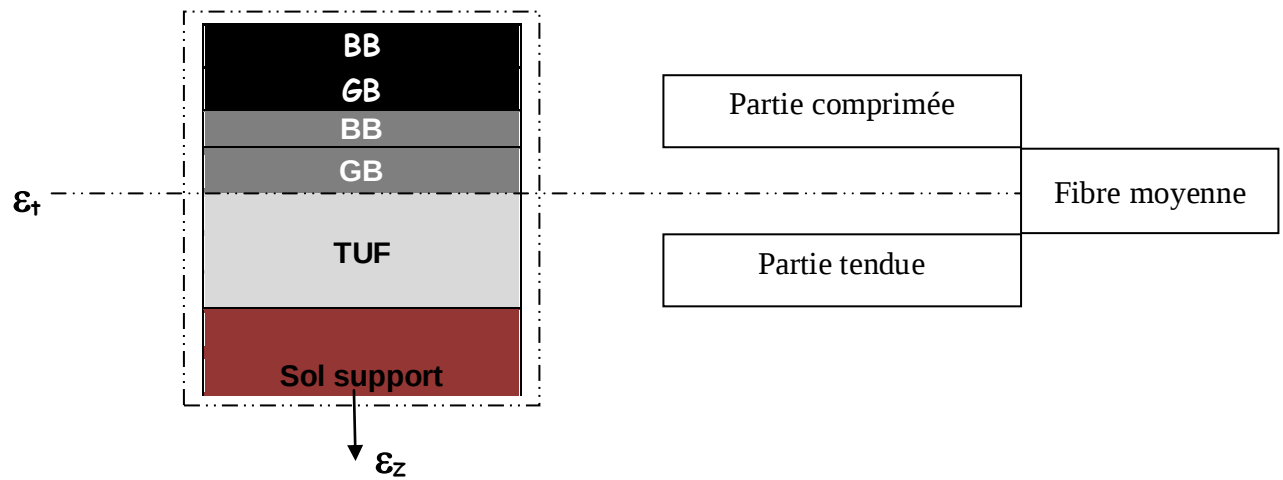
LOCALISATION	TCE _i	ε _{t, adm}	ε _{z, adm}
46+000 – 57+000	4.59E+06	2.63E-04	5.98E-04

VIII.6.3-Modélisation de la structure selon ALIZE III :

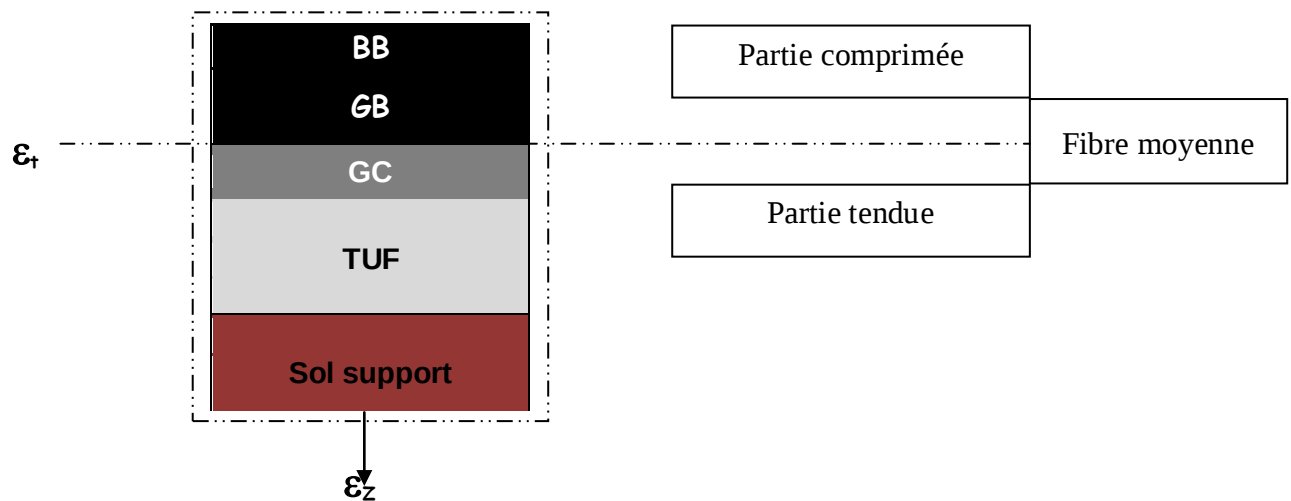
Le programme de calcul ALIZE III qui est fondé sur l'hypothèse de Burmister, permet de déterminer les contraintes et déformations (ϵ_t , ϵ_z , σ_z) aux différents niveaux de la structure.

Les schémas ci-dessous donnent un aperçu global sur la modélisation propre du type de la structure ainsi que sur le mode de fonctionnement des matériaux traités aux bitumes.

Pour renforcement :



Zone rectification :



La liaison assurée entre les différentes couches d'enrobé est considérée comme un seul milieu continu.

CONTRAINTES ET DEFORMATIONS :

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran - cf. F:\ALIZE III RN45 M'SILA.dat, Ch...

RENFORCEMENT DE LA RN45 M'SILA DU PK 46+000 AU PK 57+000 variante 1 : Durée=00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μ déf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μ déf)	SigmaZ (MPa)
0.060	4000.0	0.350	0.000	43.5	0.382	-6.7	0.659
	collé		0.060	26.2	0.304	55.0	0.572
0.080	7000.0	0.350	0.060	26.2	0.511	16.8	0.572
	collé		0.140	-53.1	-0.388	73.2	0.267
0.060	2000.0	0.350	0.140	-53.1	-0.025	132.5	0.267
	collé		0.200	-51.7	-0.091	91.9	0.144
0.080	3500.0	0.350	0.200	-51.7	-0.195	72.7	0.144
	collé		0.280	-116.4	-0.533	110.4	0.051
0.300	240.0	0.250	0.280	-116.4	-0.017	238.3	0.051
	collé		0.580	-125.9	-0.033	142.1	0.018
infini	60.0	0.350	0.580	-125.9	-0.001	316.7	0.018

Grandeurs affichées

☒ tableau 1 ☐ tableau 2

☐ tableau 3 ☐ tableau 4

☐ tableau 5 ☐ tableau 6

☐ tableau 7 ☐ tableau 8

Déflexion = 45.9 mm/100

entre-jumelage

Rdc = 639.5 m

Imprimer Enregistrer

Voir Chargt. Fermer

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran - cf. F:\ALIZE III RN45 M'SILA.dat, Ch...

RENFORCEMENT DE LA RN45 M'SILA (section scarifier) variante 1 : Durée=00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μ déf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μ déf)	SigmaZ (MPa)
0.060	4000.0	0.350	0.000	56.0	0.530	-52.5	0.659
	collé		0.060	28.2	0.297	43.9	0.526
0.080	7000.0	0.350	0.060	28.2	0.502	8.8	0.526
	collé		0.140	-130.4	-1.197	132.5	0.166
0.150	500.0	0.250	0.140	-130.4	-0.027	349.4	0.166
	collé		0.290	-164.0	-0.077	206.8	0.071
0.300	240.0	0.250	0.290	-164.0	-0.025	334.8	0.071
	collé		0.590	-171.3	-0.046	187.4	0.023
infini	60.0	0.350	0.590	-171.3	-0.003	413.9	0.023

Grandeurs affichées

☒ tableau 1 ☐ tableau 2

☐ tableau 3 ☐ tableau 4

☐ tableau 5 ☐ tableau 6

☐ tableau 7 ☐ tableau 8

Déflexion = 54.7 mm/100

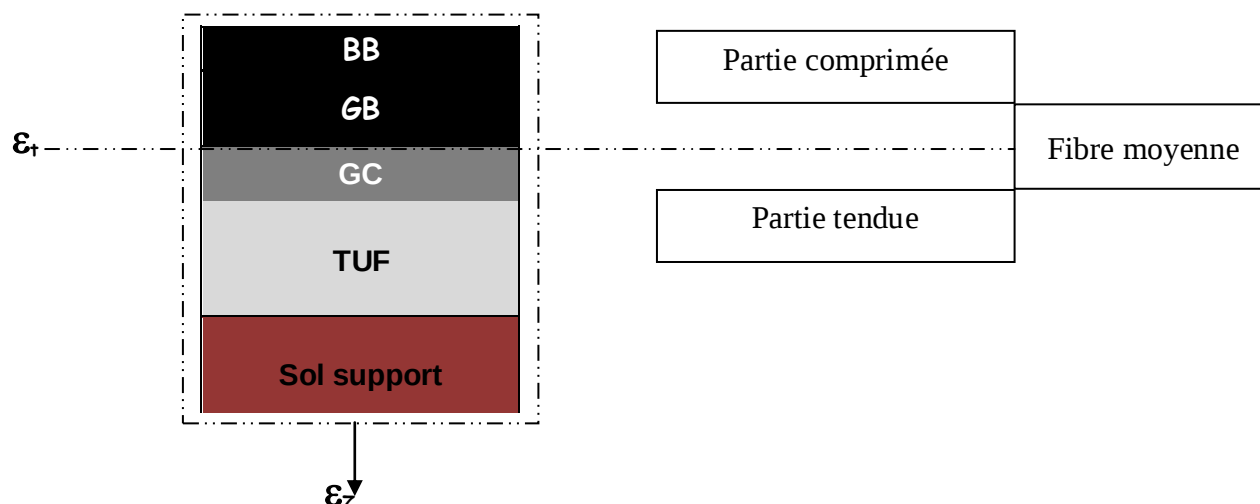
entre-jumelage

Rdc = 379.1 m

Imprimer Enregistrer

Voir Chargt. Fermer

Par la méthode de catalogue :



Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran - cf. F:\MOD2RNISATION.dat, Charge ...)

modérnisation et renforcement de la R45 M'sila du PK 54+000 au PK56+500 variante 1 : Durée=00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μ déf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μ déf)	SigmaZ (MPa)
0.060	4000.0	0.350	0.000	69.2	0.601	-44.2	0.660
	collé		0.060	31.1	0.337	42.5	0.546
0.100	7000.0	0.350	0.060	31.1	0.576	6.0	0.546
	collé		0.160	-133.6	-1.251	130.3	0.117
0.300	300.0	0.250	0.160	-133.6	-0.011	400.1	0.117
	collé		0.460	-143.5	-0.043	192.0	0.038
0.700	120.0	0.250	0.460	-143.5	-0.009	349.8	0.038
	collé		1.160	-102.0	-0.014	114.7	0.007
infini	30.0	0.350	1.160	-102.0	-0.001	251.5	0.007

Grandeurs affichées

☒ tableau 1 ☐ tableau 2

☐ tableau 3 ☐ tableau 4

☐ tableau 5 ☐ tableau 6

☐ tableau 7 ☐ tableau 8

Déflexion = 67.0 mm/100

entre-jumelage

Rdc = 420.8 m

Imprimer Enregistrer

Voir Chargt. Fermer

Localisation PK - PK	Structure de dimensionnement	ϵ_t	ϵ_z
46+000-57+000	6BB+8GB	1.16E-04	3.16E-04
54+000-56+500 48+600-51+00	6BB+8GB+15GC	1.30E-04	4.14E-04
54+000-56+500	6BB+10GB+30GK+70TUF	1.33E-04	2.51 E-04

Analyse et commentaires :

Au vu des résultats obtenus, on remarque que la déformation verticale ϵ_z est inférieure à la valeur admissible, ce qui traduit que la structure proposée est vérifiée du point de vue dimensionnement que ce soit pour les sections proposé qui montre un bon comportement vis-à-vis des efforts tangentiels, que pour le comportement de l'ensemble du corps de chaussée, dans son rôle de reprendre la quasi-totalité de la contrainte verticale σ_z de telle sorte que le sol support ne soit pas soumis à une contrainte supérieure à sa limite admissible.

VIII.7– TRAVAUX DE CHAUSSEE :VIII.7.1– POUR RENFORCEMENT:

LOCALISATION	LINEAIRE (m)	Structure	Accrochage CH /GB (kg)	GB (m3)	GB Tonne	Accrochage BB/GB (kg)	BB (m3)	BB Tonne	Rechargement acct (m3)
46+000-48+600	2 600	6BB+8GB	20 696	1 639	3 606	6 084	1 195	2 796	1 456
51+000-54+000	3 000	6BB+8GB	23 880	1 891	4 161	7 020	1 379	3 226	1 680
56+500-57+000	500	6BB+8GB	3 980	315	693	1 170	230	538	-
57+000-56+500	500	6BB+8GB	3 980	315	693	1 170	230	538	-
TOTAL	6 600	-	52 536	-	9 153	15 444	-	7 098	3 136

VIII.7.2– POUR MODERNISATION :

LOCALISATION	LINEAIRE (m)	Structure	TUF (m3)	GK (m3)	Imprégna tion (m2)	GB (m3)	GB Tonne	Accrocha ge BB/GB (kg)	BB (m3)	BB Tonn e	Rechargement acct (m3)
48+600-51+000	2 400	6BB+8GB+15GK		2 934	19 200	1 513	3 329	5 616	1 103	2 581	2 784
54+000-54+500	500	6BB+10GB+30GK+ 70TUF	2 300	911	2 960	293	644	870	172	402	1 160
54+500-54+000	500	6BB+8GB+15GK		448	2 950	234	514	870	172	402	290
54+500-56+500	2 000	6BB+10GB+30GK+ 70TUF	13 076	5 004	16 080	1 580	3 476	4 680	919	2 151	4 640
56+500-54+500	2 000	6BB+8GB+15GK		2 490	16 000	1 261	2 774	4 680	919	2 151	1 160
TOTAL	7 400	-	15 376	11 787	57 190		10 736	16 716		7 687	10 034

VIII.8- QUANTITES A METTRE EN ŒUVRE :

Les tableaux suivants récapitulent les résultats des quantités de l'avant mètre par lot:

VIII.8.1- POUR RENFORCEMENT DE LA RN45 :

DESIGNATION DES TRAVAUX	UNITE	QUANTITES
Accrochage GB/CH existante	Kg	52 536
Fourniture et mise en œuvre du grave bitume (GB) y compris transport et toutes sujétions	T	9 153
Accrochage BB/GB	Kg	15 444
Fourniture et mise en œuvre du béton bitumineux (BB) y compris transport et toutes sujétions	T	7 098
Rechargement des accotements	m3	3 136

VIII.8.2- POUR MODERNISATION DE LA RN45 :

DESIGNATION DES TRAVAUX	UNITE	QUANTITES
Déblais	m ³	32 296
Remblais	m ³	10 990
Fourniture et mise en œuvre du tuf pour couche de forme (côté gauche)	m ³	15 376
Fourniture et mise en œuvre de la grave concassée 0/20 pour couche de fondation	m ³	11 787
Imprégnation	m ²	57 190
Fourniture et mise en œuvre du grave bitume (GB) y compris transport et toutes sujétions	T	10 736
Accrochage BB/GB	Kg	16 716
Fourniture et mise en œuvre du béton bitumineux (BB) y compris transport et toutes sujétions	T	7 687
Rechargement des accotements	m ³	10 034

CHAPITRE IX :

*PREPARATION DES
TRAVAUX*

PREPARATION DES TRAVAUX

IX.1-INTRODUCTION :

La sauvegarde d'un ouvrage routier et l'amélioration de ses conditions de viabilité peuvent être assurée par la réalisation d'un ensemble de travaux complémentaires et indispensables à ceux du renforcement proprement dit.

Ces travaux appelés travaux annexes ou complémentaires, sont d'une grande importance, ils concernent l'environnement immédiat des chaussées et sont en général relatifs à l'assainissement et au drainage des eaux, travaux d'accotement et aussi sécurité et signalisation routière.

Pour assurer convenablement leur rôle et contribuer ainsi à la pérennité des structures et au confort de l'usager, une attention particulière doit être apportée à la conception de ces travaux et à la qualité de leur réalisation.

IX.2-PURGES :

Les sections présentant des dégradations localisées et dont la gravité est avérée feront objet de travaux de purges sur une profondeur de 30 cm avec des matériaux soigneusement sélectionnés.

Détail des quantités à mettre en œuvre

Les zones les plus concernées par les travaux de purge sont localisées dans le tableau suivant :

LOCALISATION PK – PK	SURFACE (m ²)	COTE	LOCALISATION PK - PK	SURFACE (m ²)	COTE
48+060	30	CG	53+340	30	CG
48+395	150	CD	53+420	15	CG
48+520	21	CH	53+650	60	CG
48+645	15	CG	53+720	60	CD
48+750	30	CG	53+760	30	CG
51+280	120	CD	53+980	30	CG
51+380	105	CD	53+1030	90	CG
51+600	24	CD			
51+710	60	CD			
53+118	70	CD			
total Chaque côté	625			315	
TOTAL (m²)	940				

IX.3-SCARIFICATION :

Les sections présentant des dégradations localisées dont la gravité est avancée feront objet de travaux de Scarification de la couche de roulement sur une quantité de 35 340 m² et la localisation des sections à scarifier est comme suit.

LOCALISATION PK - PK	Linéaire (m)	Largeur (m)	SURFACE (m²)
48+600-51+000	2400	6.60	15 840
54+000-56+500	2500	7.80	19 500
TOTAL (m²)	35 340		

IX.4-FRAISAGE :

Les sections qui présentent des dégradations d'ordre superficiel ainsi que les sections qui se trouvent au niveau des agglomérations doivent faire l'objet d'un fraisage avant de procéder à la mise en œuvre des couches de renforcement préconisées.

Les zones les plus concernées par les travaux de fraisage sont localisées dans le tableau suivant :

LOCALISATION PK - PK	Linéaire (m)	Largeur (m)	SURFACE (m²)
46+000-47+840	1840	10.50	19 320
52+100-53+100	1000	7.00	7 000
56+500-57+000	500	7.6	3 800
57+000-56+500	500	7.6	3 800
TOTAL (m²)	33 920		

IX.5- COLMATAGE DES FISSURES ISOLEES :

Avant la mise en œuvre de la couche d'enrobé, une mise en place d'un système de colmatage des fissures isolées à large ouverture, qui peuvent exister soit longitudinales ou transversales est nécessaire, soit sur une surface moyenne théorique de 9 000 m².

IX.6-TRAVAUX D'ASSAINISSEMENT ET DE DRAINAGE :IX.6.1-Etat du dispositif d'assainissement et de drainage:

Un examen détaillé du réseau d'assainissement existant au niveau de la RN45 a permis de constater un déficit du dispositif d'assainissement du point de vue qualitatif.

La localisation de tous les travaux est donnée dans les tableaux suivants :

a-Construction des fosses bétonnés :

Pour assurer un bon assainissement du tronçon de route concerne par l'étude, il est nécessaire de prévoir la création de fossés bétonnés.

Les zones les plus concernées par les travaux de création de fossé bétonnés sont localisées dans le tableau suivant :

LOCALISATION PK - PK	Linéaire (m)	Côte	LOCALISATION PK - PK	Linéaire (m)	Côte
46+050-46+150	100	CD	51+790-52+000	210	CD
50+300-50+700	400	CD	52+000-52+180	180	CD
51+000-51+300	300	CD	52+200-52+600	400	CD
51+300-51+660	360	CD			
TOTAL	1 950				

Pour dédoublement :

LOCALISATION PK - PK	Linéaire (m)	Côte	LOCALISATION PK - PK	Linéaire (m)	Côte
P27-P28	25	Droit	P1-P5	125	Gauche
P31-P33	50	Droit	P16-P20	100	Gauche
P36-P37	50	Droit	P28-P29	25	Gauche
P44-P45	25	Droit	P32-P33	25	Gauche
P46-P51	125	Droit	P36-P37	25	Gauche
P55-P58	75	Droit	P44-P51	175	Gauche
P66-P75	225	Droit	P58-P60	50	Gauche
P82-P83	25	Droit	P62-P63	25	Gauche
P85-P88	75	Droit	P64-P65	25	Gauche
			P67-P76	225	Gauche
			P87-P88	25	Gauche
total Chaque côté	675			825	
TOTAL	1500				

b- reconstruction d'Ouvrages transversaux :

Une reconstruction d'ouvrages busés est nécessaire. Ces ouvrages sont localisés au niveau la ville boukhmissa comme suit :



N°	Localisation Pk ou profil	Ouverture
1	48+780 (boukhmissa)	Ø800
2	49+110 (boukhmissa)	Ø800
3	50+200 (boukhmissa)	Ø800

IX.7-TRAVAUX DE SECURITE ET ECLAIRAGE :

Ce sont généralement des travaux qui visent la protection de l'usager vis-à-vis des dangers liés à la sécurité routière visant à minimiser par conséquence les risques de dérapage, ils consistent en général à la mise en place des glissières ou des balises de sécurité. Pour le cas de la RN45, la mise en place des glissières de sécurité est nécessaire. Les sections concernées sont comme suit :

IX.7.1- Glissière de sécurité en béton :

a- Réinstallation de glissière de sécurité en béton :

LOCALISATION PK - PK	COTE DROIT Linéaire (m)	LOCALISATION PK - PK	COTE GAUCHE Linéaire (m)
47+000-47+380	380	48+100-48+200	100
48+100-48+400	300	53+600-54+000	400
53+600-54+000	400		
total Chaque côté	1080		500
TOTAL	1 580		

b- Installation de glissière de sécurité en béton :

LOCALISATION PK - PK	COTE DROIT Linéaire(m)	LOCALISATION PK - PK	COTE GAUCHE Linéaire(m)
46+900-47+000	100	54+500-56+500	2000
48+400-48+500	100		
54+000-54+200	200		
54+500-56+500	2000		
total Chaque côté	2400		2000
TOTAL	4 400		

IX.7.2- Eclairage :

Dans un trafic en augmentation constante, L'éclairage public et la signalisation nocturne des routes jouent un rôle indéniable en matière de sécurité. Leurs buts est de permettre aux usagers de la voie de circuler la nuit avec une sécurité et confort aussi élevé que possible.

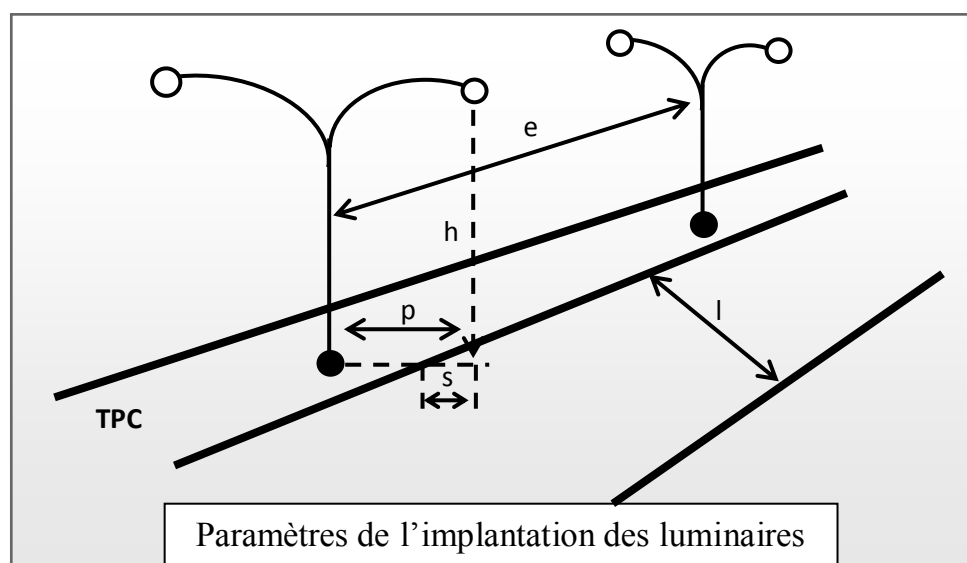
Catégories d'éclairage :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

- ★ Eclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A ;
- ★ Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), catégorie B ;
- ★ Eclairage des voies de cercle, catégorie C ;
- ★ Eclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé, catégorie D.

Paramètres de l'implantation des luminaires :

- ★ L'espacement (e) entre luminaires: qui varie en fonction du type de voie ;
- ★ La hauteur (h) du luminaire: elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et par fois 12 m pour les grandes largeurs de chaussées ;
- ★ La largeur (l) de la chaussée ;
- ★ Le porte-à-faux (p) du foyer par rapport au support ;
- ★ L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.



APPLICATION AU PROJET :

Eclairage de la voie (le long de la route) :

La bordure du TPC doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs lumineux on place. Ensuite, les foyers doivent être suffisamment rapprochés pour que les plages d'éclairement se raccordent sans discontinuité. La hauteur des foyers est en général de 8 à 12m, ainsi l'espacement des supports varie de 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre route.

NOTA :

Deux foyers portés par le même support éclairant chacun une demi chaussée, espacés de 20m.

CHAPITRE X :

CUBATURE

CUBATURE

X.1-INTRODUCTION:

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

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 le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

X.2-CUBATURES DES TERRASSEMENTS:

On entend par cubature le calcul des volumes déblais remblais à déplacer pour respecter les profils en long et travers fixés auparavant et d'établir ainsi le mètre des travaux.

Comme notre est réutilisable, on cherche un équilibre entre les volumes déblais remblais.

Le calcul exact est pratiquement impossible vu l'irrégularité des surfaces.

X.3-MÉTHODE UTILISÉE :

Pour calculer un volume, il y a plusieurs méthodes parmi les quelles il y a celle de la moyenne des aires que nous utilisons et qui est une méthode très simple mais elle présente un inconvénient c'est de donner des résultats avec une marge d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts on doit majorer les résultats trouvés par le coefficient de 10 % et ceci dans le but d'être en sécurité.

X.3.1- Description De La Méthode :

En utilisant la formule qui calcul le volume compris entre deux profils successifs

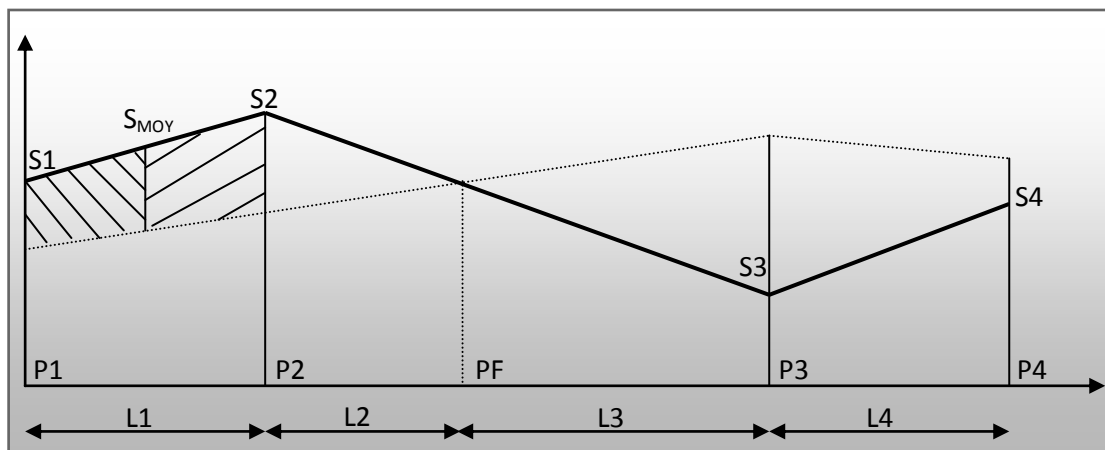
$$V = h/6 \times (S_1 + S_2 + 4S_0)$$

Où : **h**, **S1**, **S2** et **S0** désignant respectivement :

- ★ Hauteur entre deux profils.
- ★ Hauteur des deux profils.
- ★ Surface limitée à mi-distances des profils.

X.3.2- Application :

La figure ci-dessous représente le profil en long d'un tracé donné.



Le volume compris entre les deux profils en travers P1 et P2 de section S1 et S2 sera égale à :

$$V = l_1/6 \times (S_1 + S_2 + 4S_{\text{moy}})$$

Pour éviter un calcul très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions S_{moy} et $(S_1 + S_2)/2$.

Ceci donne :

$$V_i = l_i/2 \times (S_i + S_{i+1})$$

Donc les volumes seront :

★ Entre P₁ et P₂ : $V_1 = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2)$

★ Entre P₂ et P_F : $V_2 = \frac{l_2}{2} \times (S_2 + 0)$

★ Entre P_F et P₃ : $V_3 = \frac{l_3}{2} \times (0 + S_3)$

★ Entre P₃ et P₄ : $V_4 = l_4/2 \times (S_3 + S_4)$

En additionnant membre à membre ces expressions on a le volume total des terrassements :

$$V = (l_1/2) \times S_1 + ((l_1+l_2)/2) \times S_2 + ((l_2+l_3)/2) \times 0 + ((l_3+l_4) \times S_3 + (l_4/2) \times S_4$$

On voit l'utilité de placer les profils PF puisqu'ils neutralisent en quelque sorte une certaine longueur du profil en long, en y produisant un volume nul

Remarque: Les résultats de calcul des cubatures sont joints en annexe.

CHAPITRE XI :

*ETUDE
D'ASSAINISSEMENT*

ETUDE D'ASSAINISSEMENT

XI.1-INTRODUCTION:

Il n'est sans doute pas superflu de rappeler que l'eau est l'ennemi numéro un (01) de la route. Ainsi le drainage doit être assuré au maximum. Le volet assainissement ne doit pas être négligé lors d'une étude d'un projet routier, son dimensionnement doit être fait correctement et dans les normes.

L'eau quelque soit son origine dans la nature (pluie, eau infiltrée dans le sol, cours d'eau, canaux d'irrigation, etc.) pose à l'ingénieur routier des problèmes multiples et complexes.

Les effets de l'eau sur la route sont de deux sortes :

- ★ Ceux qui mettent en jeu la sécurité de l'usager (glissance, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par dés enrobage des couches de surface, etc.).
- ★ Ceux qui influent sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation.

C'est pourquoi l'étude hydraulique, nécessite une parfaite connaissance des données climatique et pluviales pour la détermination des débits de crues de différentes.

XI.2-TYPES DE DEGRADATION:

Les ruissellements des eaux en surfaces de la route engendrent de grave dégât à cause de mauvais drainage et entretien. Ces dégradations présentent sous forme de :

Pour les chaussées :

- ★ Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées) ;
- ★ Dés enrobages ;
- ★ Nid de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée avec un important trafic) ;
- ★ Décollement des bords (affouillement des flancs).

Pour le talus :

- ★ Glissement ;
- ★ Erosion ;
- ★ Affouillements du pied de talus.

XI.3-OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT:

L'assainissement des chaussées des routes doit remplir les objectifs suivants :

- ★ Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée, (danger d'aquaplaning).
- ★ Assurer l'évacuation des eaux s'infiltrant à travers du corps de la chaussée. (danger de ramollissement du terrain sous jacent et effet de gel).
- ★ Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et effet de gel).

Ces objectifs seraient atteints par une bonne installation (dans la zone en déblai et les points bas) d'ouvrages d'évacuations comme fossé dalots dans notre cas. Leurs dimensions seront fonction du débit d'eaux recueillis.

XI.4-Types de canalisations :

L'évacuation des eaux hors ouvrage s'effectue par le biais de dispositifs adéquats appelés «canalisations », son réseau est partagé en deux catégories :

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

DEFINITION :

Bassins versants :

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

Surface des bassins versants (A) :

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

- ★ Les surfaces A sont mesurées en Km².
- ★ Les longueurs de talweg principal L sont mesurées en Km
- ★ La pente P est calculée en faisant le rapport de la dénivelée du talweg par sa longueur L.

Collecteur (canalisation):

Conduite principale récoltant les eaux d'autres conduites, dites Collecteurs secondaires, recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

Les collecteurs sont constitués par des tuyaux enterrés alignés, entre les regards avec un diamètre et une pente constante.

Cheminée (chambre de visite):

Ouvrage placé sur les canalisations pour contrôler, nettoyer et pour faciliter l'entretien des canalisations.

Pour cette dernière raison, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 100 m.

Sacs :

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

Les regards :

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

XI.5-DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES D'EVACUATIONS:

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

$$Q_a = Q_s$$

-**Q_a** : débit d'apport en provenance du bassin versant (m³/s).

-**Q_s** : débit d'écoulement au point de saturation (m³/s).

XI.5.1-Estimation des débits d'apport (Qa) :

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

Avec :

- **K** : coefficient qui permet la conversion des unités (les mm/h en l/s). $K=0.2778$.
- **I_t** : intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration (mm/h).
- **C** : coefficient de ruissellement.
- **A** : aire du bassin versant (m²).

1-Coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des trois paramètres suivants :

-la couverture végétale ; -la forme ; -la pente et la nature du terrain.

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.80 à 0.95	0.95
Accotement : sol légèrement perméable	0.15 à 0.40	0.4
Talus	0.10 à 0.30	0.3
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

[Tableau XI.1:](#)coefficient de ruissellement(C)

2-intensité de la pluie :

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

2.1-la hauteur de la pluie journalière :

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

Ou : **P_{jmoy}** : Pluie journalière moyenne (mm) ;

C_v : coefficient de variation ;

U : variable de Gauss ;

Ln : Log Népérien.

Fréquence	Période de retour (ans)	Variable de Gauss(u)
50	02	0.00
20	05	0.841
10	10	1.282
05	20	1.645
02	50	2.057
01	100	2.327

[Tableau XI.2:](#)variable de Gauss(u)

Remarque :

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

2.2-calcul de la fréquence d'averse :

La fréquence d'averse est donnée par la formule suivante :

$$P(t)=P_j \cdot (t_c/24)^b$$

Où :

P_j : la hauteur de la pluie journalière maximale (mm) ;

b : exposant climatique ;

P_t : pluie journalière maximale annuelle ;

T_c : temps de concentration (heure).

2.3- Temps de concentration :

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

Dépendant des caractéristiques du bassin drainé ; Le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, Passini, Giandothi, comme suit :

1 -Lorsque $A < 5 \text{ km}^2$:

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

T_c : Temps de concentration (heure).

2 -Lorsque $5\text{km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$:

$$t_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}}$$

A : Superficie du bassin versant (km^2).

L : Longueur de bassin versant (km).

3 -Lorsque $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}$$

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

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

2.4- l'intensité horaire :

$$I = P(t)/t_c$$

XI.5.2-Calcul de débit de saturation :

Le débit d'écoulement au point de saturation :

Le débit de saturation est donné par la formule de « **MANNING-STRICKLER** » :

$$Q_s = S \cdot K_{st} \cdot i^{\frac{1}{2}} \cdot R H^{\frac{2}{3}}$$

Ou :

K_{st} : Coefficient de strickler qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage ;

S : section mouillée ;

R : rayon hydraulique ; $R=S/P$.

i : la pente moyenne de l'ouvrage.

Coefficient de MANNING strickler :

Les ouvrages sont proposés en béton armé :

-pour les dalots un coefficient égal à 70.

-pour les buses un coefficient égal à 80.

XI.6-APPLICATION AU PROJET :**Données hydrauliques :**

Les données hydrauliques sont tirées de l'étude effectuée dans la région de M'sila.

Les données nécessaires aux calculs sont :

- ★ Pluie moyenne journalière maximale $P_j=100\text{mm}$;
- ★ Le coefficient de variation de la région considérée $c_v=0.42$;
- ★ L'exposant climatique de la région $b = 0,27$;

XI.6.1-CALCUL HYDRAULIQUE :**Calcul de précipitation :**

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

Pendant 10 ans :

$U=1.28$ $C_v=0.42$ $P_j=100$

$$P_j(\%) = 154.45 \text{ mm}$$

A) Calcul de l'intensité de l'averse :

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

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

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

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

Pour $P_j(\%) = 154.45 \text{ mm}$

$$I = \frac{154.45}{24} = 6.43 \text{ mm/h}$$

$$I_t = I (t_c/24)^B = 6.43(0.25/24)^{-0.73} = 180 \text{ mm/h}$$

Surface des bassins versants (A) :

-surface de la chaussée : $A_c = 7.6 \times 100 \times 10^{-4} = 0.076 \text{ ha}$.

-surface de l'accotement : $A_a = 2 \times 100 \times 10^{-4} = 0.02 \text{ ha}$.

-surface du talus : $A_t = 10 \times 100 \times 10^{-4} = 0.1 \text{ ha}$.

Calcul des débits :

$$Q_c = 1/360 \times 0.95 \times 180 \times 0.076 = 0.0361 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$Q_a = 1/360 \times 0.4 \times 0.02 \times 180 = 4 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$Q_t = 1/360 \times 0.1 \times 180 \times 0.3 = 0.015 \text{ m}^3/\text{s}$$

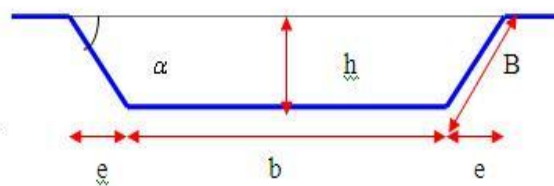
D'après les données précédentes et les courbes « Intensité-Durée-Fréquence ». On a obtenu une intensité $I = 180 \text{ mm/h}$.

Le profil en travers hypothétique de fosse est donné dans la figure ci-dessous :

Surface D'apport	Surface (ha)	Coefficient de Ruissellement 'c'	Intensité de l'averse mm/h	Debit(m ³ /s) Q _{ai}	Debit total Q _a
Chaussée	0,076	0.95	180	0.0361	0,055
Accotement	0,02	0.4	180	0,004	
Talus	0,1	0.3	180	0,015	

XI.6.2-Dimensionnement d'un fossé :

La section transversale des fossés peut avoir de diverses formes, les plus utilisées en Algérie sont de forme trapézoïdale et triangulaire.



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

La surface mouillée :

$$S_m = h(b+e) = h(b+nh).$$

Le périmètre mouillé :

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

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

Le rayon hydraulique :

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

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

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

La hauteur (h) d'eau dans le fossé correspond au débit d'écoulement au point de saturation. Cette hauteur sera obtenue, en égalisant le débit d'apport au débit de saturation.

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

$$Q_a = Q_s = K_{st}.i^{1/2} S_m.R_h^{2/3}$$

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

$$= (K_{st}.i^{1/2}).h^{5/3}.b. \left[\frac{(1+nh/b)^{5/3}}{(b+2h\sqrt{1+n^2})^{2/3}} \right]$$

$$H = (Q_a / K_{st}.i^{1/2} b)^{3/5} \left[\frac{(1+nh/b)}{(b+2h\sqrt{1+n^2})^{2/5}} \right]$$

D'après le calcul itératif on trouve $h=0,22$ m.

Donc : l'hauteur de fosse $h=0,30$ m et la base $b= 0,50$ m.

XI.6.3-Dimensionnement des buses :

$$\sin \alpha = 0.4D/0.5D = 0.8 \quad \text{donc : } \alpha = 53.13^\circ$$

La surface mouillée :

$$S_1 = \pi R^2 = \pi.D^2/4.$$

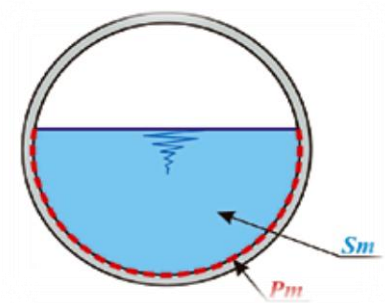
$$S_2 = (0.5D \times 26.56D)/2 = 6.64D^2.$$

$$S_3 = 6.64D^2.$$

$$S_4 = 0.3D \times 0.4D = 0.12D^2.$$

$$\text{Donc: } S_m = S_1 + S_2 + S_3 + S_4$$

$$= (\pi/4 + 6.64 + 6.64 + 0.12)D^2 = 7.15D^2.$$



Le périmètre mouillé :

$$P_1 = \pi R.$$

$$P_2 = \alpha R.$$

$$P_3 = \alpha R.$$

$$\text{Donc : } P_m = P_1 + P_2 + P_3$$

$$= (2\alpha + \pi) R = 54.7D.$$

$K_{st} = 80$ (condition de qualité normale).

$$Q_a = Q_s = 80 \times \sqrt{i} \times 7.15D^2 \times (7.15D^2 / 54.7D)^{2/3}$$

$$D = Q_a / (\sqrt{i} \times 148.36) = 0.746 \times 10^{-3}.$$

On prend des buses des diamètres ϕ 800 mm.

CHAPITRE XII :

SIGNALISATION

SIGNALISATION

XII.1-INTRODUCTION :

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

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

XII.2- L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE:

La signalisation routière a pour objet :

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

XII.3- CATEGORIES DE SIGNALISATION :

On distingue :

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

XII.4- REGLES À RESPECTER POUR LA SIGNALISATION :

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

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

XII.5-TYPES DE SIGNALISATION :

On distingue deux types de signalisation :

- ★ Signalisation verticale.
- ★ Signalisation horizontale.

XII.5.1-SIGNALISATION VERTICALE:

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

a)-signalisation avancée :

Le signal A24 est placé à une distance de 150m de l'intersection. Le signal B3 accompagné dans tous les cas d'un panneau additionnel (modèle G5) est implanté sur la route prioritaire.

b)-signalisation de position :

Le signal de type B2 « arrêt obligatoire » est placé sur la route ou les usagers doivent marquer l'arrêt.

c)-signalisation de direction :

L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75°.

XII.5.2-SIGNALISATION HORIZONTALE:

Elle concerne uniquement les marques sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation, avertir ou guider les usagers. Toutes ces marques sont de couleur blanche. La signalisation horizontale se divise en trois types :

a) Marque longitudinales :**-Lignes continues :**

Elles ont un caractère impératif (non franchissables sauf du côté où elles sont doublées par une ligne discontinue). Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit.

-Lignes discontinues:

Ce sont des lignes utilisées pour le marquage, elle se différencie par leur module, c'est-à-dire le rapport de la longueur des traits à celle de leurs intervalles. On distingue :

- ★ lignes axiales ou lignes de délimitation de voie pour lesquelles la longueur des traits est environ égale ou tiers de leur intervalles.
- ★ lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles 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 la largeur des traits est le triple de celle de leurs intervalles.

Modulation des lignes discontinues :

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

Rapport plein/vide	Intervalle entre 2 traits successifs(m)	Longueur de trait (m)	Type de modulation	Type de marquage
1/3	10	3	T1	AXIAL LONGITUDINAL
1/3	5	1.5	T'1	
3	1.33	3	T3	
1	3.5	3	T2	RIVE
3	6	20	T'3	
1	0.5	0.5	T'2	TRANSVERSAL

b) Marque transversales :

Ligne stop: C'est une ligne continue qui oblige les usages à marquer un arrêt.

XII.6-AUTRE SIGNALISATION :**a)LES FLECHES DE RABATTEMENT :**

Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent.

b) LES FLECHES DE SELECTION:

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

Largeur des lignes :

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

U=7,5 cm sur les autoroutes et les voies rapides urbaines ;

U=6 cm sur les routes et les voies urbaines ;

U =5 cm sur les autres routes.

Dispositif de retenue**C) GLISSIERES DE SECURITE :**

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

-LES GLISSIERES DE NIVEAU 1 :

Sont particulièrement adoptées pour les routes principales.

-LES GLISSIERES DE NIVEAU 2 :

Sont envisageable lorsque les vitesses pratiquées, à leurs endroits, sont faibles (de l'ordre de 60 km/h). Concernent les autres types de routes, des glissières doivent être prévues dans les cas suivants :

- ★ Sur le TPC : éventuel pour les cas des routes a deux chaussées de type R.
- ★ Sur accotement :
- ★ En présence d'obstacles durs ou autres configurations agressives.

Lorsque la hauteur des remblais dépasser 4 mètres, ou en présence d'une dénivellation brutale de plus de 1m (cas des ouvrages d'arts par exemple). Pour les autres cas des glissières peuvent être implanté en cas de problèmes spécifique. Il est a notre cependant.

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

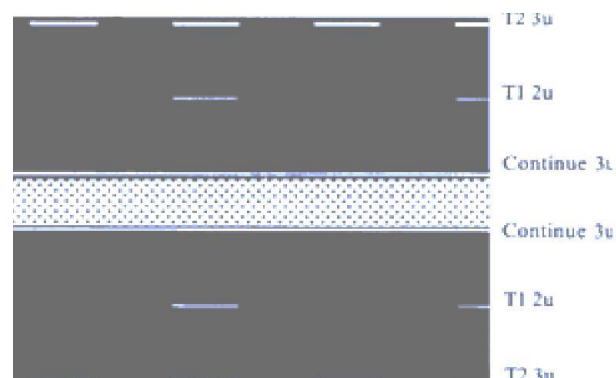
XIII.7-APPLICATION AU PROJET:

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

SIGNALISATION HORIZONTALE:

Marquage de la chaussée en ligne continue de largeur de 15cm délimitant le TPC

Ligne discontinue T1 2U



L'influence de la signalisation horizontale sur les conditions de circulation est particulièrement importante aussi bien au plan de la sécurité, qu'au plan de confort de conduite, on distingue :

- 1- **Les bandes discontinues** : pour la délimitation des voies de circulation et le dépassement des véhicules lorsque la visibilité le permet ;
- 2- **Les bandes continues** : pour interdire le dépassement des véhicules lorsque la visibilité ne le permet pas.

Localisation PK-PK	Désignation des travaux	Linéaire (m)
46+000-54+000	Peinture en bandes discontinues	21600
	Peinture en bandes continues	2400
54+000-56+500	Peinture en bandes discontinues	8150
	Peinture en bandes continues	5350
56+500-57+000	Peinture en bandes discontinues	1000
	Peinture en bandes continues	2000

SIGNALISATION VERTICALE:

Les Panneaux de signalisation:

E36: Localisation d'une région administrative ou d'une wilaya. Ce panneau est à fond bleu, le listel et l'inscription jaune. Ce panneau comporte sur le coté gauche un schéma illustratif d'une limite administrative.

EB10: Panneau d'entrée d'agglomération est de forme rectangulaire, à fond blanc avec une bordure rouge et un listel blanc ; les inscriptions sont en caractères droits majuscules (L1) de couleur noire.

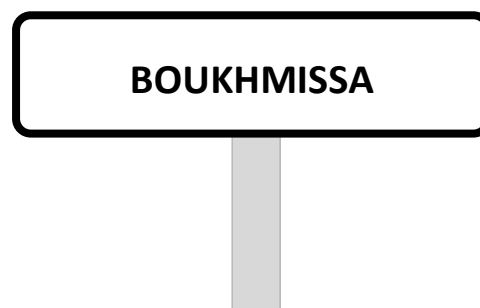
EB20: Panneau de sortie d'agglomération est de forme rectangulaire, à fond blanc avec un listel noir et une barre transversale rouge ; les inscriptions sont en caractères droits majuscules (L1) de couleur noire.

D21b : Sont les panneaux qui ne comportent pas d'indications de kilométrage et qui sont, en général, surmontés d'un cartouche. Il peut être à fond bleu, vert, blanc ou jaune.

Localisation 46+000 au 57+000	Localisation 57+000 au 46+000
Virage dangereux A1a	Panneaux EB10 (sortie Agglomération M'sila)
Panneaux disque EB14 (vitesse 70)	3 Panneaux disque d'EB14 (vitesse 80)
Panneaux de direction EB10 (entrer de boukhmissa)	2 Panneaux D21b (Panneaux de position)
Panneaux de direction EB20 (sortie de boukhmissa)	Panneaux disque EB14 (vitesse 60)
Panneaux de rappel EB14 (limitation de vitesse)	Panneaux de rappel EB14 (limitation de vitesse)
Panneaux disque EB14 (vitesse 60)	Panneaux de direction EB10 (entrer de boukhmissa)
2 Panneaux D21b Panneaux de position	Panneaux de direction EB20 (sortie de boukhmissa)
3 Panneaux disque EB14 (vitesse 80)	Panneaux disque EB14 (vitesse 70)
Panneaux EB10 (entrer Agglomération M'sila)	Virage dangereux A1a



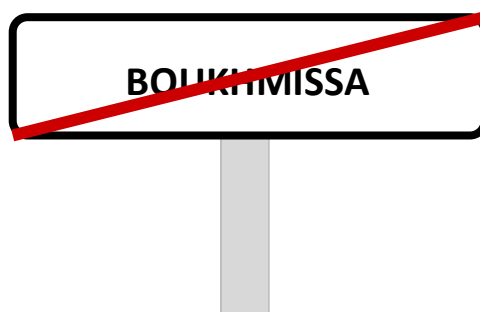
A1a : virage dangereux.



EB10 : panneaux d'entrée d'agglomération.



EB14 : limitation de vitesse.



EB20 : panneaux de sortie d'agglomération

CHAPITRE XIII :

*L'IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT*

L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIII.1-ETUDES D'ENVIRONNEMENT D'UN PROJET ROUTIER :

Le terme "environnement" est à prendre dans le domaine des études préalables routières au sens large.

Ce domaine rassemblera toutes les thématiques qui décrivent les lieux de vie des espèces animales et végétales.

L'étude d'environnement est une étude scientifique et technique multi disciplinaire qui permet d'analyser et d'évaluer les effets et les mesures par rapport à chacune des composantes environnementales d'un projet.

La construction d'un aménagement routier est perçue aujourd'hui comme étant une action susceptible de porter atteinte à l'environnement.

En effet l'extraction de matériaux, les déboisements l'utilisation des ressources en eau et l'émission de bruits engendrés par ce type de projets sont des actions qui peuvent altérer la qualité des paysages ainsi que les ressources naturelles.

Le périmètre des zones d'influence pourra être défini en fonction des conditions aux limites (unité biogéographique, ou bassin versant pour le milieu terrestre). Il peut aussi dépendre des relations fonctionnelles entre milieu. Ainsi pour chaque périmètre seront définies les caractéristiques à l'origine et les impacts du projet pour chaque solution envisagée.

Réglementairement, la réalisation ou la modernisation d'une infrastructure dont le coût de projet est élevé doit faire l'objet d'une étude d'impact. Pour réaliser cette étude d'impact, il faut aborder l'ensemble des thématiques directement liées à l'environnement (eau, air, faune, flore), mais aussi sur l'environnement de l'être humain.

XIII.2-OBJECTIFS :

Les préoccupations relatives à l'environnement peuvent être en grande partie regroupées autour de quelques objectifs généraux :

- ★ Rechercher la meilleure intégration de la route dans l'environnement ;
- ★ Limites les paramètres qui peuvent engendrer la dégradation de l'environnement ;
- ★ Assurer la meilleure stratégie de l'entretien routier ;

L'étude de l'impact sur l'environnement est portée essentiellement sur les éléments suivants :

XIII.2.1-Les éléments humains :a-Habitats et constructions diverses :

Autrefois ce problème ne prenait pas une grande envergure car la distance route existante est loin à l'habitation.

b-Indemnisation:

Elle se fait sur la base de l'estimation par les services concernés de la valeur de la construction à démolir au passage de la route.

c-Communications:

La phase des travaux sur la RN 45 A engendrera une perturbation de l'activité économique et commerciale.

XIII.2.2-Les éléments naturels :a-La faune:

L'impact de dédoublement d'une route sur la faune doit faire des parties des données essentielles prises en compte lors de la conception de son tracé pour atténuer la coupure biologique et pour protéger la faune des risques de collision sachant que sur cette route il y a lieu de présence d'animaux sauvages.

Le tracé de la route provoquera des accidents dus aux collisions des usagers de la route avec ces animaux.

b-La flore :

Les études des rectifications menées sur le terrain permettent d'identifier précisément les groupements des végétaux atteints par le tracé retenu. La connaissance approfondie de la flore local vise à orienter le choix des espaces à planter sur le talus selon un certain nombre de critères, particularité de la climatologie et du paysage.

Les espaces végétaux indigènes sont ainsi toujours privilégiés car elles présentent l'intérêt d'être les mieux adaptées au milieu environnant (littoral).

c-Les ressources en eau :

La route peut modifier les écoulements la qualité des eaux de surface et souterraines, entraînant par fois un risque d'inondation, d'érosion de dépôt ou une modification de la dynamique de la nappe phréatique.

Pour la prévention des eaux superficielles et souterraines contre la pollution la conception de bassin anti-pollution ou de merlon anti-déversement est un moyen assez efficace de réduire ce type de nuisances aussi le drainage des routes doit être conçu de façon à retenir l'eau dans les micros bassins pour affaiblir les inondations et évaluer les eaux stagnantes.

d-pollution de l'aire :

La pollution de l'aire due au trafic routier est essentiellement causée par le gaz d'échappements de (Co, Nox, Hc), et la poussière.

Pour lutter contre ces effets, la politique de transport doit veiller à :

- ★ Améliorer la carburation et les moteurs pour limiter les rejets de gaz.
- ★ Utiliser d'autre mode de transport.
- ★ Utiliser d'autres sources d'anergies.
- ★ _Régler le trafic et contrôler les véhicules et les vitesses.
- ★ Encourager les plantations dans les villes sujettes aux pollutions de l'aire.

À titre d'exemple les apports annuels sur une route à deux voies supportant un trafic de 10 000 véhicules par jour s'élèvent à:

- Matières en suspension : 200 à 1 200 kg/km ;
- Demande chimique en oxygène : 230 à 400 kg/km ;
- Plomb [4] : 0,9 à 1,3 kg/km ;
- Zinc : 1,5 à 2,5 kg/km ;
- Hydrocarbures : 5 kg/km.

XIII.2.3-Les éléments physiques :a-Nuisance sonore :

Les nuisances sonores constituent l'impact le plus décrié en matière de transport routier.

La limitation des nuisances sonores doit faire partie des objectifs prioritaires pris en compte dès les premières phases d'élaborations d'un projet routier la définition du tracé et la détermination de ces caractéristiques géométrique influent considérablement sur les émissions sonores.

Le nombre et la position des habitations que compte la zone ne justifient pas l'aménagement d'écran antibruit, pour l'évitement des agglomérations importantes.

Le bruit lié au roulement est devenu la source principale émise par les véhicules en circulation pour des vitesses supérieures à 50 km/h et à partir de 70 km/h pour les PL.

Deux facteurs sont bien évidemment à l'origine de ce bruit :

Le revêtement routier et le pneumatique.

Les moyens pour lutter contre le bruit dans un projet routier peuvent prendre plusieurs formes :

- ★ Réduction de la vitesse.

- ★ implantation de la voie par rapport aux zones bâties (niveau de bruit moyen diminue de 3 dB chaque fois que la distance est doublée).
- ★ construction de buttes de terre.
- ★ baisse du profil en long par rapport au terrain naturel.
- ★ murs antibruit.
- ★ isolation des bâtiments

XIII.3-CONCLUSION:

Le défi est de notre étude est de minimiser l'impact négatif sur l'environnement de la zone. Tout en privilégiant un contrôle continu sur cet impact pendant les années à venir ou le flux des véhicules sera plus important donc plus polluant, préconiser aussi une étude dans le cadre de l'aménagement de territoire futur de cette région car une route fiable génère une activité socio-économique plus intense donc des effets plus importants sur la route.

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PU(DA)	TOTALE(DA)
1	<u>ACQUISITION DE TERRAIN</u>				
	-Terrains agricoles	M ²	27 500	2000	55 000 000
	<u>TOTAL</u>		55 000 000		
2	<u>TRAVAUX DE CHAUSSEE</u>				
	-Couche de forme(TUF) ;	M ³	8 462	1 500	12 693 000
	-Couche de base (GB) ;	T	20 724	4 400	91 185 600
	-Couche de roulement (BB) ;	T	14 785	5 000	73 925 000
	-Couche de fondation (GK) décaissement ;	M ³	10 795	2 000	21 590 000
	-Couche d'accrochage (0.3kg/m ²) ;	T	84,696	57 000	4 827 672
	-Chargement d'accotement (TUF) ;	M ³	11 400	1500	17 100 000
	-d'imprégnation en émulsion cationique.	T	57,28	7000	400 960
	<u>TOTAL</u>		221 722 232		
3	<u>PREPARATION TERRAIN</u>				
	-Purge ;	M ²	940	1 000	940 000
	-Scarification ;	M ²	35 340	40	1 413 600
	-Fraisage ;	M ²	33 920	250	8 480 000
	-Colmatage des fissures.	M ²	9 000	1000	9 000 000
	<u>TOTAL</u>		19 833 600		
4	<u>TERRASSEMENT</u>				
	-Décapage de terre végétale épaisseurs de 20 a 30cm ;	M ²	5 500	35	192 500
	-déblais en terrain meuble mise en remblais ;	M ³	10990	460	5 055 400
	-déblais excédentaire en terrain meuble mis en dépôt ;	M ³	21 306	310	6 604 860
	- remblai en provenance d'emprunts.	M ³	0	500	0
	<u>TOTAL</u>		11 852 760		
5	Impact sur l'environnement	F (1%)	2 335 749.92		
	<u>TOTAL</u>		2 335 749.92		
6	<u>ASSAINISSEMENT</u>				
	-Passage busée φ 800	M	72	35000	2 520 000
	-Fossés bétonnées	M	3450	2000	6 900 000
	<u>TOTAL</u>		9 420 000		
7	Eclairage	UN	100	220 000	22 000 000
	<u>TOTAL</u>		22 000 000		

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

8	-Installation de glissière de sécurité en béton	M	4 400	5 000	22 000 000
	-Réinstallation de glissière de sécurité en béton	M	1 580	5 500	8 690 000
	<u>TOTAL</u>		30 690 000		
9	<u>SIGNALISATION</u>	F (5%)	11 678 749,6		
	<u>TOTAL</u>		11 678 749,6		
	TOTAL GENERAL		384 533 091		

Le montant total de projet est :

**Trois cent –quatre -vingt -quatre millions -cinque cent -trente –
trois milles- quatre-vingt -onze dinars algérien.**

CONCLUSION :

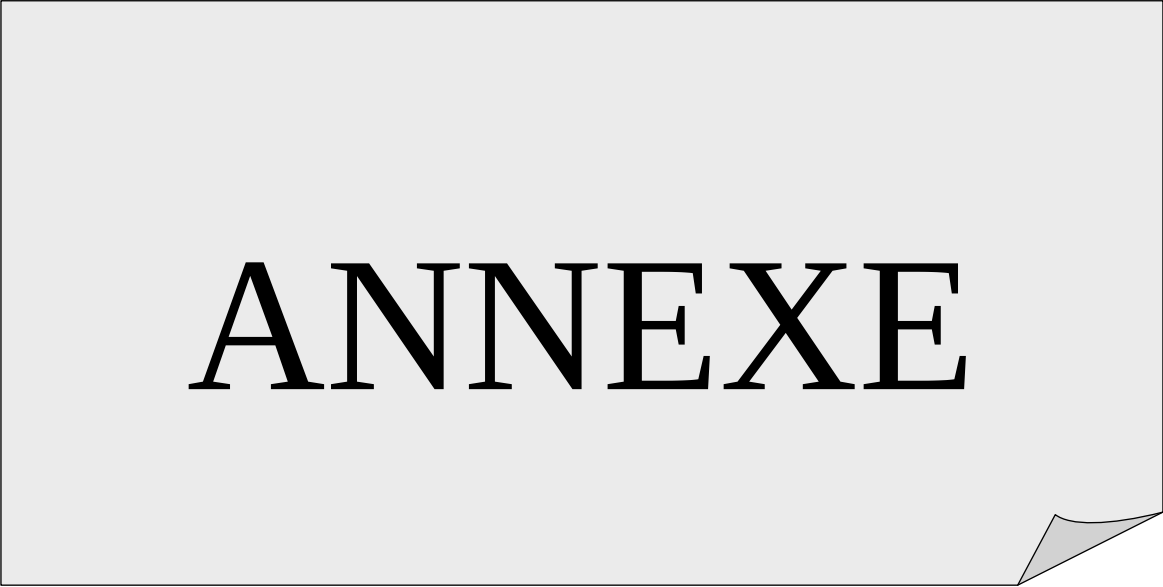
Le stage de fin d'étude pratiqué au contrôle technique des travaux publics (CTTP) nous a permis d'appliquer et d'élargir mes connaissances théoriques déjà requises durant mon cursus universitaire.

Elle était l'occasion pour nous de tirer profit de l'expérience de personnes du domaine, et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour l'élaboration d'un projet de travaux publics.

Le projet de la modernisation et le renforcement de la RN45 qui nous a été confié comme étude, nous a permis de me familiariser avec le domaine professionnel et cela à travers les contacts avec les ingénieurs du CTTP, elle était aussi une grande occasion pour savoir le déroulement d'un projet des travaux publics en général et un projet routier en particulier et par conséquent l'utilisation des logiciels de calcul et de dessin notamment le PISTE, l'AUTOCAD, ELMOD06 et ALIZE III.

Bibliographie

- ★ cour de route de 4^{ème} année (route1) ;
- ★ cour de route 4^{ème} année (route 2) ;
- ★ B40 (les normes techniques d'aménagement des routes);
- ★ Le guide des renforcements (fascicules 1,2 ,3) ;
- ★ Cour hydraulique 4^{ème} année ;
- ★ ENSTP les anciennes mémoires de fin d'étude ;
- ★ Signalisation routière.



ANNEXE

AXE EN PLAN

POUR DEDOUBLEMENT :

ELEM	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCISSE	X	Y
			0.000	10000.012	19999.208
D1	GIS = 5.177g	29.030			
			29.030	10002.370	20028.141
L1	A = 30.000 Rf= 100.000 L = 9.000				
			38.030	10002.966	20037.121
	XC= 9903.032 YC= 20040.752 R = 100.000 L = 5.126				
			43.156	10003.021	20042.246
	Rd= 100.000 A = 30.000 L = 9.000	23.126			
			52.156	10002.617	20051.236
D2	GIS = 396.184g	22.172			
			74.328	10001.288	20073.368
L2	A = 60.000 Rf= 400.000 L = 9.000				
			83.328	10000.716	20082.350
	XC= 9601.729 YC= 20053.899 R = 400.000 L = 103.395				
			186.723	9980.188	20183.393
	Rd= 400.000 A = 60.000 L = 9.000	121.395			
			195.723	9977.210	20191.886
D3	GIS = 378.296g	43.935			
			239.658	9962.520	20233.293
C3	XC= 8077.629 YC= 19564.572 R = 2000.000	32.420			
			272.078	9951.433	20263.757
D4	GIS = 377.264g	257.789			
			529.867	9861.312	20505.280

C4	XC= 10534.747 YC= 20756.564 R = -718.789	245.890			
			775.757	9816.039	20745.749
D7	GIS = 399.042g	365.011			
			1140.768	9810.547	21110.719
C5	XC= 11810.321 YC= 21140.810 R = -2000.000	6.264			
			1147.032	9810.463	21116.982
D8	GIS = 399.241g	96.139			
			1243.171	9809.317	21213.114
L6	A = 60.000 Rf= 550.000 L = 6.545				
			1249.716	9809.226	21219.659
	XC= 9259.314 YC= 21209.834 R = 550.000 L = 189.364				
			1439.080	9773.637	21404.697
	Rd= 550.000 A = 60.000 L = 6.545	202.455			
			1445.626	9771.294	21410.809
D9	GIS = 376.565g	64.288			
			1509.913	9748.159	21470.790
C7	XC= 11614.175 YC= 22190.501 R = -2000.000	26.452			
			1536.365	9738.804	21495.532
D10	GIS = 377.407g	49.824			
			1586.189	9721.491	21542.251
C8	XC= 11596.862 YC= 22237.220 R = -2000.000	130.038			
			1716.227	9680.299	21665.569
D11	GIS = 381.546g	128.978			
			1845.205	9643.434	21789.166
L9	A = 60.000 Rf= -800.000 L = 4.500				
			1849.705	9642.152	21793.479
	XC= 10409.417				

	YC= 22019.983 R = -800.000 L = 249.588				
			2099.294	9609.666	22039.925
	Rd= -800.000 A = 60.000 L = 4.500	258.588			
			2103.794	9609.786	22044.423
D12	GIS = 1.766g	17.725			
			2121.518	9610.278	22062.141
L10	A = 60.000 Rf= 500.000 L = 7.200				
			2128.718	9610.460	22069.338
	XC= 9110.566 YC= 22079.609 R = 500.000 L = 212.844				
			2341.562	9570.089	22276.685
	Rd= 500.000 A = 60.000 L = 7.200	227.244			
			2348.762	9567.219	22283.288
D13	GIS = 373.749g	72.595			
			2421.357	9538.126	22349.799
L11	XC= 8255.469 YC= 21788.736 R = 1400.000	45.689			
			2467.045	9519.136	22391.352
D14	GIS = 371.672g	42.320			
			2509.365	9500.920	22429.550

LONGUEUR DE L'AXE 2509.365

POUR LA ZONE DE BOUKHMISSA :

ELEM	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCISSE	X	Y
			0.000	8975.985	24996.221
D1	GIS = 392.356g	786.254			
			786.254	8881.800	25776.813
L1	A = 100.000 Rf= 300.000 L = 33.333				
			819.587	8877.196	25809.822

	XC= 8581.811 YC= 25757.403 R = 300.000 L = 92.626				
			912.213	8847.299	25897.103
	Rd= 300.000 A = 100.000 L = 33.333	159.293			
			945.547	8830.698	25926.002
D2	GIS = 365.626g	47.005			
			992.551	8806.533	25966.320
C2	XC= 7605.700 YC= 25246.598 R = 1400.000	108.514			
			1101.066	8747.197	26057.143
D3	GIS = 360.692g	57.397			
			1158.463	8713.967	26103.942
L3	A = 70.000 Rf= -200.000 L = 24.500				
			1182.963	8700.195	26124.200
	XC= 8870.048 YC= 26229.793 R = -200.000 L = 98.798				
			1281.761	8670.435	26217.358
	Rd= -200.000 A = 70.000 L = 24.500	147.798			
			1306.261	8669.912	26241.849
D4	GIS = 399.939g	4.505			
			1310.765	8669.907	26246.354
L4	A = 200.000 Rf= 600.000 L = 66.667				
			1377.432	8668.609	26312.999
	XC= 8069.567 YC= 26279.104 R = 600.000 L = 51.397				
			1428.829	8663.512	26364.126
	Rd= 600.000 A = 200.000 L = 66.667	184.730			
			1495.496	8651.630	26429.716

D5	GIS = 387.412g	87.184			
			1582.679	8634.502	26515.201
L5	A = 300.000 Rf= -1200.000 L = 75.000				
			1657.679	8620.536	26588.886
	XC= 9803.943 YC= 26787.749 R = -1200.000 L = 24.511				
			1682.191	8616.721	26613.098
	Rd= -1200.000 A = 300.000 L = 75.000	174.511			
			1757.191	8607.354	26687.507
D6	GIS = 392.691g	651.983			
			2409.174	8532.663	27335.198

LONGUEUR DE L'AXE 2409.174

PROFIL EN LONG

POUR DEDOUBLEMENT :

ELEM	CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS	LONGUEUR	ABSCISSE	Z
			0.000	999.968
PR1	S= 205.1234 Z=1001.9243 R = -10754.13	322.793	322.793	1001.280
PR2	S= 468.7926 Z=1000.4817 R = 13343.25	296.735		
			619.528	1001.333
PR3	S= 1482.9674 Z=1006.2102 R = -76432.29	474.168		
			1093.696	1005.219
PR4	S= 941.4157 Z=1004.8311 R = 29899.78	468.516		
			1562.212	1011.276
PR5	S= 2037.6115 Z=1016.2110 R = -22896.97	755.986		
			2318.198	1014.492
PR6	S= 2355.9489 Z=1014.2605 R = 3080.63	191.167	2509.365	1018.081

LONGUEUR DE L'AXE 2509.365

POUR LA ZONE DE BOUKHMISSA :

ELEM	CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS	LONGUEUR	ABSCISSE	Z
			0.000	1029.498
D1	PENTE= 0.681 %	283.074		
			283.074	1031.425
PR1	S= 303.4933 Z=1031.4942 R = -3000.00	25.052		
			308.126	1031.491
D2	PENTE= -0.154 %	181.430		
			489.557	1031.210
PR2	S= 495.7337 Z=1031.2057 R = 4000.00	13.567		
			503.123	1031.213
D3	PENTE= 0.185 %	145.810		
			648.933	1031.482

PR3	S= 641.5434 Z=1031.4751 R = 4000.00	30.414		
			679.347	1031.654
D4	PENTE= 0.945 %	252.923		
			932.270	1034.044
PR4	S= 970.0732 Z=1034.2227 R = -4000.00	33.000		
			965.270	1034.220
D5	PENTE= 0.120 %	181.550		
			1146.820	1034.438
PR5	S= 1140.8162 Z=1034.4342 R = 5000.00	53.620		
			1200.440	1034.790
D6	PENTE= 1.192 %	210.980		
			1411.420	1037.306
PR6	S= 1459.1196 Z=1037.5900 R = -4000.00	47.699		
			1459.120	1037.590
D7	PENTE= 0.000 %	61.156		
			1520.276	1037.590
PR7	S= 1520.2756 Z=1037.5900 R = 4000.00	4.629		
			1524.904	1037.593
D8	PENTE= 0.116 %	32.191		
			1557.095	1037.630
PR8	S= 1545.5231 Z=1037.6232 R = 10000.00	51.970		
			1609.065	1037.825
D9	PENTE= 0.635 %	146.533		
			1755.598	1038.756
PR9	S= 1781.0148 Z=1038.8370 R = -4000.00	38.964		
			1794.562	1038.814
D10	PENTE= -0.339 %	103.142		
			1897.704	1038.465
PR10	S= 1911.2508 Z=1038.4418 R = 4000.00	44.113		
			1941.816	1038.559
D11	PENTE= 0.764 %	161.890		
			2103.707	1039.796
PR11	S= 2141.9138 Z=1039.9416 R = -5000.00	43.026		
			2146.733	1039.939
D12	PENTE= -0.096 %	119.411		

			2266.144	1039.824
PR12	S= 2269.9998 Z=1039.8223 R = 4000.00	70.892		
			2337.036	1040.384
D13	PENTE= 1.676 %	72.138	2409.174	1041.593

LONGUEUR DE L'AXE 2409.174

TABULATION

POUR DEDOUBLEMENT :

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	999.968	999.968	10000.012	19999.208	105.177g	2.50	-2.50
2	25.000	1000.509	1000.416	10002.042	20024.125	105.177g	3.35	3.35
3	50.000	1000.877	1000.805	10002.744	20049.084	96.349g	3.05	3.05
4	75.000	1001.238	1001.137	10001.248	20074.039	96.180g	2.50	-1.87
5	100.000	1001.391	1001.410	9999.183	20098.950	92.815g	2.50	-0.52
6	125.000	1001.533	1001.626	9995.594	20123.687	88.836g	2.50	0.82
7	150.000	1001.584	1001.783	9990.466	20148.151	84.857g	2.50	2.17
8	175.000	1001.472	1001.882	9983.820	20172.248	80.878g	3.51	3.51
9	200.000	1001.423	1001.923	9975.780	20195.917	78.296g	3.19	3.19
10	225.000	1001.356	1001.906	9967.421	20219.478	78.296g	2.50	1.41
11	250.000	1001.185	1001.831	9959.037	20243.031	77.967g	2.50	-0.38
12	275.000	1001.003	1001.697	9950.411	20266.495	77.264g	2.50	-2.17
13	300.000	1000.875	1001.506	9941.672	20289.918	77.264g	2.50	-2.50
14	325.000	1000.790	1001.257	9932.932	20313.340	77.264g	2.50	-2.50
15	350.000	1000.735	1001.011	9924.192	20336.763	77.264g	2.50	-2.50
16	375.000	1000.693	1000.811	9915.452	20360.186	77.264g	2.50	-2.50
17	400.000	1000.658	1000.659	9906.712	20383.608	77.264g	2.50	-2.50
18	425.000	1000.577	1000.554	9897.973	20407.031	77.264g	2.50	-2.50
19	450.000	1000.417	1000.495	9889.233	20430.453	77.264g	2.50	-2.50
20	475.000	1000.285	1000.483	9880.493	20453.876	77.264g	1.42	-2.50
21	500.000	1000.398	1000.518	9871.753	20477.298	77.264g	-0.37	-2.50
22	525.000	1000.477	1000.600	9863.013	20500.721	77.264g	-2.15	-2.50
23	550.000	1000.568	1000.729	9854.539	20524.239	79.047g	-2.50	-2.50
24	575.000	1000.776	1000.904	9846.871	20548.033	81.261g	-2.50	-2.50
25	600.000	1001.011	1001.127	9840.036	20572.079	83.476g	-2.50	-2.50
26	625.000	1001.377	1001.395	9834.041	20596.349	85.690g	-2.50	-2.50
27	650.000	1001.709	1001.671	9828.893	20620.812	87.904g	-2.50	-2.50
28	675.000	1001.888	1001.940	9824.600	20645.439	90.118g	-2.50	-2.50
29	700.000	1001.894	1002.200	9821.165	20670.201	92.332g	-2.50	-2.50
30	725.000	1002.352	1002.452	9818.593	20695.067	94.547g	-2.50	-2.50
31	750.000	1002.656	1002.696	9816.888	20720.007	96.761g	-2.50	-2.50
32	775.000	1002.915	1002.931	9816.051	20744.992	98.975g	-2.50	-2.50
33	800.000	1003.120	1003.159	9815.674	20769.989	99.042g	-0.77	-2.50
34	825.000	1003.306	1003.378	9815.298	20794.986	99.042g	1.02	-2.50
35	850.000	1003.366	1003.589	9814.922	20819.983	99.042g	2.50	-2.50
36	875.000	1003.444	1003.792	9814.546	20844.981	99.042g	2.50	-2.50
37	900.000	1003.571	1003.987	9814.170	20869.978	99.042g	2.50	-2.50
38	925.000	1003.748	1004.174	9813.794	20894.975	99.042g	2.50	-2.50
39	950.000	1003.934	1004.352	9813.417	20919.972	99.042g	2.50	-2.50
40	975.000	1004.137	1004.522	9813.041	20944.969	99.042g	2.50	-2.50
41	1000.000	1004.340	1004.684	9812.665	20969.967	99.042g	2.50	-2.50
42	1025.000	1004.510	1004.838	9812.289	20994.964	99.042g	2.50	-2.50
43	1050.000	1004.651	1004.984	9811.913	21019.961	99.042g	2.50	-2.50
44	1075.000	1004.750	1005.121	9811.537	21044.958	99.042g	2.50	-2.50

45	1100.000	1004.830	1005.252	9811.161	21069.955	99.042g	2.50	-2.50
46	1125.000	1004.938	1005.395	9810.784	21094.952	99.042g	2.50	-2.50
47	1150.000	1005.164	1005.559	9810.427	21119.950	99.241g	2.50	-2.50
48	1175.000	1005.442	1005.744	9810.129	21144.948	99.241g	2.50	-2.36
49	1200.000	1005.788	1005.949	9809.832	21169.946	99.241g	2.50	-0.57
50	1225.000	1006.012	1006.176	9809.534	21194.944	99.241g	2.50	1.21
51	1250.000	1006.198	1006.424	9809.221	21219.942	98.830g	2.98	2.98
52	1275.000	1006.254	1006.692	9808.194	21244.919	95.936g	2.98	2.98
53	1300.000	1006.551	1006.981	9806.033	21269.823	93.042g	2.98	2.98
54	1325.000	1007.277	1007.292	9802.742	21294.604	90.149g	2.98	2.98
55	1350.000	1007.504	1007.623	9798.329	21319.209	87.255g	2.98	2.98
56	1375.000	1007.628	1007.975	9792.802	21343.588	84.361g	2.98	2.98
57	1400.000	1008.192	1008.348	9786.174	21367.691	81.468g	2.98	2.98
58	1425.000	1008.330	1008.742	9778.457	21391.468	78.574g	2.98	2.98
59	1450.000	1008.982	1009.157	9769.720	21414.890	76.565g	2.50	2.20
60	1475.000	1009.320	1009.592	9760.723	21438.215	76.565g	2.50	0.41
61	1500.000	1009.839	1010.049	9751.727	21461.541	76.565g	2.50	-1.37
62	1525.000	1010.482	1010.526	9742.784	21484.886	77.045g	2.50	-2.50
63	1550.000	1010.940	1011.025	9734.066	21508.317	77.407g	2.50	-2.50
64	1575.000	1011.285	1011.538	9725.379	21531.759	77.407g	2.50	-2.50
65	1600.000	1011.800	1012.029	9716.737	21555.218	77.847g	2.50	-2.50
66	1625.000	1012.430	1012.493	9708.359	21578.772	78.643g	2.50	-2.50
67	1650.000	1013.050	1012.930	9700.276	21602.429	79.438g	2.50	-2.50
68	1675.000	1013.751	1013.340	9692.489	21626.186	80.234g	2.50	-2.50
69	1700.000	1014.322	1013.722	9685.000	21650.037	81.030g	2.50	-2.50
70	1725.000	1014.727	1014.077	9677.792	21673.975	81.546g	2.50	-2.50
71	1750.000	1014.987	1014.405	9670.646	21697.932	81.546g	2.50	-2.50
72	1775.000	1015.200	1014.705	9663.501	21721.889	81.546g	2.50	-2.50
73	1800.000	1015.455	1014.978	9656.355	21745.846	81.546g	1.05	-2.50
74	1825.000	1015.597	1015.224	9649.209	21769.803	81.546g	-0.74	-2.50
75	1850.000	1015.667	1015.442	9642.068	21793.762	81.749g	-2.50	-2.50
76	1875.000	1015.666	1015.634	9635.375	21817.848	83.738g	-2.50	-2.50
77	1900.000	1015.607	1015.798	9629.437	21842.132	85.728g	-2.50	-2.50
78	1925.000	1015.531	1015.934	9624.261	21866.589	87.717g	-2.50	-2.50
79	1950.000	1015.011	1016.043	9619.852	21891.196	89.707g	-2.50	-2.50
80	1975.000	1015.401	1016.125	9616.213	21915.929	91.696g	-2.50	-2.50
81	2000.000	1015.689	1016.180	9613.349	21940.763	93.686g	-2.50	-2.50
82	2025.000	1015.438	1016.208	9611.263	21965.675	95.675g	-1.44	-2.50
83	2050.000	1015.437	1016.208	9609.956	21990.640	97.664g	0.35	-2.50
84	2075.000	1015.594	1016.181	9609.429	22015.633	99.654g	2.13	-2.50
85	2100.000	1015.860	1016.126	9609.684	22040.631	101.639g	2.50	-1.08
86	2125.000	1016.009	1016.044	9610.373	22065.621	101.659g	2.50	0.70
87	2150.000	1016.394	1015.935	9610.445	22090.619	98.598g	2.50	2.49
88	2175.000	1015.468	1015.799	9609.270	22115.589	95.415g	3.29	3.29
89	2200.000	1015.509	1015.635	9606.848	22140.468	92.232g	3.29	3.29
90	2225.000	1015.176	1015.444	9603.186	22165.196	89.049g	3.29	3.29
91	2250.000	1015.219	1015.226	9598.293	22189.710	85.866g	3.29	3.29
92	2275.000	1014.889	1014.980	9592.181	22213.948	82.683g	3.29	3.29
93	2300.000	1014.106	1014.708	9584.865	22237.851	79.499g	3.29	3.29
94	2325.000	1014.410	1014.416	9576.363	22261.359	76.316g	3.29	3.29
95	2350.000	1014.512	1014.266	9566.723	22284.423	73.749g	2.69	2.69
96	2375.000	1014.473	1014.319	9556.704	22307.327	73.749g	2.50	0.90

ANNEXE

97	2400.000	1014.750	1014.576	9546.685	22330.232	73.749g	2.50	-0.88
98	2425.000	1015.217	1015.034	9536.661	22353.135	73.584g	2.50	-2.50
99	2450.000	1015.700	1015.696	9526.379	22375.922	72.447g	2.50	-2.50
100	2475.000	1016.377	1016.561	9515.712	22398.532	71.672g	2.50	-2.50
101	2500.000	1017.603	1017.628	9504.951	22421.097	71.672g	2.50	-2.50
102	2509.365	1018.081	1018.081	9500.920	22429.550	71.672g	2.50	-2.50

POUR LA ZONE DE BOUKHMISSA :

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
------------	-----------------------	------------	----------------	-------------	-------------	-----------------	------------	------------

1	0.000	1029.098	1029.498	8975.985	24996.221	92.356g	2.50	-2.50
2	25.000	1029.376	1029.668	8972.990	25021.041	92.356g	2.50	-2.50
3	50.000	1029.614	1029.838	8969.996	25045.861	92.356g	2.50	-2.50
4	75.000	1029.788	1030.009	8967.001	25070.681	92.356g	2.50	-2.50
5	100.000	1029.855	1030.179	8964.006	25095.501	92.356g	2.50	-2.50
6	125.000	1030.027	1030.349	8961.011	25120.321	92.356g	2.50	-2.50
7	150.000	1030.154	1030.519	8958.017	25145.141	92.356g	2.50	-2.50
8	175.000	1030.335	1030.689	8955.022	25169.961	92.356g	2.50	-2.50
9	200.000	1030.544	1030.859	8952.027	25194.781	92.356g	2.50	-2.50
10	225.000	1030.748	1031.029	8949.032	25219.601	92.356g	2.50	-2.50
11	250.000	1030.872	1031.200	8946.038	25244.421	92.356g	2.50	-2.50
12	275.000	1030.967	1031.370	8943.043	25269.241	92.356g	2.50	-2.50
13	300.000	1031.094	1031.492	8940.048	25294.061	92.356g	2.50	-2.50
14	325.000	1031.010	1031.465	8937.054	25318.881	92.356g	2.50	-2.50
15	350.000	1030.952	1031.426	8934.059	25343.701	92.356g	2.50	-2.50
16	375.000	1030.862	1031.387	8931.064	25368.521	92.356g	2.50	-2.50
17	400.000	1030.784	1031.349	8928.069	25393.341	92.356g	2.50	-2.50
18	425.000	1030.751	1031.310	8925.075	25418.161	92.356g	2.50	-2.50
19	450.000	1030.687	1031.272	8922.080	25442.981	92.356g	2.50	-2.50
20	475.000	1030.593	1031.233	8919.085	25467.801	92.356g	2.50	-2.50
21	500.000	1030.614	1031.208	8916.090	25492.621	92.356g	2.50	-2.50
22	525.000	1030.763	1031.253	8913.096	25517.441	92.356g	2.50	-2.50
23	550.000	1030.787	1031.299	8910.101	25542.261	92.356g	2.50	-2.50
24	575.000	1030.883	1031.345	8907.106	25567.081	92.356g	2.50	-2.50
25	600.000	1030.949	1031.391	8904.111	25591.901	92.356g	2.50	-2.50
26	625.000	1031.017	1031.438	8901.117	25616.721	92.356g	2.50	-2.50
27	650.000	1031.089	1031.484	8898.122	25641.541	92.356g	2.50	-2.50
28	675.000	1031.205	1031.615	8895.127	25666.361	92.356g	2.50	-2.50
29	700.000	1031.355	1031.849	8892.133	25691.181	92.356g	2.50	-2.50
30	725.000	1031.628	1032.085	8889.138	25716.001	92.356g	2.50	-2.50
31	750.000	1031.940	1032.321	8886.143	25740.821	92.356g	2.50	-2.50
32	775.000	1032.238	1032.558	8883.148	25765.640	92.356g	2.50	-0.56
33	800.000	1032.478	1032.794	8880.111	25790.455	91.754g	2.88	2.88
34	825.000	1032.695	1033.030	8876.202	25815.143	87.670g	5.57	5.57
35	850.000	1032.823	1033.266	8870.374	25839.447	82.365g	5.57	5.57
36	875.000	1032.962	1033.503	8862.544	25863.181	77.060g	5.57	5.57

37	900.000	1033.164	1033.739	8852.765	25886.182	71.755g	5.57	5.57
38	925.000	1033.360	1033.975	8841.136	25908.305	66.970g	3.81	3.81
39	950.000	1033.543	1034.172	8828.408	25929.822	65.626g	2.50	0.38
40	975.000	1033.692	1034.231	8815.556	25951.266	65.626g	2.50	-2.50
41	1000.000	1033.779	1034.261	8802.687	25972.699	65.287g	2.50	-2.50
42	1025.000	1033.767	1034.292	8789.530	25993.957	64.151g	2.50	-2.50
43	1050.000	1033.752	1034.322	8775.997	26014.976	63.014g	2.50	-2.50
44	1075.000	1033.754	1034.352	8762.090	26035.751	61.877g	2.50	-2.50
45	1100.000	1033.788	1034.382	8747.814	26056.274	60.740g	2.50	-2.50
46	1125.000	1033.854	1034.412	8733.341	26076.658	60.692g	2.50	-2.50
47	1150.000	1033.950	1034.443	8718.867	26097.042	60.692g	-1.20	-2.50
48	1175.000	1034.037	1034.551	8704.519	26117.514	62.468g	-5.60	-5.60
49	1200.000	1034.285	1034.784	8691.827	26139.035	70.014g	-7.00	-7.00
50	1225.000	1034.438	1035.083	8681.902	26161.963	77.972g	-7.00	-7.00
51	1250.000	1034.645	1035.381	8674.913	26185.949	85.930g	-7.00	-7.00
52	1275.000	1035.017	1035.679	8670.970	26210.619	93.887g	-3.40	-3.40
53	1300.000	1035.537	1035.977	8669.926	26235.588	99.684g	1.00	-2.50
54	1325.000	1035.886	1036.275	8669.882	26260.588	99.777g	2.50	-1.25
55	1350.000	1036.106	1036.573	8669.618	26285.586	98.714g	2.50	0.64
56	1375.000	1036.409	1036.871	8668.741	26310.570	96.655g	2.54	2.54
57	1400.000	1036.721	1037.169	8666.910	26335.501	94.007g	2.72	2.72
58	1425.000	1037.084	1037.444	8664.043	26360.334	91.355g	2.72	2.72
59	1450.000	1037.251	1037.580	8660.182	26385.033	89.059g	2.50	1.07
60	1475.000	1037.355	1037.590	8655.621	26409.613	87.746g	2.50	-0.88
61	1500.000	1037.257	1037.590	8650.745	26434.133	87.412g	2.50	-2.50
62	1525.000	1037.070	1037.593	8645.834	26458.646	87.412g	2.50	-2.50
63	1550.000	1037.098	1037.622	8640.922	26483.158	87.412g	2.50	-2.50
64	1575.000	1037.191	1037.667	8636.011	26507.671	87.412g	2.50	-2.50
65	1600.000	1037.264	1037.772	8631.109	26532.186	87.518g	2.50	-2.50
66	1625.000	1037.400	1037.926	8626.326	26556.724	88.045g	2.50	-2.50
67	1650.000	1037.504	1038.085	8621.832	26581.317	89.015g	2.50	-2.50
68	1675.000	1037.595	1038.244	8617.789	26605.987	90.320g	2.50	-2.50
69	1700.000	1037.843	1038.403	8614.250	26630.735	91.534g	2.50	-2.50
70	1725.000	1038.013	1038.562	8611.103	26655.536	92.324g	2.50	-2.50
71	1750.000	1038.018	1038.721	8608.178	26680.364	92.673g	2.50	-2.50
72	1775.000	1038.028	1038.832	8605.314	26705.199	92.691g	2.50	-2.50
73	1800.000	1038.013	1038.796	8602.450	26730.035	92.691g	2.50	-2.50
74	1825.000	1037.966	1038.711	8599.586	26754.870	92.691g	2.50	-2.50
75	1850.000	1037.936	1038.626	8596.722	26779.706	92.691g	2.50	-2.50
76	1875.000	1037.877	1038.542	8593.858	26804.541	92.691g	2.50	-2.50
77	1900.000	1037.887	1038.458	8590.994	26829.377	92.691g	2.50	-2.50
78	1925.000	1037.936	1038.465	8588.130	26854.212	92.691g	2.50	-2.50
79	1950.000	1038.057	1038.621	8585.266	26879.047	92.691g	2.50	-2.50
80	1975.000	1038.176	1038.812	8582.402	26903.883	92.691g	2.50	-2.50
81	2000.000	1038.385	1039.003	8579.538	26928.718	92.691g	2.50	-2.50
82	2025.000	1038.565	1039.194	8576.674	26953.554	92.691g	2.50	-2.50
83	2050.000	1038.766	1039.385	8573.810	26978.389	92.691g	2.50	-2.50
84	2075.000	1038.954	1039.576	8570.946	27003.224	92.691g	2.50	-2.50
85	2100.000	1039.211	1039.767	8568.082	27028.060	92.691g	2.50	-2.50
86	2125.000	1039.307	1039.913	8565.218	27052.895	92.691g	2.50	-2.50
87	2150.000	1039.311	1039.936	8562.354	27077.731	92.691g	2.50	-2.50
88	2175.000	1039.241	1039.912	8559.490	27102.566	92.691g	2.50	-2.50

89	2200.000	1039.136	1039.888	8556.626	27127.401	92.691g	2.50	-2.50
90	2225.000	1039.051	1039.864	8553.762	27152.237	92.691g	2.50	-2.50
91	2250.000	1039.058	1039.840	8550.898	27177.072	92.691g	2.50	-2.50
92	2275.000	1039.132	1039.825	8548.034	27201.908	92.691g	2.50	-2.50
93	2300.000	1039.352	1039.935	8545.170	27226.743	92.691g	2.50	-2.50
94	2325.000	1039.624	1040.200	8542.306	27251.578	92.691g	2.50	-2.50
95	2350.000	1040.022	1040.601	8539.442	27276.414	92.691g	2.50	-2.50
96	2375.000	1040.508	1041.020	8536.578	27301.249	92.691g	2.50	-2.50
97	2400.000	1041.003	1041.439	8533.714	27326.085	92.691g	2.50	-2.50
98	2409.174	1041.193	1041.593	8532.663	27335.198	92.691g	2.50	-2.50

VOLUME DES TERRASSEMENTS

POUR DEDOUBLEMENT:

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME
------------	-----------------------	-------------------	------------------

1	0.000	0.0	182.3
2	25.000	94.1	355.1
3	50.000	137.4	226.0
4	75.000	15.4	285.0
5	100.000	2.2	346.7
6	125.000	1.4	211.2
7	150.000	71.2	117.3
8	175.000	252.3	34.1
9	200.000	347.9	37.6
10	225.000	301.9	25.6
11	250.000	273.6	31.4
12	275.000	225.0	32.1
13	300.000	96.7	35.3
14	325.000	24.8	61.1
15	350.000	0.0	190.2
16	375.000	0.0	310.7
17	400.000	0.0	356.9
18	425.000	57.6	276.7
19	450.000	160.5	202.7
20	475.000	34.4	177.2
21	500.000	0.0	256.5
22	525.000	0.8	169.6
23	550.000	74.3	119.9
24	575.000	10.5	139.0
25	600.000	40.9	125.5
26	625.000	0.0	278.3
27	650.000	0.0	486.9
28	675.000	0.0	473.4
29	700.000	78.4	163.6
30	725.000	2.4	272.8
31	750.000	8.9	408.3
32	775.000	0.0	546.9
33	800.000	0.0	347.6
34	825.000	2.4	313.1
35	850.000	0.0	254.3
36	875.000	1.6	345.5
37	900.000	6.8	238.3
38	925.000	11.8	162.2
39	950.000	10.1	182.2
40	975.000	25.7	63.8
41	1000.000	37.4	98.1
42	1025.000	0.6	247.2
43	1050.000	4.1	187.7
44	1075.000	4.4	311.4
45	1100.000	11.0	225.2

46	1125.000	10.5	328.8
47	1150.000	4.2	294.6
48	1175.000	1.0	582.2
49	1200.000	0.0	843.5
50	1225.000	0.0	815.1
51	1250.000	0.0	657.9
52	1275.000	1.7	251.1
53	1300.000	163.7	26.5
54	1325.000	10.3	356.2
55	1350.000	11.0	611.4
56	1375.000	3.9	829.1
57	1400.000	0.0	736.0
58	1425.000	0.5	474.5
59	1450.000	27.7	202.8
60	1475.000	0.0	250.3
61	1500.000	0.0	212.7
62	1525.000	0.0	322.7
63	1550.000	145.4	216.3
64	1575.000	241.6	142.3
65	1600.000	96.5	247.4
66	1625.000	0.0	401.6
67	1650.000	0.0	568.4
68	1675.000	0.0	836.1
69	1700.000	0.0	977.4
70	1725.000	0.0	901.1
71	1750.000	0.0	874.8
72	1775.000	0.0	834.0
73	1800.000	0.0	742.8
74	1825.000	0.0	631.9
75	1850.000	0.0	489.8
76	1875.000	0.0	314.1
77	1900.000	120.4	82.6
78	1925.000	118.9	56.9
79	1950.000	189.1	0.6
80	1975.000	75.8	19.2
81	2000.000	46.9	205.3
82	2025.000	67.8	283.0
83	2050.000	63.4	355.2
84	2075.000	28.3	195.3
85	2100.000	0.0	298.1
86	2125.000	0.0	334.2
87	2150.000	0.0	652.4
88	2175.000	1.8	274.7
89	2200.000	52.7	242.5
90	2225.000	128.2	222.8
91	2250.000	111.6	234.3
92	2275.000	0.6	326.4
93	2300.000	0.0	262.8
94	2325.000	0.0	386.1
95	2350.000	0.0	482.7
96	2375.000	0.0	559.8
97	2400.000	5.5	249.7

98	2425.000	44.2	173.7
99	2450.000	3.1	114.4
100	2475.000	17.1	78.0
101	2500.000	0.0	77.8
102	2509.365	0.0	19.6
		4222	32074

POUR LA ZONE DE BOUKHMISSA :

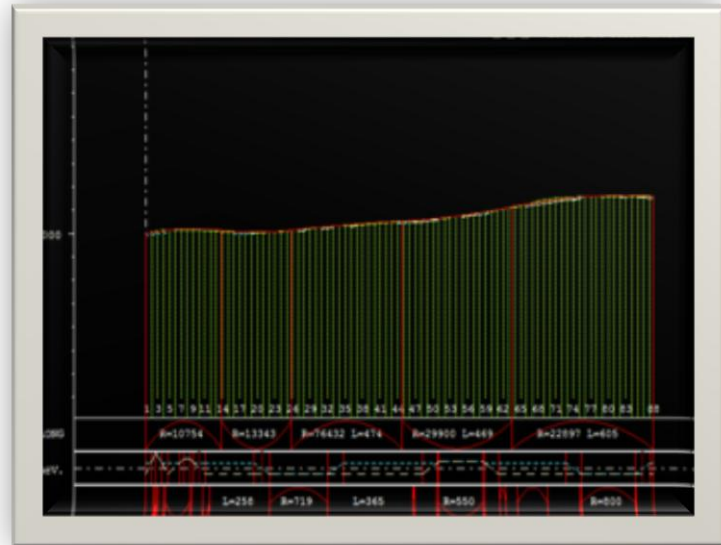
N°	ABSCISSE	REMBLAI	DEBLAI
PROF	CURVILIGN	VOLUME	VOLUME

1	0.000	19.8	0.0
2	25.000	8.9	8.0
3	50.000	1.1	22.2
4	75.000	1.2	20.5
5	100.000	3.4	6.3
6	125.000	13.9	0.0
7	150.000	34.9	0.0
8	175.000	20.3	0.0
9	200.000	13.2	2.6
10	225.000	0.6	15.7
11	250.000	7.2	6.2
12	275.000	27.2	0.4
13	300.000	30.1	1.2
14	325.000	43.5	0.0
15	350.000	51.9	0.0
16	375.000	84.7	0.0
17	400.000	88.0	0.0
18	425.000	86.4	0.0
19	450.000	81.9	0.2
20	475.000	90.5	0.4
21	500.000	73.4	0.0
22	525.000	57.7	0.0
23	550.000	44.9	1.3
24	575.000	52.9	1.0
25	600.000	28.8	3.3
26	625.000	35.1	3.1
27	650.000	34.7	3.4
28	675.000	23.4	1.1
29	700.000	64.3	0.0
30	725.000	43.4	0.2
31	750.000	17.4	3.6
32	775.000	6.6	11.6
33	800.000	12.3	5.1
34	825.000	40.9	0.3
35	850.000	72.7	1.7
36	875.000	131.3	1.2
37	900.000	103.7	0.0
38	925.000	110.4	0.0
39	950.000	109.2	0.0

40	975.000	57.5	0.0
41	1000.000	34.5	1.7
42	1025.000	50.2	0.5
43	1050.000	71.2	0.0
44	1075.000	82.0	0.0
45	1100.000	77.6	0.0
46	1125.000	80.7	0.0
47	1150.000	79.1	0.0
48	1175.000	103.0	0.0
49	1200.000	76.6	1.4
50	1225.000	112.8	0.0
51	1250.000	141.9	0.0
52	1275.000	118.4	0.0
53	1300.000	51.7	0.6
54	1325.000	33.8	9.5
55	1350.000	55.7	3.2
56	1375.000	55.6	0.1
57	1400.000	52.3	0.0
58	1425.000	34.5	3.0
59	1450.000	16.6	31.8
60	1475.000	3.2	39.6
61	1500.000	7.9	0.4
62	1525.000	147.9	0.0
63	1550.000	183.4	0.0
64	1575.000	61.7	0.1
65	1600.000	251.3	0.1
66	1625.000	59.6	0.0
67	1650.000	71.7	0.0
68	1675.000	115.1	0.0
69	1700.000	63.1	0.0
70	1725.000	65.7	0.0
71	1750.000	103.5	0.0
72	1775.000	127.0	0.0
73	1800.000	117.2	0.0
74	1825.000	103.7	4.6
75	1850.000	92.0	1.8
76	1875.000	96.1	0.0
77	1900.000	70.9	0.0
78	1925.000	65.1	0.0
79	1950.000	70.5	0.0
80	1975.000	89.3	0.0
81	2000.000	101.4	0.0
82	2025.000	97.1	0.0
83	2050.000	97.5	0.0
84	2075.000	80.9	0.0
85	2100.000	69.6	0.0
86	2125.000	77.6	1.7
87	2150.000	102.4	0.0
88	2175.000	127.6	0.0
89	2200.000	158.2	0.0
90	2225.000	156.7	0.0
91	2250.000	143.4	0.0

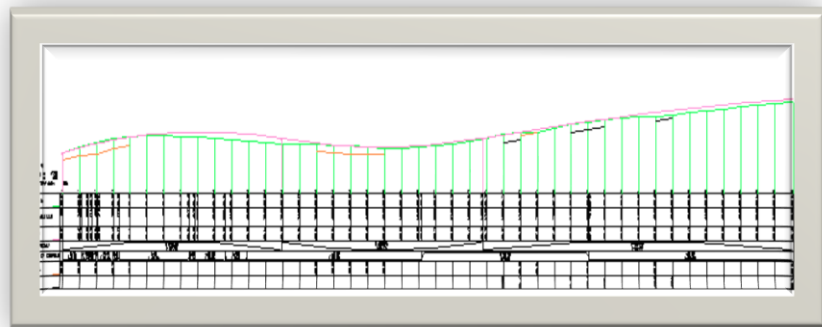
92	2275.000	113.3	0.0
93	2300.000	71.3	0.0
94	2325.000	61.0	1.1
95	2350.000	82.1	0.0
96	2375.000	62.6	0.1
97	2400.000	34.0	0.0
98	2409.174	8.3	0.0
		6768	222

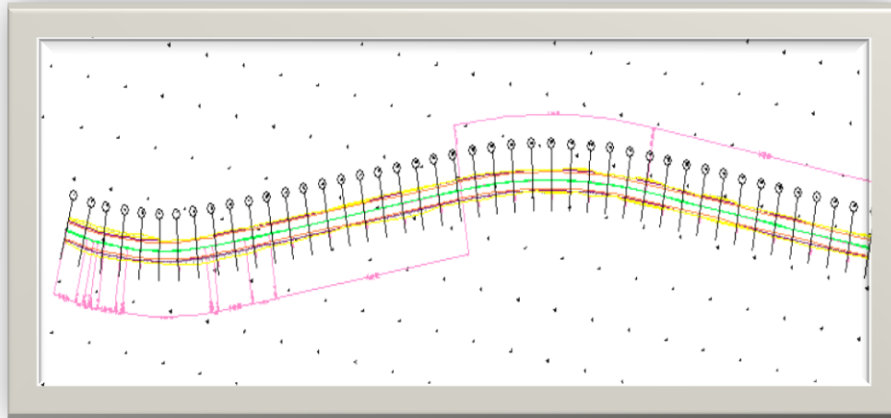
L Allure du profil en
longue des deux kilomètre à
dédoublé



**DU PK54+500 AU
PK 55+500**

Terrain peut
Vallonner on a suivi
les dimensions de
profil en longue de
l'ancienne route dans
le but de gardé cette
dernière par ce que elle on bon état

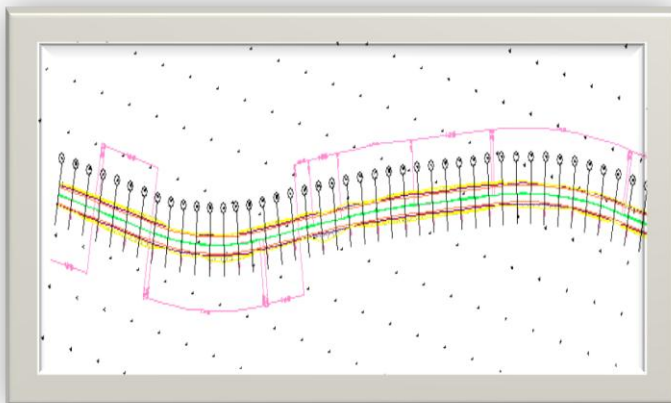
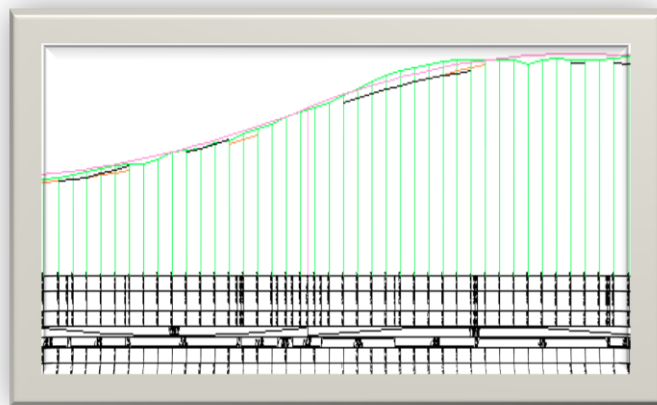




Du pk55+500 au pk56+500

Terrain très vallonné on été obligé de changé dans les rayons pour mettre la route dans des conditions qui respecte les normes de B40 avec une vitesse de base 80km/h

Et par conséquence on corrige l'ancienne route pour régler le dévère



L'allure du profil en travée a utilisé dans les 2 km

