RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche Scientifique

Université YAHIA FARES DE MÉDÉA

Faculté de la Technologie

Département de Génie Civil

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme de Master en Génie Civil

Option : *Géotechnique*

Thème

DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSÉE DE LA RN 40 CHAHBOUNIA BOUGHAZOUL DU PK 108+000AU PK 125+000 SUR 19 KM

Encadré par :

- Mme Mir Mouna

Présenté par :

-Mr GHEZZALI BRAHIM

- Mr HACENE NAIMA

Promotion:Juin 2021

REMERICIEMENTS

Nous tenons à remercier notre promoteur Mr. MAHMAUDI EL Hadi de DTP et madame MIR Mouna.

Nos remerciements également à l'ensemble du corps enseignants de l'université YAHIA FARES en générale et plus particulièrement à ceux du GÉNIE GÉOTECHNIQUE.

Nous remercions tous les fonctionnaires de la DTP Médéa.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui nous ont conseillées, qui se sont simplement intéressées à ce travail.

Dédicace

C’est avec un très grand honneur que je dédie mon travail :

- *A mes très chers parents qui m’ont guidé durant les*

Moments les plus pénibles de ce long chemin, ma mère qui a été à mes côtés et ma soutenu durant toute ma vie, et mon Père qui a sacrifié toute sa vie afin de me voir devenir ce que je suis, merci mes parents.

- *A mon frère et ma sœur*
- *A mes collègues*
- *A toute ma famille HACENE et GUEZMIR*
- *A tous mes amis*
- *En fin, je remercie monsieur MAHMAUDI EL Hadi et madame MIR Mouna qui pour réaliser ce travail.*

Hacene Naima

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents pour toute l'aide qui m'ont donné et leurs patiences.

A toute ma famille.

A tous mes frères et mes sœurs.

A tous mes amis.

GHEZZALI Brahim

Sommaire

I Généralité sur les chaussées :.....18
I. 1 Introduction : 18
I. 2 Types des chaussées : 18
I.2 .1 Les chaussées souples : 18
I.2 .2 Les chaussées bitumineuses épaisses. 19
I .2 .2.2 Les chaussées à assise traitée aux liants hydrauliques 20
I.2 .3 Les chaussées à structure mixte. 21
I.2 .4 Les chaussées à structure inverse 22
I.2 .5 Les chaussées en béton de ciment. 23
Béton armé continu (avec aciers filants sur toute la longueur de voirie) : 23
I.2 .6 Constitution des structures de chaussée 24
I. 3 Conclusion du chapitre : 25
II Caractéristiques géométriques des chaussées 27
II. 1 Introduction : 27
II. 2 Caractéristique géométrique de la route : 27
II.2 .1 Le tracé en plan 27
II.2 .2 Les éléments du tracé en plan : 28
II.2 .3 Profil en long : 29
II.2 .4 Profil en travers : 31
II. 3 Conclusion du Chapitre : 33
III Méthode de calcul et dimensionnement des structures de chaussées 36
III. 1 Introduction : 36
III. 2 Définition des Plates-formes support de chaussée : 37
III.2 .1 À court terme : 38
III.2 .2 À long terme : 38
III. 3 Capacité portante et portance : 39
Méthode de dimensionnement 39
III.3 .1 Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio) 39
III.3 .2 Méthode du catalogue des structures 41
III.3 .3 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves : 42

III.3 .4 La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) 43
III.3 .5 Données d'entrées du dimensionnement 44
III. 4 Conclusion du Chapitre : 50
IV étude de cas (RN40) 52
IV. 1 Introduction : 52
IV. 2 Situation du projet : 52
IV. 3 Cadre géologique et hydrogéologie de la région : 53
IV.3 .1 GEOLOGIE GENERALE : 53
IV.3 .2 HYDROGEOLOGIE : 54
IV. 4 Cadre sismique de la région : 55
IV. 5 OBSERVATION DES DEGRADATION : 56
IV. 6 Programme d'investigation géotechnique : 56
IV. 7 DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE 58
IV.7 .1 FACTEURS DE DIMENSIONNEMENT 59
IV.7 .2 LES PRINCIPALES MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT : 61
IV.7 .3 CHOIX DE LA MÉTHODE DE DIMENSIONNEMENT : 61
V BIBLIOGRAPHIE 73

Liste de figure

Figure 1: : coupe sur un chaussée souple 19
Figure 2 : coupe sur un chaussée bitumineuses épaisses 20
Figure 3 : coupe sur un chaussée à assise traitée aux liants hydrauliques 21
Figure 4 : coupe sur un chaussée à structure mixte.....21
Figure 5 : coupe sur un chaussée à structure inverse.....22
Figure 6 : coupe sur un chaussée de béton de ciment.....24
Figure 7 : tracé en plan d'une route 28
Figure 8 : profil en long type d'une route 30
Figure 9 : Les éléments du profil en travers 33
Figure 10 : Schéma de dimensionnement d'une structure de chaussée :.....37
Figure 11 : couches de chaussée.....38
Figure 12 : Plan de situation 53
Figure 13 : carte du zonage sismique 56

Liste de tableu

Table 2 : Les valeurs des coefficients d'équivalence 40
Table 3 : Déterminant la classe du trafic poids lourds.....41
Table 4: Déterminant la classe du sol.....42
Table 5: durée de vie a adoptée.....45
Table 6: Classes de portance à long terme du sol-support 46
Table 7: **Synthèses des hypothèses sur les conditions de collage** 48
Table 8: Performances mécaniques des matériaux bitumineux.....48
Table 9: Performances mécaniques des matériaux traités aux liants hydrauliques.....49
Table 10: Performances mécaniques des matériaux non traités 49

LISTE DES NOTATIONS

AR	Arase De Terrassement
B	Pente de la droite de fatigue du matériau traité
BB	Béton bitumineux
BBMA	Béton bitumineux mince classe A
BBME	Béton bitumineux à module élevé
BCg	Béton de ciment goujonné
C	Facteur de cumul
C	Compacité (%)
CAM	Coefficient d'agressivité
CTTP	Contrôle technique des travaux publics (organisme national)
DE	Déflexion caractéristique en 1/100 mm
DTP	direction des travaux publics.
E	Module de Young (MPa)
EF	Enrobé à froid
EME	Enrobé à module élevé
ES	Enduit superficiel
EV2, EV1	Module à la plaque
F	Fluage (mm)
F	La proportion pondérale des granulats inférieurs à 0.08 mm (%)
G	La proportion pondérale des granulats supérieurs à 6.3 mm (%)
GB	Graves bitume

GL	Grave laitier
GNT	Grave Non Traité
GTR	Guide des Terrassements routiers
I	Taux d'accroissement géométrique du trafic
I_p	Indice de Plasticité.
I_{PP}	Isotactique
K	Module de Richesse
kc	Coefficient de calage
kne	Facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes supporté par la chaussée
kr	Facteur lié au risque
Kθ	Facteur lié à la température
LA	los Angeles.
LCTP	Laboratoire central des travaux publics (organisme Français)
MDE	micro Deval.
MTLH	Matériaux Traité Au Liant Hydraulique
Mv	Masse volumique du granulat
N	**Durée de vie**
NFP	normes française.
PCG	Essai ou Presse à cisaillement Giratoire
PE	Polyéthylène
PF	Plate-forme
PL	Poids lourd (véhicule de plus de 3,5 tonnes de PTAC)
PST	Partie Supérieur Des Terrassement
PTAC	Poids total autorisé en charge
PVC	Chlorure de polyvinyle
R	Risque en %
R	Résistance à la compression des éprouvettes Duriez dans l'eau (kg/cm^2)

R	Résistance à la compression des éprouvettes Duriez dans l'air (kg/cm²)
S	Stabilité Marshall (kgf)
S	La proportion pondérale des granulats compris entre 6.3 et 0.315 mm (%)
S	La proportion pondérale des granulats compris entre 0.315 et 0.08 mm (%)
SB	Sable bitume
SETRA	Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (organisme Français)
SG	Sable gypseux
TCE_i	Trafic cumulé en essieux équivalents de 13 tonnes
TJMA	Trafic moyen journalier annuel
TL	Teneur en bitume (%)
TPL_i	Classe de trafic en nombre de poids lourd par jour et par sens
TUF	Tuf calcaire
V	Coefficient de Poisson
VRNS	Voies du réseau non structurant
VRS	Voies du réseau structurant
$\mathbf{W_L}$	la limite de liquidité.
$\mathbf{W_p}$	la limite de plasticité
ε_6	Déformation limite correspondant à 10^6cycles
ε_t	Déformation de traction par flexion à la base des couches bitumineuses
$\varepsilon_{t,ad}$	Déformation admissible de traction par flexion à la base des couches bitumineuses
ε_z	Déformation verticale au niveau du PST
$\varepsilon_{z,ad}$	Déformation verticale admissible niveau du PST
Σ	Surface spécifique des granulats
σ_6	Contrainte de flexion limite à 10^6 cycles
α	Coefficient correcteur

RESUME

Le trafic routier qui est devenue plus intense, ainsi que les températures durablement élevées sont à l'origine des déformations des couches supérieures de la chaussée,

La présente étude a pour objectif de :

- Dimensionnement de corps de chaussée du projet de route nation CHAHBOUNIA et BOUGHEZOUL selon la description adoptée par le catalogue du dimensionnement des chaussées neuves établie par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) et le Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA).

ملخـــص

إن حركة النقل التي صارت أكثر كثافة و تركيزا بالإضافة إلى الارتفاعات الكبيرة في درجة الحرارة تعد الأسباب الرئيسية للتشوهات التي تحصل في الطبقات العليا للطرق، هذه العوامل قادت إلى استغلال مواد جديدة لتغطية القصور المسجل على مستوى التركيبة الزفتية العادية.

وتهدف هذه الدراسة إلى:

- تحجيم جسم الطريق للطريق الوطني رقم 40 شهبونية بوغزول و ذلك تبعا لمدونة تحجيم أجسام الطرق الجديدة التي أنشأها المخبر المركزي للطرق والجسور (LCPC) ومصلحة الدراسات التقنية للطرق والطرق السريعة (SETRA).

Summary

The soud's traffic have becom increasugly aggressive, as well as permanently high temperatures are copniterd to the pricipale causes of deformations of the upper layers of the roadway.

These factors have led to use new materials to recover the insufficiency recorded at the level of normal asphalt structure , the design the pavement structure of Chahbounia-Boughazoul national rood according to the description adopted by the new pavement sizing catalog drawn up by the Central Laboratory of bridges pavement (LCPC) and the Technical Studies Department of Roads and Highways (SETRA) .

Introduction générale :

L'analyse de la situation des pays équipés et développés, montre que le secteur du transport constitue une base au plan du développement national et de la croissance économique, cela montre bien que le secteur du transport est un secteur stratégique sur les plans économique et social, et de l'intégrité du territoire. Il concourt à la satisfaction des besoins essentiels de la population et impulse et conforte le reste de l'économie national, dont il constitue une véritable locomotive, comme cela a été le cas dans l'histoire des pays actuellement développés, ou en voie de développement.

En Algérie le transport routier joue un rôle majeur dans la mesure où la route supporte plus de 80% du trafic de marchandises et voyageurs. Afin de fluidifier le trafic l'état a opté pour un programme portant sur la réalisation des tracés routiers neuf et des mises à niveau routes excitantes.

Le projet de route national entre Chahbounia et Boughazoul étant nécessaire, compte tenu de l'importance de la route existante qui doit supporter l'intense trafic actuel, des différentes activités économiques, commerciales et sociales de la région

Notre travail est de parvenir à faire une étude du dimensionnement de corps de chaussée neuve du projet de route national et Chahbounia Boughazoul choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises avec une comparaison entre les enrobés classique et les enrobés à module élevé. Tout cela en fonction des paramètres fondamentaux, Le trafic, L'environnement de la route (le climat essentiellement) et Le sol support. Dans cette optique on a utilisé d'un logiciel numérique ALIZÉ- qui fait ces calculs à la base du catalogue du dimensionnement des chaussées neuves SETRA LCPC 1998.

Les enrobés bitumineux dans sa configuration traditionnelle ne permet plus une résistance satisfaisante à l'orniérage sous le trafic lourd et canalisé ainsi que les températures élevées qui sont l'origine des déformations des couches supérieures de la chaussée, donc leur amélioration devient nécessaire. Cette amélioration pourrait s'obtenir en modifiant l'enrobée par ajout des polymères.

Dans le domaine des ponts et chaussée, dans le souci la durabilité, économique et environnementale la conception des couches bitumineuses fait l'objet d'études approfondies notamment par l'utilisation des matériaux recycles. Ceci permettra de préserver les ressources et réduire les émissions polluantes.

Cette thèse s'inscrit dans un programme de valorisation des déchets usagés provenant des résidus de PVC broyé, il s'agit d'un plastomère par broyage mécanique de ces dernières. Cette poudrette (PVC broyé) est utilisée dans les mélanges bitumineux comme agent modifiant lors de l'opération de malaxage de l'enrobé lui offrant de meilleures performances en terme de qualité d'usage et de durabilité.

Chapitre I
Généralité sur les chaussées

I Généralité sur les chaussées :

I. 1 Introduction :

La **chaussée** est la partie d'une voie de communication affectée à la circulation des véhicules. Au Moyen Âge, les routes importantes étaient recouvertes de cailloux et pierre liés à la chaux, terme qui a donné le mot chaussée.

Elle assure les déplacements des usagers et le transport des marchandises, quelles que soient les conditions météorologiques, dans des conditions de sécurité et de confort adapté au type d'itinéraire.

D'un point de vue mécanique, son rôle est de répartir les charges mécaniques sur le sol support, quelles que soient les conditions environnantes.

I. 2 Types des chaussées :

On peut classer les types de chaussées en deux grands types :

I.2 .1 Les chaussées souples :

Elles sont composées généralement d'un revêtement bitumineux relativement mince (< à 15 cm) réduit parfois à un enduit dans le cas de chaussée à très faible trafic. L'assise est réalisée d'une ou plusieurs couches de matériaux granulaires non traités (GNT). L'épaisseur de l'ensemble de la structure est en générale comprise entre 30 et 60 cm.

I .2 .1.1 Comportement des chaussées souples :

Leurs compositions et leurs épaisseurs font que les efforts dus aux trafics, sont directement transmis au sol support avec une faible répartition latérale. La tenue dans le temps est fortement influencée par la qualité du sol support et notamment son comportement en période hivernale ou humide. La qualité de l'étanchéité de la couche de roulement et du drainage de la PST seront déterminants. Une période de sécheresse prolongée peut aussi entraîner une remontée de fissures.

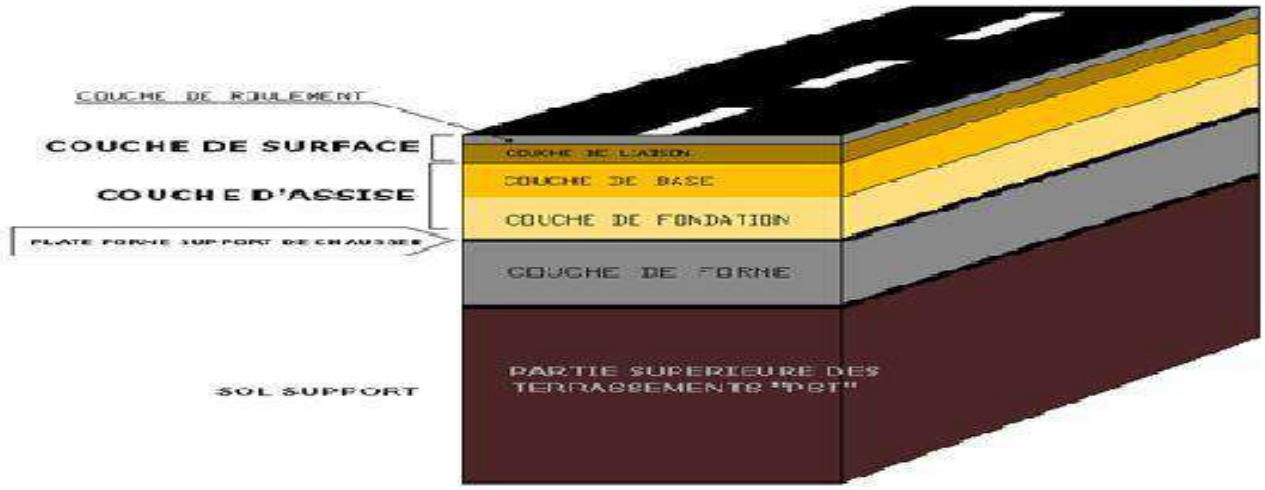


Figure 1: : coupe sur un chaussée souple

I.2 .2 Les chaussées bitumineuses épaisses.

Elles sont composées de revêtements bitumineux. L'assise est réalisée en matériaux traités aux liants hydrocarbonés dont l'épaisseur est le plus souvent comprise entre 15 et 40 cm.

I .2 .2.1 Comportement des chaussées bitumineuses épaisses :

La qualité de ce type de structure tient essentiellement à la qualité du collage entre les différentes couches de matériaux bitumineux. La relative rigidité des matériaux permet de répartir les contraintes verticales ce qui réduit sensiblement les efforts au niveau du sol support.

Les déformations observées en surfaces sont liées pour l'essentiel au fluage , favorisé par de forte chaleurs et un trafic lourd lent. Les fissures apparaissent après les efforts de tractions en fond de couche engendrés par les contraintes répétées, d'où l'importance du collage qui permet de transmettre les efforts de traction en partie basse de la couche la plus profonde.

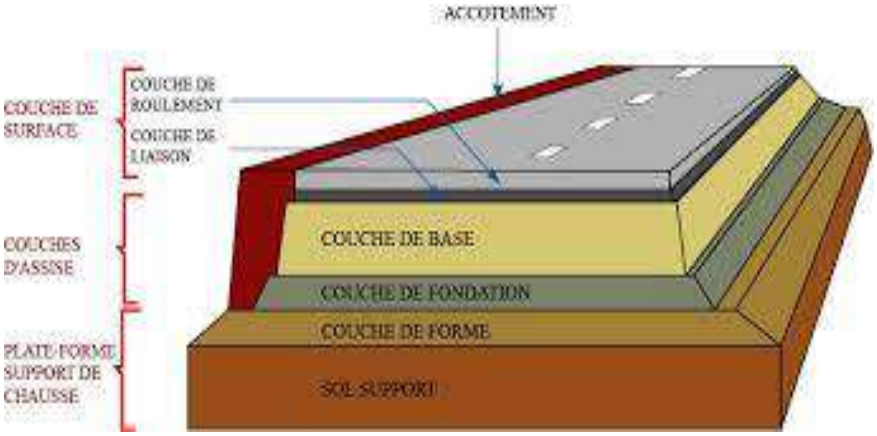


Figure 2 : coupe sur un chaussée bitumineuses épaisses

I .2 .2.2 Les chaussées à assise traitée aux liants hydrauliques.

Elles sont aussi appelées chaussées semi-rigides. La couche de roulement est composée d'un revêtement bitumineux, elle repose sur une assise traitée aux liants hydrauliques dont l'épaisseur totale est d'environ 20 à 50 cm. Ce type de chaussée présente un fort risque de retrait qui fait apparaître, dans la couche de base, des fissures remontant rapidement dans la couche de surface.

I .2 .2.3 Comportement des chaussées traité aux liants hydraulique

Le traitement des matériaux leurs donnent une rigidité qui permet de répartir les efforts verticaux et ainsi de ne pas affecter le sol support.

Le manque d'adhérence entre les différentes couches entraine des contraintes de traction en partie basse de chacune d'entre elles. De plus ces matériaux sont sujets aux retraits thermiques et de prises qui créent des fissures, celle-ci remontent en surface jusqu'à la couche de roulement.

Les conséquences sont, une perte d'étanchéité qui peut conduire à une affectation du support avec des déformations et une perte portance.

Des solutions ont été mises au point pour contrôler la fissuration et limiter ou ralentir les remontées jusqu'à la couche de roulement (complexes anti fissures)

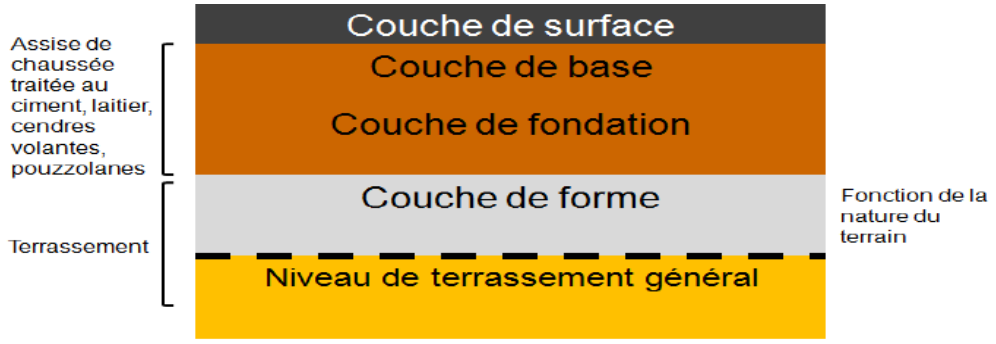


Figure 3 : coupe sur un chaussée à assise traitée aux liants hydrauliques

I.2 .3 Les chaussées à structure mixte.

La couche de roulement et la couche de base (10 à 20 cm) sont en matériaux bitumineux. La couche de fondation est en matériaux traités aux liants hydrauliques (20 à 40 cm). L'épaisseur de matériaux bitumineux doit être de la moitié de l'épaisseur totale de la chaussée. Ce type de chaussée empêche la remontée de fissures entre la couche traitée aux liants hydrauliques (retrait) et la couche de grave bitume.

I .2 .3.1 **Comportement des chaussées à structure mixte** :

La structure de ces chaussées permet, pour la couche de fondation en matériaux traités au liants hydrauliques, de par leurs rigidités, de diffuser les efforts et de les atténuer dans le sol support. Les couches en matériaux bitumineux assurent l'uni de la couche de roulement et ralentissent, grâce à leur relative souplesse et à leurs épaisseurs, les remontées de fissures.

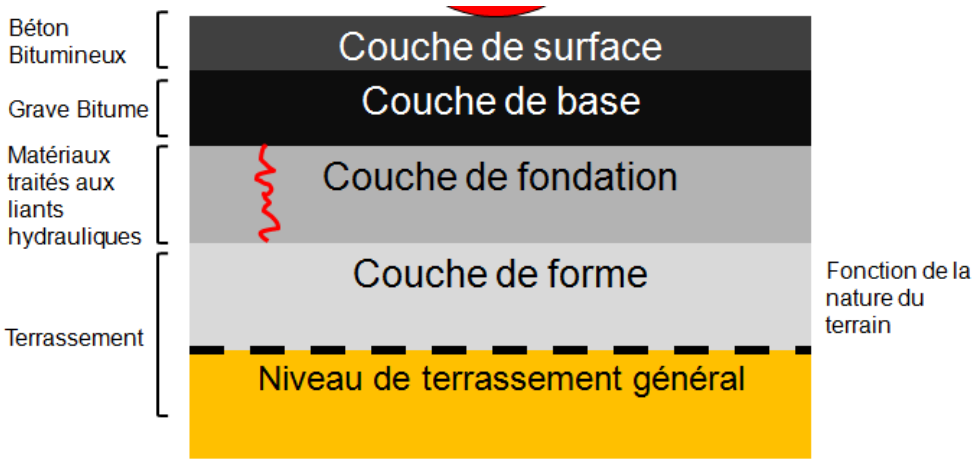


Figure 4 : coupe sur un chaussée à structure mixte

I.2 .4 Les chaussées à structure inverse

Cette structure est composée d'une couche de surface en matériaux bitumineux d'environ 15 cm d'épaisseur ; d'une couche de base en matériaux granulaires non traités, environ 12 cm; d'une fondation en matériaux traités aux liants hydrauliques. L'épaisseur totale de la structure est de l'ordre de 60 à 80 cm.

I .2 .4.1 Comportement des chaussées à structure inverse :

Les trois couches de ce type de structure ont toutes un rôle spécifique.

La fondation traitées aux liants hydraulique permet de repartir les contraintes sur le sol et d'assurer un support de qualité pour les couches supérieures.

La couche granulaire a pour fonction d'absorber les fissurations de la couche de fondation et ainsi d'empêcher les remontées de fissures jusqu'à la couche de roulement.

La couche de roulement assure l'étanchéité et l'uni de l'ensemble.

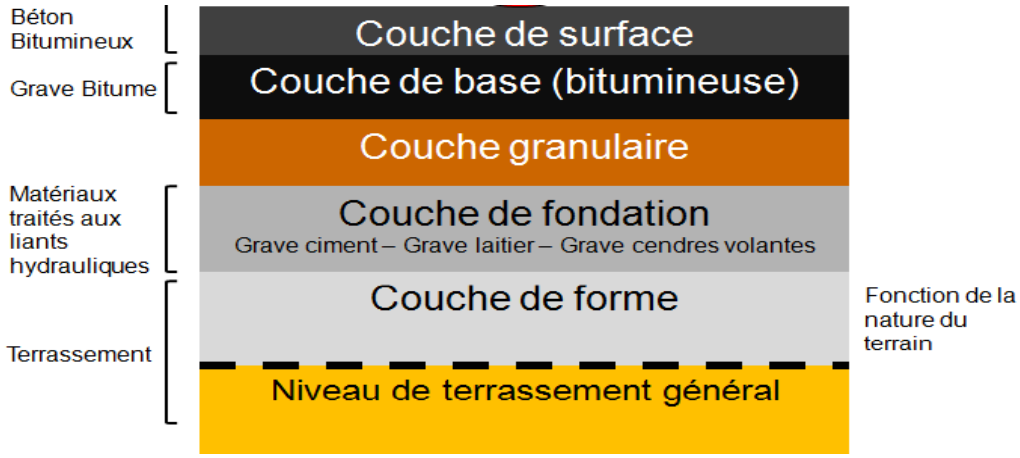


Figure 5 : coupe sur un chaussée à structure inverse

I.2 .5 Les chaussées en béton de ciment.

On rencontre les 4 modèles suivants :

Dalles non goujonnées avec fondation :

Elles sont constituées de dalles de béton de ciment de 20 à 28 cm sans armature, reposant sur une fondation en béton maigre (12 à 18 cm), ou en matériaux traités aux liant hydrauliques (15 à 20 cm).

Dalles goujonnées avec fondation :

Elles sont constituées de dalles béton de ciment de 17 à 23 cm (avec armatures de liaison entre les dalles), reposant sur une fondation en béton maigre (14 à 22 cm).

Dalles sans fondation :

Elles sont constituées de dalles de béton de ciment de 28 à 39 cm qui reposent sur une couche drainante en matériaux granulaires ou sur un géotextile.

Béton armé continu (avec aciers filants sur toute la longueur de voirie) :

Type A : Dalle de béton de ciment (16 à 24 cm), reposant sur une fondation en béton maigre de 12 à 14 cm.

Type B : Dalle de béton de ciment (18 à 24 cm) reposant sur une assise en matériaux bitumineux de 5cm et une fondation en sable traité aux liants hydrauliques (50 à 60 cm).

I .2 .5.1 Comportement des chaussées en béton de ciment :

Ces structures rigides absorbent les efforts et en transmettent peu au sol. Le principal inconvénient est "l'effet de poutre" du béton, dont la partie basse soumise à des efforts de traction peut être fragilisée, sauf si ces efforts sont compensés par des armatures métalliques. La dilatation du béton peut également provoquer des fissures, si le phénomène n'est pas maîtrisé par la mise en place de joints de dilatation ou de pré fissuration. Enfin l'uni de ce type de chaussées les rendent bruyantes.

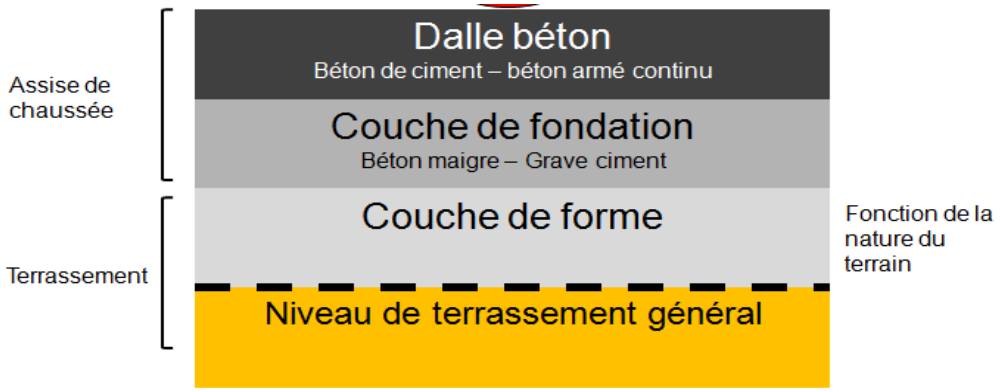


Figure 6 : coupe sur un chaussée de béton de ciment

I.2 .6 Constitution des structures de chaussée

Une chaussée routière se présente comme une structure composite réalisée par empilements successifs de couches de matériaux granulaires, le tout reposant sur un sol support (Figure 1.1). Vis-à-vis de la description adoptée par la méthode de dimensionnement française, établie par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) et le Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA), on associe à chacune des couches une fonction

Le sol support :

Est généralement sûr monté d'une couche de forme pour former un ensemble appelé plate-forme support de chaussée. Cette dernière sert, comme son nom l'indique, de support au corps de chaussée. Pendant la phase de travaux, la couche de forme a pour rôle d'assurer une qualité de nivellement permettant la circulation des engins pour la réalisation du corps de chaussée. Vis-à-vis du fonctionnement mécanique de la chaussée, la couche de forme permet d'augmenter la capacité portante de la plate-forme support de chaussée.

Les couches d'assise :

Sont généralement constituées d'une couche de fondation sur montée d'une couche de base. Elles apportent à la structure de chaussée l'essentiel de sa rigidité et répartissent (par diffusion latérale) les sollicitations, induites par le trafic, sur la plate-forme support afin de maintenir les déformations à ce niveau dans les limites admissibles.

I .2 .6.1 La couche de surface :

Est formée d'une couche de roulement surmontant éventuellement une couche de liaison intermédiaire. La couche de roulement assure la fonction d'étanchéité des couches d'assise vis-à-vis des infiltrations d'eau ; et à travers ses caractéristiques de surface, elle garantit la sécurité et le confort des usagers

I. 3 Conclusion du chapitre :

D'après tout ce qu'il est précède, on peut résumé que Les structures routières sont diverses et très variées, cependant au a notre payé, la structure de chaussée souple est la plus utilisée. Sa conception nécessite l'utilisation de matériaux composites adéquats et différés. Ces différentes structures sont le résultat d'une évolution successive des chaussées aboutissant aujourd'hui à de telles chaussées. Il est donc important de connaitre l'historique des chaussées pour comprendre l'évolution des structures routières.

Chapitre II
Caractéristiques géométriques des chaussées

II Caractéristiques géométriques des chaussées

II. 1 Introduction :

Les recommandations pour la conception et l'aménagement des routes prennent en compte simultanément le coût, le niveau de service offert à l'usager et la sécurité routière. Les caractéristiques géométriques conseillées sont donc définies à partir de l'ensemble de ces aspects ainsi que des particularités du trafic. Pour y parvenir, il est essentiel de disposer de méthodes d'évaluation des conditions de circulation selon les caractéristiques du tracé routier et du trafic. Cela permet de préconiser des stratégies en terme de conception et d'orienter les choix d'aménagement. Concernant les routes bidirectionnelles en rase campagne, la difficulté majeure est de pouvoir définir de manière précise les conditions pour lesquelles il est souhaitable de prévoir un aménagement ponctuel.

II. 2 Caractéristique géométrique de la route :

Les caractéristiques géométriques d'une route sont illustrées par le profil en long, profils en travers et tracé en plan

II.2 .1 Le tracé en plan

Le tracé en plan est une succession des droites reliées par des liaisons. Il représente la projection de l'axe routier sur un plan horizontal qui peut être une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau.

Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité et qui sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et le frottement de la surface assuré par la couche de roulement.

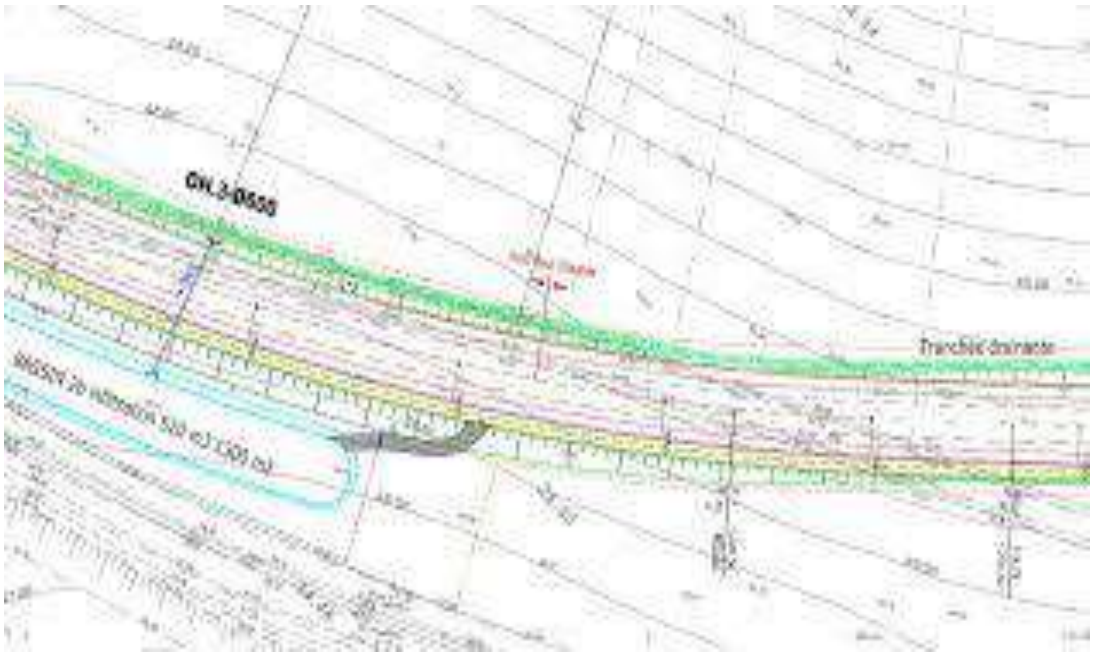


Figure 7 : tracé en plan d'une route

II.2 .2 Les éléments du tracé en plan :

On peut les résumer comme suite :

II .2 .2.1 Alignement :

Pendant longtemps on a préféré le tracé rectiligne parce qu'il est le plus court, mais maintenant les longs alignements sont à proscrire, car :

- Eblouissement causé par les phares (conduite de nuit).
- Mauvaise adaptation de la route au paysage.
- Esthétique difficile.
- Encourage les vitesses excessives.

Pour cela, on est amène à faire un tracé légèrement infléchi. On doit donc remplacer ces alignements droits trop longs par une succession d'alignements courts et de courbes. En faits, il est préférable d'avoir un pourcentage compris entre 20% et 60% en alignement droit, d'une section de route.

II .2 .2.2 Rayon en plan

Un véhicule qui se déplace dans un virage est soumis à différentes forces, parmi lesquelles figurent son poids propre P et la force centrifuge Fc.

Si la composante de la résultante des deux forces R' passe en dehors du polygone des roues, le véhicule perd sa stabilité et se renverse.

II .2 .2.3 Arc de cercle

Deux alignements droits de direction différente sont reliés par une courbe. Notre rôle est d'assurer une transition confortable et sécurisante d'un usager passant d'un alignement droit à un autre.

Pour cela, il y a lieu de choisir un rayon de la courbe assurant cette condition. Dans ce cas, trois éléments interviennent pour limiter la courbure :

- La stabilité des véhicules sous l'effet de l'accélération centrifuge.
- La visibilité dans les courbes.

On essaye de choisir les plus grands rayons possibles en évitant de descendre au-dessous du rayon minimum préconisé.

II.2 .3 Profil en long :

Le profil en long est un graphique sur lequel sont reportés tous les points du terrain naturel et de l'axe du projet. Il est établi en premier lieu. On s'appuie sur ce document pour le dessin des profils en travers. Distances et altitudes sont données en mètres au centimètre près. On choisit en général un plan de comparaison d'altitude inférieure à l'altitude du point le plus bas du projet ou du terrain naturel. Ce plan de comparaison est l'axe des abscisses du graphique sur lequel sont reportées les distances horizontales suivant l'axe du projet. Sur l'axe des ordonnées, sont reportées les altitudes. Les échelles de représentation peuvent être différentes en abscisse et en ordonnées (en rapport de l'ordre de 1/5 à 1/10) de manière à souligner le relief qui peut ne pas apparaître sur un projet de grande longueur. On dessine tout d'abord le terrain naturel (TN), généralement en trait moyen noir. Son tracé est donné par la position de chaque point d'axe d'un profil en travers, le terrain naturel étant supposé rectiligne entre ces points. On reporte en même temps dans le cartouche des renseignements en bas du graphique : les distances horizontales entre profils en travers dites distances partielles, les distances cumulées (appelées aussi abscisses curvilignes) depuis l'origine du projet et l'altitude de chaque point. Les calculs des positions des points caractéristiques se ramènent à des intersections droites-droites, droites-cercles ou droites-paraboles dans le repère associé au profil en long.

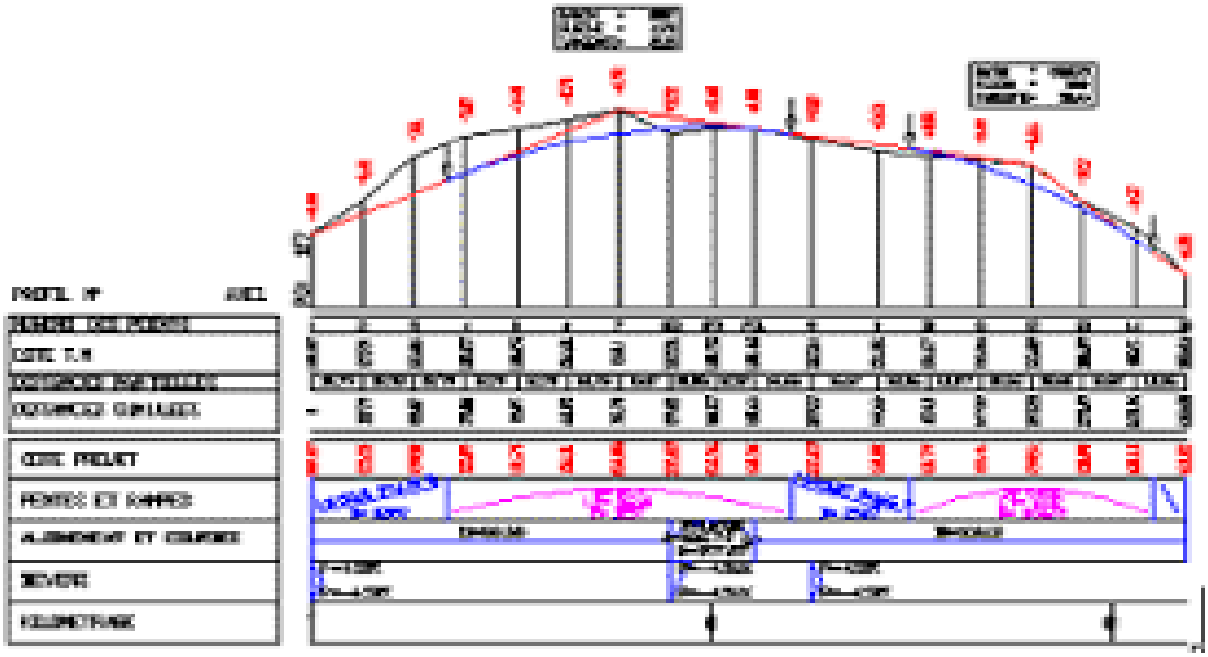


Figure 8 : **profil en long type d'une route**

On peut colorier de manière différente les remblais (en rouge) et les déblais (en bleu).

Les profils en travers fictifs (surface nulle) dont on doit déterminer la position (abscisse et éventuellement l'altitude) sont les points d'intersection entre le terrain naturel et l'axe du projet ; ces profils particuliers sont utiles pour le calcul des cubatures. Il faut connaître leur position en abscisse par rapport aux deux profils en travers qui les encadrent

II .2 .3.1 Recommandations à prendre en considération dans le tracé :

1) Choix du plan horizontal de référence (Plan de comparaison)

2) Définir le TN : tracé + cotes

3) Définir de projet : tracé + cotes

4) Numéroter la position des profils en travers

5) Indiquer les distances (partielles et cumulées)

6) Indiquer la déclivité du projet

7) Indiquer les caractéristiques géométriques du projet : alignements et courbes (vue en plan)

II.2 .4 Profil en travers :

Les profils en travers (sections transversales perpendiculaires à l'axe du projet) permettent de calculer les paramètres suivants :

- La position des points théoriques d'entrée en terre des terrassements ;
- L'assiette du projet et son emprise sur le terrain naturel ;
- Les cubatures (volumes de déblais et de remblais).

Le profil en travers est représenté en vue de face pour une personne qui se déplacerait sur l'axe du projet de l'origine à l'extrémité du projet.

La voie de gauche doit donc se situer sur la partie gauche du profil.

On commence par dessiner le terrain naturel à partir d'un plan horizontal de référence qui n'est pas forcément celui du profil en long, de manière à obtenir le profil en travers à l'échelle maximale sur le format choisi. L'échelle de représentation est de l'ordre de 1/100 à 1/200 (jusqu'à 1/50 pour les voies les moins larges). Il n'y a pas d'échelle différente en abscisse et en ordonnée de manière à pouvoir mesurer directement sur le graphique des longueurs dans toutes les directions ou bien des surfaces

L'abscisse de chaque point du terrain naturel (ou du projet) est repérée par rapport à l'axe du profil en travers (donc négative à gauche et positive à droite), l'ordonnée est toujours l'altitude du point.

On y superpose ensuite le gabarit type du projet (largeur de chaussée, accotements, fossés et pentes de talus) à partir du point d'axe dont l'altitude a été déterminée sur le profil en long.

Cela permet de calculer la position des points d'entrée en terre.

Les fossés ne sont pas repérés comme les autres points caractéristiques puisque, de manière à simplifier le calcul, ils n'interviennent pas dans la décomposition de la surface en triangles et trapèzes. Ils sont calculés séparément.

Il existe trois types de profils en travers : les profils en remblai, en déblai ou bien les profils mixtes

II .2 .4.1 Les éléments du profil en travers :

La chaussée : C'est la partie renforcée et affectée à la circulation des véhicules. Pour subir directement les actions des véhicules et les facteurs naturels, sa largeur dépend essentiellement de considération de débit, elle est divisée en voies de circulations.

Les accotements : Les accotements se trouvent aux cotés de la chaussée, ils étaient utilisés auparavant soit pour le dépôt des matériaux soit pour les piétons, maintenant, ils sont utilisés pour le stationnement. Sur les routes importantes la largeur des accotements est de 2 à 2.5m utilisés comme bande d'arrêt.

La plate-forme : C'est l'ensemble de la chaussée et des accotements, elle est située entre les fossés ou les crêtes de talus de remblais.

L'assiette : C'est la surface de la route délimitée par les terrassements.

L'emprise : C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (Talus, exutoires, etc.…) limitée par le domaine public.

Le talus : Le talus a une inclinaison qui dépend de la cohésion des sols qui le constitue, cette inclinaison est désignée par une fraction (A/B) tel que :

A : représente la base du talus.

B : représente la hauteur du talus.

Le fossé : C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir et d'évacuer les eaux de ruissellement.

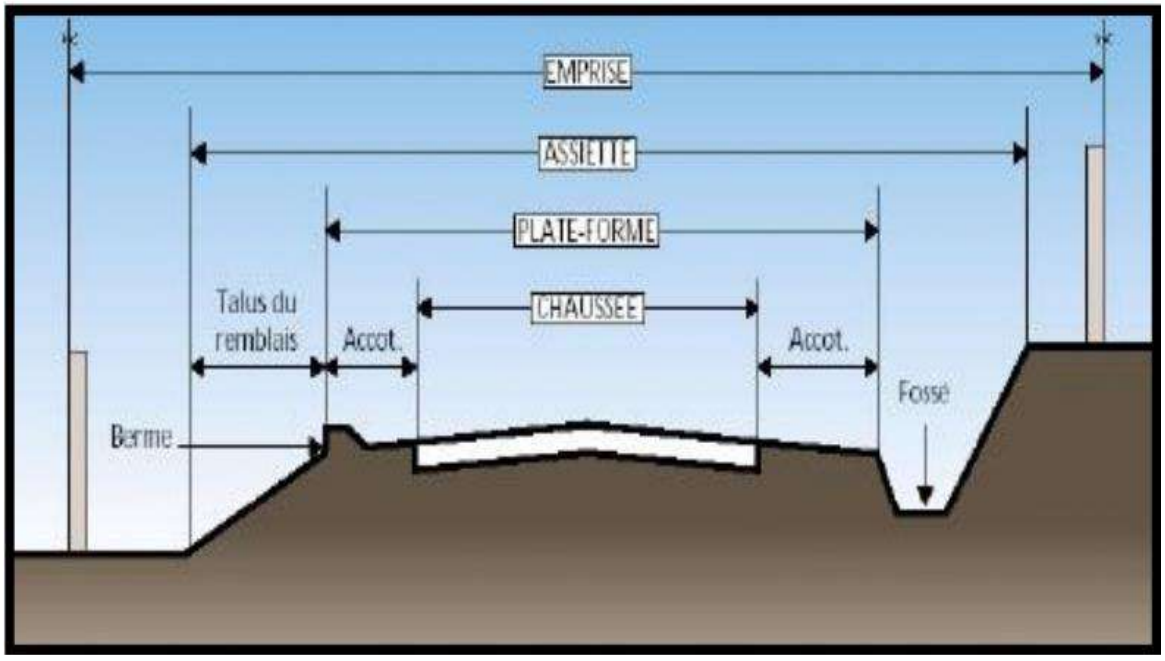


Figure 9 : Les éléments du profil en travers

II. 3 Conclusion du Chapitre :

Dans ce chapitre on résumé que la caractérisation géométrique d'une route peut se définir comme l'ensemble des éléments à satisfaire pour que la liaison routière soit sûre, efficace et confortable.

La géométrie de la route est un concept qui doit donner une forme précise (géométrique), à une nécessité économique(la liaison entre deux points) en tenant compte des multiples facteurs humains (capacités physiques et psychiques des conducteurs, champ de vision, temps de réaction, perception des perspectives, etc.) en ne perdant pas de vue que les véhicules sont soumis à des forces mécaniques inéluctables (force centrifuge, loi de Coulomb sur l'adhérence, force d'inertie,...) et évoluent constamment.

La route doit permettre à un usager normal, circulant à une vitesse inférieure ou égale à la vitesse de sécurité choisie, de parcourir son trajet dans des conditions satisfaisantes de sécurité, de confort, de stabilité et d'économie.

Cela implique naturellement l'adoption par l'auteur de projet des caractéristiques géométriques qui sous-entendent des conditions de visibilité et de progressivité dans

les modifications de trajectoires autorisant, notamment, un freinage sans risque anormal en cas d'imprévu et une limitation des risques en cas d'intempéries, notamment de pluie.

Un autre élément, moins immédiatement décelable, est la nécessité d'éviter la monotonie, reprochée souvent, avec raison, aux longs tracés autoroutiers rectilignes. Les longues lignes droites, à première vue économiques et sûres diluent l'attention, d'une part, et, d'autre part, peuvent poser des problèmes d'éblouissement non négligeables (que des plantations appropriées peuvent cependant souvent limiter).

Chapitre III

Méthode de calcul et dimensionnement des structures de chaussées

III Méthode de calcul et dimensionnement des structures de chaussées

III. 1 Introduction :

Le dimensionnement routier fait appel à une méthode de calcul de l'épaisseur de la chaussée. Il consiste à évaluer le niveau de sollicitation de la structure et de déterminer les épaisseurs à donner aux différentes couches de la chaussée afin de réduire les contraintes et déformations à des valeurs admissibles pour un trafic donné.

Le dimensionnement consiste en la mise en œuvre d'un système qui, à partir des paramètres d'entrée (trafic, type de structure et de plate-forme) fournit les paramètres de sortie (épaisseurs) recherchés (Figure 1). Les différentes étapes du schéma général de dimensionnement d'une chaussée sont synthétisées ci-dessous.

Étape 1 : Choix du type de structure et choix des matériaux et des épaisseurs de couches.

Étape 2 : Calcul des sollicitations maximales générées par le trafic dans les différentes couches. Ces calculs sont réalisés à l'aide de la méthode des éléments finis via le progiciel de calcul ABAQUS. Elles dépendent des propriétés des matériaux constitutifs de la chaussée.

Étape 3 : Calcul des sollicitations admissibles dans les différentes couches. Ces sollicitations admissibles sont calculées à partir des données d'entrée sur le trafic et des différents coefficients. Vers une adaptabilité de la méthode de dimensionnement de chaussées aux granulaires alternatifs. 3

Étape 4 : Confrontation des (Étape 2) et (Étape 3), entre respectivement les sollicitations maximales générées dans la structure et les sollicitations jugées admissibles.

Étape 5 : Ajustement éventuel des épaisseurs des couches afin de respecter la sollicitation admissible.

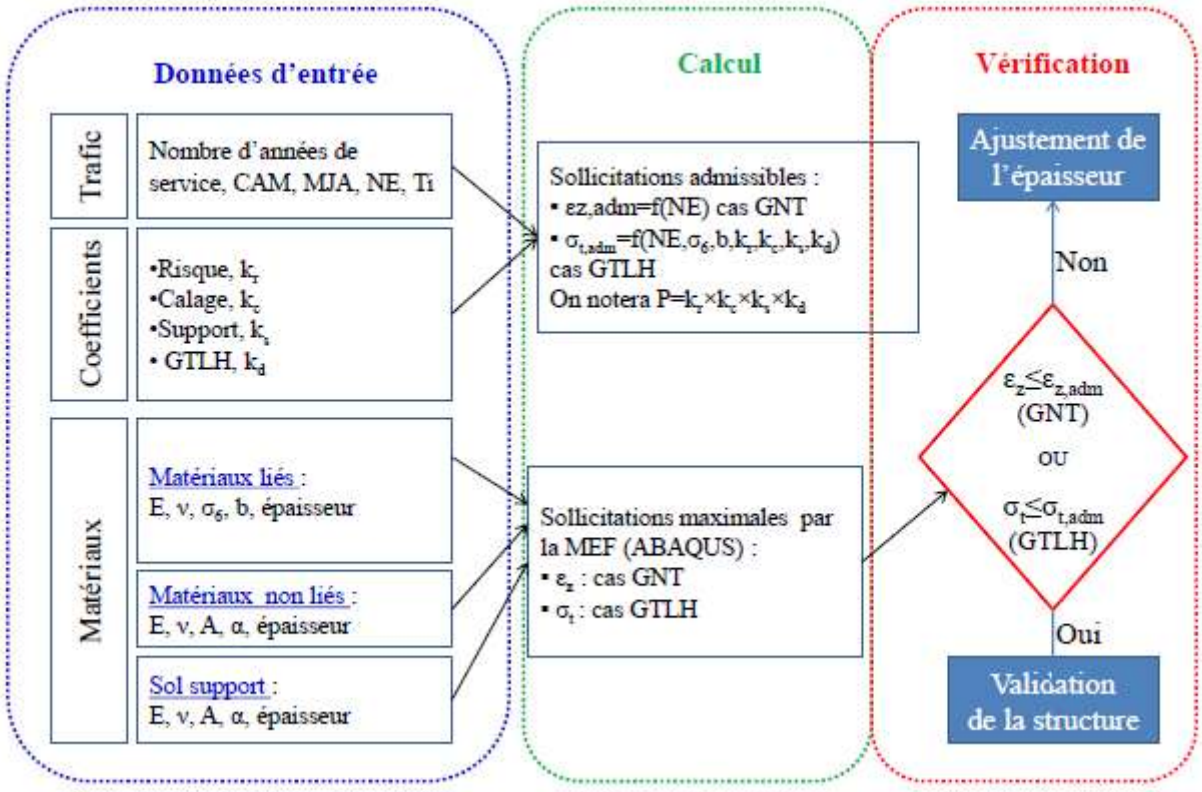


Figure 10 : Schéma de dimensionnement d'une structure de chaussée :

III. 2 Définition des Plates-formes support de chaussée :

Tout projet de structure (route, voie ferrée, fondation d'ouvrage ou bâtiment industriel) ou d'ouvrage nécessite la préparation d'un sol support apte à recevoir cette structure. Dans le domaine routier, ce support est appelé « plate-forme support de chaussée » (PF). Selon la norme NF P98-080-1, la plate-forme support de chaussée se définit comme la surface de sol en place terrassée et nivelée, éventuellement traitée, sur laquelle repose la structure de chaussée ou le corps de chaussé. Elle est située à l'interface entre les couches de chaussées (couches de surface + couches d'assise) et les couches de terrassement (Figure1).

Ces principes de conception sont exposés dans le GTR. Selon les matériaux qui constituent la partie supérieure des terrassements (PST), il est fréquemment nécessaire de mettre en œuvre une couche de forme. Il revient au géotechnicien d'en définir les caractéristiques.

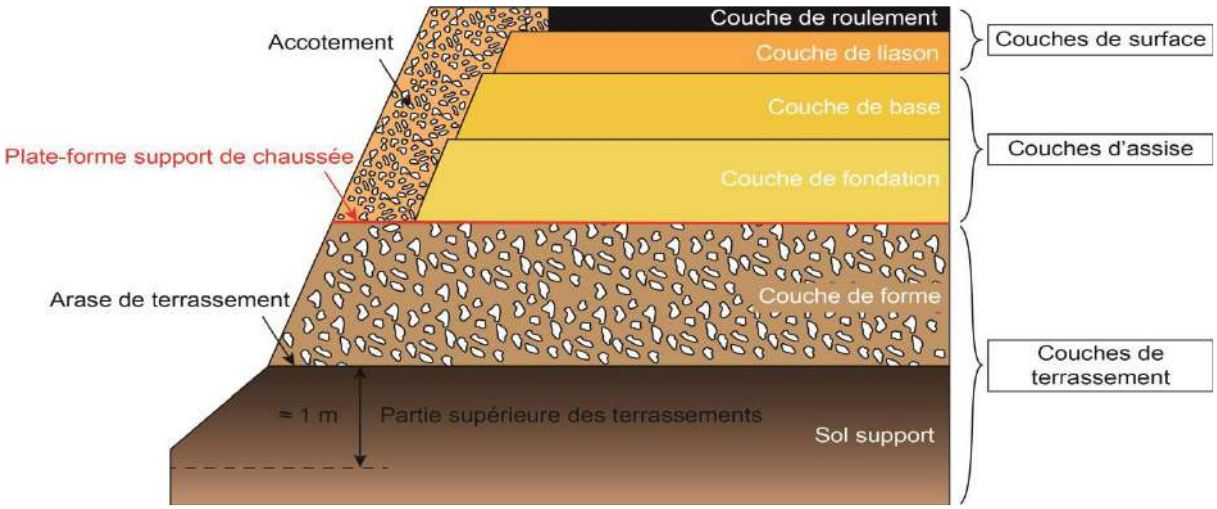


Figure 11 : couches de chaussée

La plate-forme support de chaussée doit répondre à un double objectif :

III.2 .1 À court terme :

Elle permettre la mise en œuvre de la structure à réaliser (nivellement et compactage) en facilitant notamment la circulation des engins de chantier ;

III.2 .2 À long terme :

Elle répondre au besoin du dimensionnement de la structure qu'elle supporte, et s'affranchir de l'évolution des propriétés des matériaux en place.

Aujourd'hui, la plate-forme support de chaussée est valorisée au maximum et entre dans le champ du dimensionnement des structures. Le savoir-faire des terrassiers conduit à augmenter les performances des matériaux en place ce qui peut permettre de réduire les épaisseurs des structures proprement dites, sous réserve de la réalisation d'études appropriées.

III. 3 Capacité portante et portance :

Le terme capacité portante, utilisé en mécanique des sols, est souvent confondu avec le terme portance utilisé en technique routière. En mécanique des sols, la capacité portante (appelée aussi portance par abus de langage) se définit comme la résistance à la rupture sous charge verticale. En technique routière, la portance du support de chaussée (qui trouve son origine dans l'essai CBR (California Bearing Ratio) développé en 1929) se définit, selon la norme NF P98-080-1, comme l'aptitude du support d'une chaussée à résister aux contraintes et aux déformations appliquées par la circulation. Sur les chantiers et dans les principaux guides techniques des terrassements ([1], [2], [3]), la portance est caractérisée par un module de déformation (cf. paragraphe 1.1.5). Cette définition de la portance sera celle utilisée dans la suite de cette note d'information.

Méthode de dimensionnement :

D'après les chercheurs et les différentes études, on peut distinguer deux grandes méthodes :

1- Les méthodes empiriques
2- Les méthodes semi empiriques.

Ces méthodes s'appuient sur trois grands paramètres :

a- **La capacité portante** : obtenue par les différents essais géotechniques.
b- **Le trafic** : charge par voie, pression de gonflage et répétition des charges.
c- **Caractéristiques mécaniques :** pour les différents matériaux constituant les couches

III.3 .1 Méthode 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. 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 :

1- Pour un trafic en voiture particulaire : **TMJA×365×1.5t < 100000 t/ans**

$$e = \frac{100 + 150\sqrt{P}}{I_{CBR} + 5} \ (cm)$$

2- Pour un trafic en voiture particulaire : **TMJA×365×1.5t ≥ 100000 t/ans**

:

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

Avec

- **e** : épaisseur équivalente
- **I_{CBR}** : indice CBR (sol support)
- **N**: désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide
- **P**: charge par route P = 6.5 t (essieu 13 t)
- **Log:** logarithme décimal

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$e = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3$$

Où :

C_1, C_2, C_3 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

III .3 .1.1 Valeurs du coefficient d'équivalence :

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

Table 1 : Les valeurs des coefficients d'équivalence

: Matériaux utilises	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment	1.50
Grave bitume	1.50 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	0.60

Tableau III.1: Les valeurs des coefficients d'équivalence

III.3 .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.
- 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 :
  1. Trafic cumule de poids lourds à la $10^{ème}$ année Tj.
  2. Les caractéristiques de sol (Sj).

III .3 .2.1 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 :

Table 2 : Déterminant la classe du trafic poids lourds

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumule sur 20 ans
T_1	$T< 7.3\ 10^5$
T_2	$7.3\ 10^5<T<2\ 10^5$
T_3	$2\ 10^6<T<7.3\ 10^6$
T_4	$7.3\ 10^6<T<4\ 10^7$
T_5	$T> 4\ 10^7$

Le trafic cumulé est donné par la formule suivante : $$T_C = Tpl\left[1+\frac{(1+\tau)^{n+1}-1}{\tau}\right]\times 365$$

Avec :

Tpl : trafic poids lourds à l'année de mise en service.

τ : taux d'accroissement annuel

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 :

Table 3: Déterminant la classe du sol

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

III.3 .3 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

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 rationnelle qui se base sur deux approches :

- Approche théorique.
- Approche empirique.

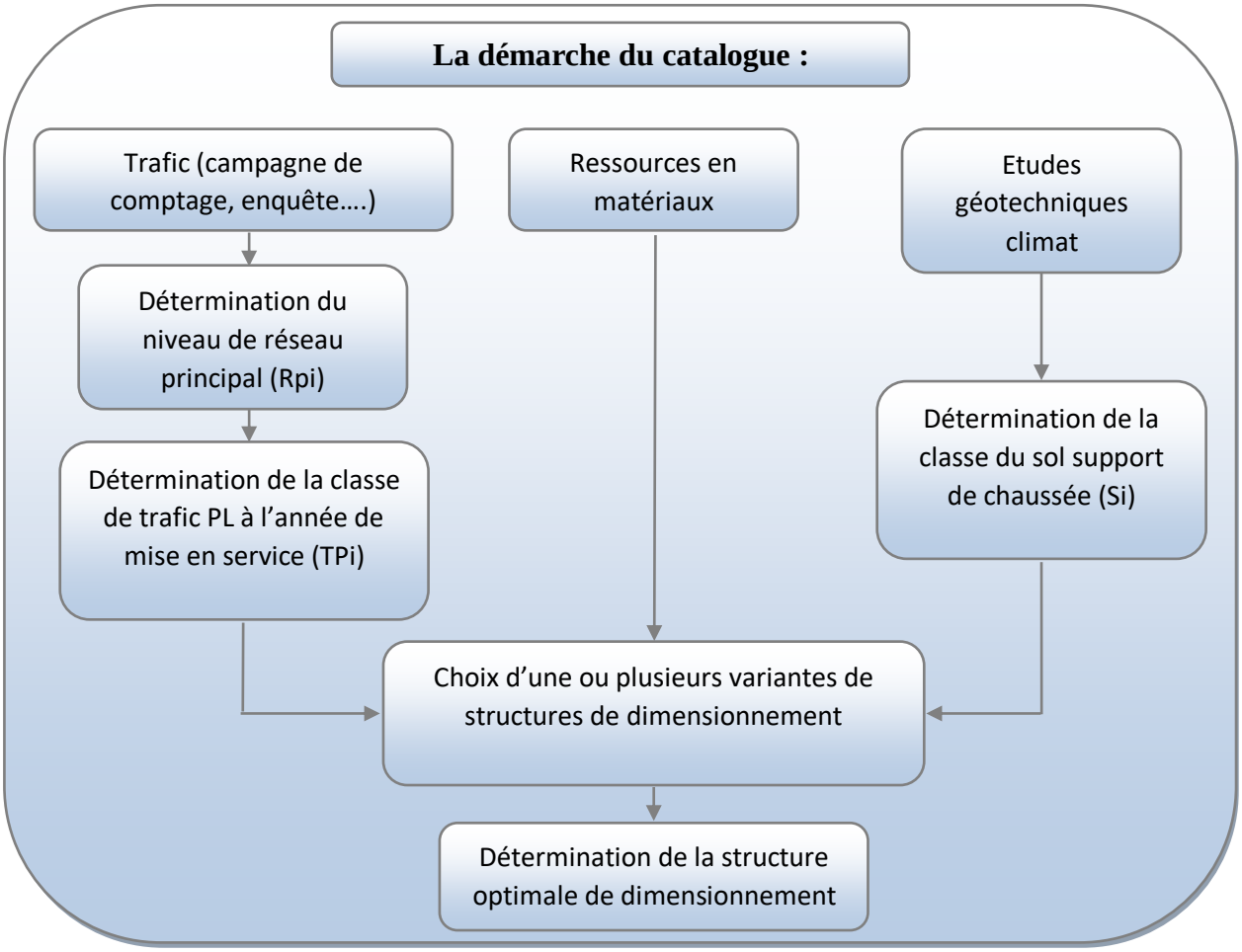


Figure12 La démarche du catalogu

III.3 .4 La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)

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

Teq = [TJMA. a [(1+Z)n-1]×0.75×P×365] / [(1+Z)-1]

Téq= trafic équivalent par essieu de 13t.

TJMA = trafic à la mise en service de la route.

a = coefficient qui dépend du nombre de voies.

Z = taux d'accroissement annuel.

n = durée de vie de la route.

p = pourcentage de poids lourds.

Une fois la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente e (en fonction de **Téq**, **ICBR**) à partir de l'abaque L.C.P.C.

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

III.3 .5 Données d'entrées du dimensionnement

Avant tous calculs il faut prendre en considération les données de base pour le dimensionnement des structures de chaussées qui sont :

1. la durée de vie
2. le risque de calcul considéré
3. les données climatiques
4. le trafic
5. le sol support de chaussée
6. les caractéristiques des matériaux

III .3 .5.1 Durée de vie

La durée de vie est en étroite relation avec la stratégie d'investissement retenue par le maitre de l'ouvrage. Elle correspond à un investissement initial moyen à élever et des durées de vie allant de 15 à 25 ans en fonction du niveau de réseau principal considéré.

Les durées de vie fixées par niveau de réseau principal (RP1, RP2) et par matériau types sont synthétisées dans le Tableau 2.8 ci-dessous :

Table 4: durée de vie a adoptée

Niveau de réseau principal RPi	Matériaux types	Structures types	Durée de Vie (années)
RP1	MTB (matériau traités au bitume)	GB/GB, GB/GNT, GB/TUF, GB/SG, GB/AG	20
	MTLH (matériaux traités aux liants hydrauliques)	GL/GL,BCg/GC	20
		BCg	25
RP2	MNT (matériaux non traités)	GNT/GNT, TUF/TUF AG/AG, SG/SG	15
	MTB (matériaux traités au bitume	SB/SG	15

III .3 .5.2 Risque de calcul

Compte tenu du caractère probabiliste relatif au dimensionnement des chaussées dû à l'importance de la dispersion et du caractère aléatoire des essais de fatigue, l'objectif qui est retenu est que la probabilité d'apparition de dégradations avant une période donnée de x années, soit inférieure à une valeur fixée.

Cette probabilité de rupture est appelée le « risque de calcule » et la période de x années la « durée de vie » ou durée du dimensionnement.

III .3 .5.3 Données climatiques

Les données directement utilisées dans le calcul de dimensionnement des chaussées se rapportent :

1. à l'état hydrique du sol support

2. aux cycles saisonniers de température

III .3 .5.4 Trafic

Pour le calcul du dimensionnement proprement dit, c'est le trafic cumulé sur la durée de vie choisie qui est à prendre en considération. Ceci fait intervenir les notions d'agressivité des poids lourds et de trafic cumulé équivalent (TCEi).

III .3 .5.5 Sol-support

III .3 .5 .5. a Classes de sols support retenues :

Le sol support de chaussées est assimilé à un massif semi-infini élastique, homogène et isotrope. Les caractéristiques mécaniques nécessaires pour la modélisation sont le module de Young (E) et le coefficient de Poisson (υ).

1. Le coefficient de poisson(υ) pour les sols est en général pris égal à 0,35.

2. Le module du sol support (E) appelé également module de Young est donné ci-dessous dans le Tableau 2.15 :

Table 5: Classes de portance à long terme du sol-support

Classes de la portance (si)	S4	S3	S2	S1	S0
Modules (MPA)	15	25	50	125	200

III .3 .5 .5. b Classes de sols support par niveau de réseau principal (RPi)

Il existe une relation entre la qualité du sol support de chaussée et le bon comportement des chaussées. Pour cette raison, et pour chaque niveau de réseau principal (RO1 et RO2), les classes de sol support considérées sont les suivantes :

1. Pour le réseau principal RP1 : S0, S1, S2

2. Pour le réseau principal RP2 : S0, S1, S2, S3

Si ces niveaux de portance ne sont pas atteints, il faudra alors prévoir une couche de forme de manière à améliorer le module du support de chaussée et ce conformément aux tableaux de sur classement des sols support donnés dans le partie I

III .3 .5 .5. c Calcul des déformations admissibles sur le sol support εz,ad

La déformation verticale εz calculée par le modèle (élément finis et ALIZE III), devra être limitée à une valeur admissible εz,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 :

$$\varepsilon_{z,ad} = 22.10^{-3}. (TCEi)^{-0,235}$$

Pour chaque classe de trafic (TCEi), il correspond une valeur de εz,ad

III .3 .5 .5. d Conditions aux interfaces

Les conditions aux interfaces interviennent dans la modélisation de la structure pour les calculs de contraintes et déformations effectuées à l'aide du modèle retenu dans les calculs.

Les différentes hypothèses adoptées sont synthétisées dans le Tableau III.6 ci-dessous

Table 6: **Synthèses des hypothèses sur les conditions de collage**

Structures types	Hypothèses sur le type d'interface
MTB : 1- BB/GB/GB/sol support	Toutes les interfaces sont collées
2- BB/GB/GNT ou TUF ou SG/sol	Toutes les interfaces sont collées
3- SB/SG/sol support	Toutes les interfaces sont collées
MTLH : 1- BB/GL/GL/sol support	Toutes les interfaces sont collées
2- BCg/GC/sol support	Interfaces BCg/GC décollée Interfaces GC/sol support collée
MNT : 1. GNT/GNT/sol support 2. TUF/TUF/sol support 3. SG/SG/sol support 4. AG/AG/sol support	Toutes les interfaces sont collées

III .3 .5 .5. e Matériaux

- **Performances mécaniques**

Les performances mécaniques relatives aux différents types de matériaux sont données dans les Tableaux III.07, III.08 et III.09 ci-dessous :

Matériaux traités au bitume (MTB)

Table 7: Performances mécaniques des matériaux bitumineux

Matériau (MTB)	E (30°,10Hz) (MPa)	E (25°,10Hz) (MPa)	E (20°,10Hz) (MPa)	E (10°,10Hz) (MPa)	ε6 (10°,25Hz) (10^{-6})	-1/b	SN	Sh (cm)	υ	Kc calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

BB : béton bitumineux, GB : grave bitume, SB : sable bitume

Table 8: Performances mécaniques des matériaux traités aux liants hydrauliques

Matériaux (MTLH)	E (MPa)	v6 (MPa)	-1/b	SN	Sh (cm)	υ	Kd	Kc
GL	20000	0,50	18,4	1,24	3	0,25	1	1,5
GC	20000	0,70	12	1	3	0,25	1	1,5
BCg	35000	2,15	16	1	3	0,25	1/1,47	1,5

GL : grave laitier, GC : grave ciment, BCg : béton de ciment goujonné

Table 9: Performances mécaniques des matériaux non traités

Niveau de la couche	Module des MNT (MPa)	Valeurs de k	Y
Base* (15 ≤h 20 ≤cm)	**GNT=500** **TUF1=500** **TUF2=300** **SG1=700** **SG2=300** **AG=300**	**2,5** **2** **2** **2** **2** **2**	**0,25** **0,25** **0,25** **0,25** **0,25** **0,25**
Fondation (en sous couches de 25 cm)	**EMNT** (sous couche 1) = k E sol support **EMNT** (sous couche i) = k EMNT (Sous couches i-1) avec EMNT borné à EMNT couche de base		
Fondation MNT sous GB et SB (GB/GNT)	**EMNT** (sous couche 1) = k E sol support (avec K idem ci-dessus) **EMNT** (sous couche i) = k EMNT (Sous couches i-1) **avec EMNT** borné à 350 MPa		

(*) Pour la couche de base, les modules et coefficients de poisson sont ceux obtenus en laboratoire au triaxial à chargement répétés (TCR-G)

- **Calcul des sollicitations admissibles**

Les sollicitations admissibles pour chaque type de matériaux sont calculées à partir des relations suivantes :

a- Matériaux traités au bitume
b- Matériaux traités aux liants hydrauliques :
c- Matériaux non traités (MNT)

III. 4 Conclusion du Chapitre :

Dans ce chapitre on a résumé que le dimensionnement d'une chaussée consiste à déterminer la nature du sol support et l'épaisseur des couches qui la constituent afin qu'elle puisse durable et résister aux diverses agressions auxquelles elle sera soumise tout au long de savie.

Chapitre IV
Etude de cas (RN40)

IV étude de cas (RN40)

IV. 1 Introduction :

L'étude de renforcement concerne le tronçon de la route nationale N°40 situé entre le PK108+000 et PK125+000 sur un linéaire de 19 kms, reliant la limite de la wilaya de Tiaret et la commune de BOUGHEZOULE.

Le profile en travers de la chaussée est, celui d'une chaussée bidirectionnelle à 02 voies de circulation. La largeur moyenne revêtue de la chaussée varie entre 07.00 à 07.40 m avec un accotement de 2.00 m. le relief du tronçon est généralement plat avec des sinuosités faible.

IV. 2 Situation du projet :

Le site du projet de la route en question est situé sur la région de CHAHBOUNIA (route national n° 40 « RN40 »), reliant la RN01 (BOUGHEZOULE) et la wilaya de Tiaret, situe environ à100 km au sud-ouest du chef-lieu de la wilaya de Médéa.

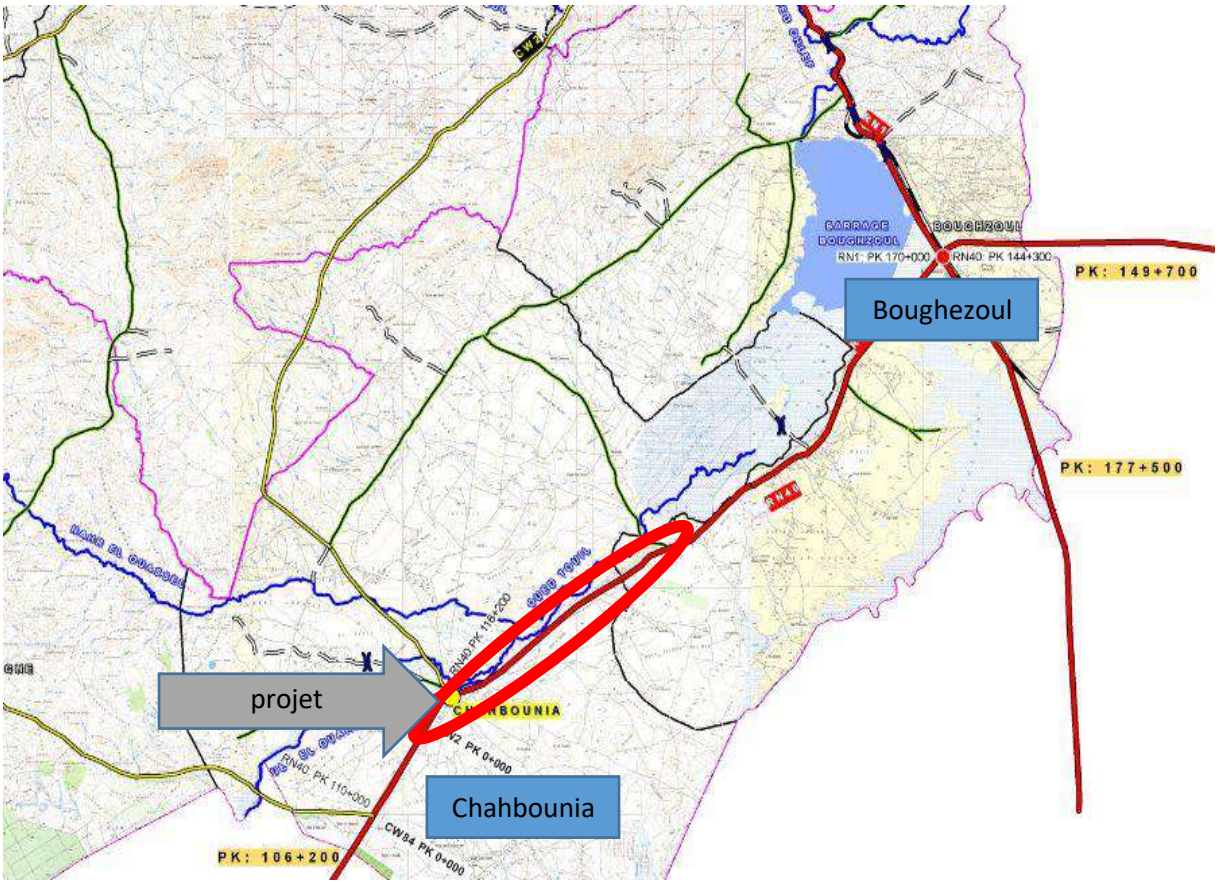


Figure 12 : **Plan de situation**

IV. 3 Cadre géologique et hydrogéologie de la région :

IV.3 .1 GEOLOGIE GENERALE :

La section de CHAHBOUNIA- BOUGHZOULE se trouve au sud de l'Atlas Tellien et au début des Hauts Plateaux de la partie sud de la wilaya de Médéa.

Les différentes formations rencontrées dans cette section peuvent être regroupées en deux groupes principaux : Les matériaux de substrat et les matériaux des dépôts alluvionnaires.

-Les matériaux de substrat, subdivisés en fonction de l'âge de leur formation en Crétacé (Sénonien, Turonien), sont formés par des marnes avec intercalations de calcaires et en Miocène inférieur et l'Oligocène formés par des bancs de grès, des conglomérats et des marnes noires.

Ces formations ont subi d'importantes déformations d'origine tectonique, marquées par la présence des séries stratigraphiques répétées.

Au sud de la ville de Ksar El-BOUKHARI, on retrouve une plaine sous laquelle une faille ou un chevauchement est à l'origine des séries stratigraphiques observées le long de la zone. C'est la même tectonique qui est à l'origine de formations de l'Atlas Tellien.

-Les matériaux des dépôts alluvionnaires présentent des lithologies différentes selon l'origine des matériaux qui les forment.

Au nord, ils sont formés par des dépôts marneux et, au sud, par des sous-produits des conglomérats et des grès.

Le tracé de la route se trouve dans sa plus grande partie parallèle au lac du BOUGHEZOULE.

BOUGHEZOULE, et Chahbounia s'encadre dans le Haut Plateau. Les hauts plateaux, avant-pays alpin, à couverture sédimentaire réduite, où les processus locaux de distension ont permis la formation de bassins intra montagneux.

Le Haut Plateau est composé par une épaisse séquence de dépôts marins et non marins dérivés des montagnes adjacentes et d'autres dépôts sédimentaires continentaux, formant des versants assez stables.

La zone d'étude se situe en aval de la confluence des oueds Taouïl et NaharOuassel, lesquels donnent origine à l'oued Cheliff. Ces deux oueds drainent un vaste bassin localisé dans les Hauts Plateaux, avec une topographie généralement peu accidentée, avec de nombreuses dépressions localisées qui forment des marais et des lacs temporaires où se perdent une bonne partie des écoulements d'hiver des oueds. Dans le site, les vallées sont approximativement symétriques et à morphologie très douce.

Le terrain en place est constitué par des formations datées du Miocène inférieur marin (Mi) et du Pliocène continental (Pc), constitué par des grés, calcaires lacustres et poudingues, recouvert par une épaisse couche de dépôts de terrasses et alluvions de nature argileuse à sableuse, généralement indifférenciés, daté du Quaternaire continental (Qt). Sur ces formations, en particulier à l'intérieur du réservoir de BOUGHEZOULE vérifie la présence de vases limoneuses brunâtres.

IV.3 .2 HYDROGEOLOGIE :

Le site a, d'une façon générale, de faibles ressources hydrogéologiques, normalement associées aux formations sédimentaires datées du Quaternaire continental (Qt), du Pliocène (Pc) et du Miocène (Mi).

Les aquifères sous-superficiels associés aux dépôts de terrasse et les alluvions sont, en raison de leur nature essentiellement argileuse et, par conséquent, de leur faible perméabilité et productivité, peu importants. Il faut également signaler que la nature argileuse de ces sédiments réduit l'infiltration de l'eau et facilite sa vidange superficielle, conditionnant évidemment la circulation souterraine.

En termes généraux, ces dépôts constituent, du point de vue hydrogéologique, des aquifères superficiels ayant un niveau phréatique sujet aux variations saisonnières et se situent entre la surface du terrain et le contact terrain meuble/substrat, en fonction de la précipitation.

En ce qui concerne les formations du Pliocène (Pc) et Miocène (Mi), de nature essentiellement gréseuse et calcaire, se prévoit que seulement existant à des profondeurs considérables. Cependant, ces formations ont différents comportements par rapport au passage de l'eau, selon leur degré d'altération et de fracturation, et ont une perméabilité primaire (intrinsèque au matériau rocheux) et secondaire (vers les fractures et les fissures existantes).

Les lithologies rapportées présentent fondamentalement des caractéristiques de perméabilité secondaire. La circulation de l'eau s'effectue à travers les fractures et les fissures existantes et est d'autant plus importante que plus grand ce sera l'ouverture des fractures et combien moindre l'espacement entre elles. Dans les zones où les fractures sont remplies, le flux est interrompu. Dans ce cas, les fractures deviennent des barrières imperméables, perdant leur caractère de "conduites" préférentielles de la circulation de l'eau.

IV. 4 Cadre sismique de la région :

La région Tellienne est un espace tectoniquement complexe à vulnérabilité sismique naturelle élevée. Cette sismicité est liée aux mouvements tectoniques complexes de convergence de la plaque africaine au sud et de la plaque eurasienne au nord. La tectonique de compression qui en découle génère de nombreuses failles actives dont l'interaction peut générer des séismes.

D'après les règles parasismiques algériennes (R.P.A 2003), la région de Médéa est classée dans la zone (IIa) où la sismicité est moyenne.

En analysant la sismicité historique et la classification sismique de la région de Médéa, il ressort que le facteur sismique est à prendre en compte dans l'aménagement.

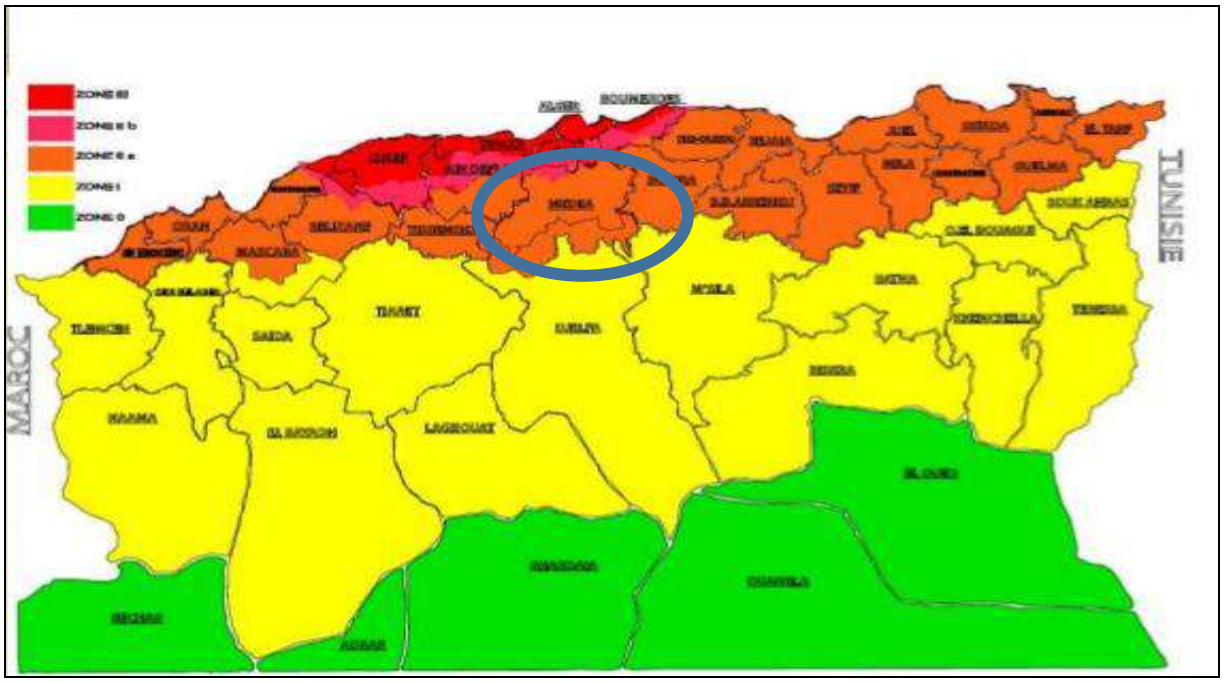


Figure 13 : **carte du zonage sismique**

IV. 5 OBSERVATION DES DEGRADATION :

L'évaluation de l'état apparent de la route est basée sur l'examen visuel de la chaussée qui permis de déterminer la nature et l'intensité des dégradation apparues au niveau de la route , et de formuler les première hypothèses au sujet des causes des dégradation constatées.

Au niveau de la route objet d'étude, un relevé détaillé de dégradation a été effectué, en relevant d'une part les types des différents dégradations observées, leur localisation et d'autre part en estimant le degré et l'étendue de chaque dégradation pour pouvoir apprécier l'état actuel de la chaussée.

Le relevé de dégradation effectué sur le tronçon de la RN40, dévoile un état moyen à mauvais, on note, sur la section objet d'étude les dégradations de la famille de fissuration de type faïençage à maile fines généralisé, fissures longitudinales généralisées et localisées ainsi que de la famille de déformation de type des affaissements localisés et ornières généralisé.

IV. 6 Programme d'investigation géotechnique :

Pour avoir les donnes du corps chaussée le bureau d'étude chargé des travaux a effectué un programme d'investigation géotechnique composé de quatre puits de reconnaissance sous chaussée afin de relever les épaisseurs des couches non traitées constituant la base et la fondation et la nature des matériaux utilises, la

description de la nature des matériaux prélevés sont données dans les tableaux suivants :

- **Puit 01** : PK 110+000 profondeur 0.90 m

Nature des couche du corps de chaussé	Profondeur de la couche
Couche de BB	0.00-0.06
Couche de BB	0.06-0.12
TVC	0.12-0.22
TUF	0.22-0.62
Sol support	0.62-0.90

puit 02 : PK 113+000 profondeur 1.00 m

Nature des couche du corps de chaussé	Profondeur de la couche
Couche de BB	0.00-0.06
Couche de BB	0.06-0.12
TVC	0.12-0.22
TUF	0.22-0.82
Sol support	0.82-1.00

- **puit 03 :** PK 117+000 profondeur 0.90 m

Nature des couche du corps de chaussé	Profondeur de la couche
Couche de BB	0.00-0.06
Couche de BB	0.06-0.12
TVC	0.12-0.27
TUF	0.27-0.57
Sol support	0.57-0.90

❖ **puit 04 :** PK122+000 profondeur 0.70 m

Nature des couche du corps de chaussé	Profondeur de la couche
Couche de BB	0.00-0.06
Couche de BB	0.06-0.20
TVC	0.20-0.35
Sol support	0.35-0.70

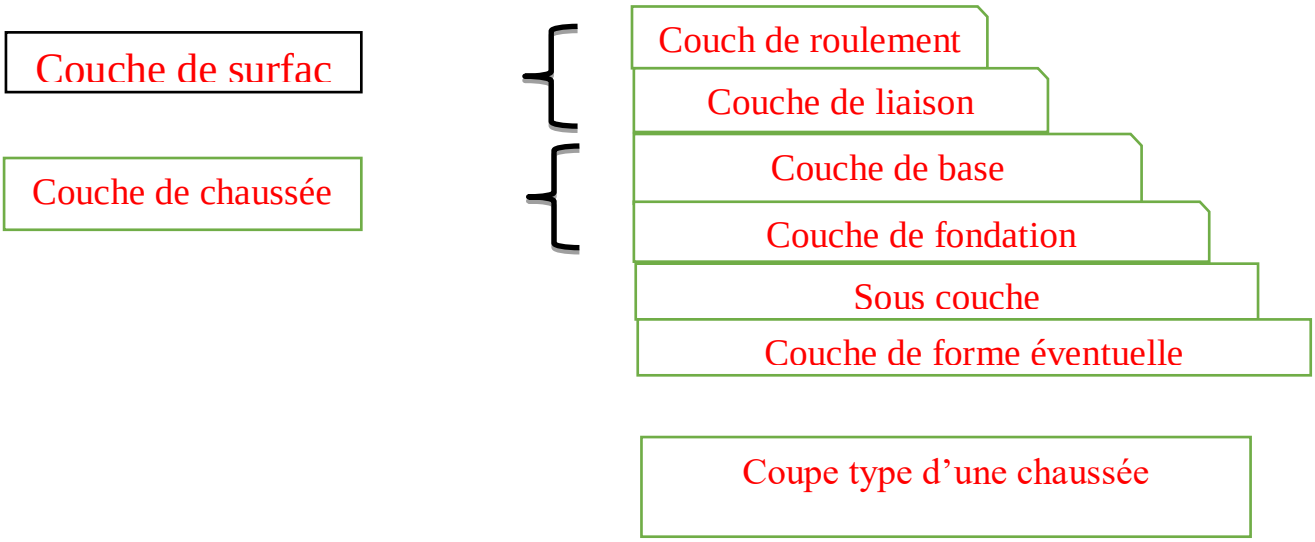
IV. 7 DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

Le dimensionnement des structures de chaussées constitue une étape importante de l'étude d'un projet routier. Actuellement, dans beaucoup des pays développés, on parle le plus souvent de « projet chaussée » compte-tenu de son importance sur le plan technique de l'ensemble du projet routier. Il s'agit en même temps, de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée.

Tout cela, en fonction des paramètres fondamentaux que sont l'environnement de la route (le climat essentiellement) le trafic et la durée de vie de la chaussé.

Il aussi nécessaire de définir, dès le départ, une stratégie «investissement-entretien» en fonction des données économique. En effet, on peut choisir une stratégie qui consiste àréduire au minimum le budget initial à la construction que l'on compensera ensuite en entretien ou en renforcement quelque années plus tard. Comme on peut tout à fait consentir un budget initial conséquent afin de réduire au maximum les dépenses d'entretien ultérieur. Le choix entre ces deux stratégies relève de la compétence du maître de l'ouvrage en fonction des disponibilités financières et de la politique routier du projet.

Une chaussée est l'ensemble des couches de matériaux superposées et mises en œuvre de façon à permettre la reprise des charges extérieures une coupe de chaussée est représentée par la figure ci-dessous :



Coupe type d'une chaussée

IV.7 .1 FACTEURS DE DIMENSIONNEMENT

Quelle que soit la méthode de dimensionnement utilisé, on a toujours besoin de certains paramètres fondamentaux liés au trafic, à l'environnement de la chaussée et aux caractéristiques des matériaux utilisés.

IV .7 .1.1 Trafic :

La connaissance du trafic et principalement de trafic poids lourd (véhicule dont la charge utile est supérieure ou égal à 5 Tonnes), constitue un des éléments essentiels pour un bon dimensionnement de la structure de la chaussée. Ce trafic s'exprime généralement par deux paramètres :

Le trafic journalier moyen annuel (TJMA) à la mise en service qui permet de choisir les matériaux nécessaires pour la construction de la chaussée ;

Le nombre cumulé d'essieux de référence passant sur la chaussée tout au long de sa vie et qui sert au calcul de dimensionnement proprement dit.

Le trafic à la mise en service :

Le trafic à la mise en service, compté sur la base TJMA, est estimé à partir du trafic PL par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service de la route. On définit, en général des classes de trafic en fonction du

nombre moyen journalier annuel de poids lourds de charge utile supérieure ou égal à 5 Tonnes.

IV .7 .1 .1. a De trafic cumulé équivalant (NE) :

Le trafic utilisé pour dimensionnement est le nombre équivalent d'essieux correspondant au trafic PL cumulé de service retenu. Il est donné par la relation :
NE=N×CAM

L'essieu référence en vigueur en Algérie est l'essieu de 13 Tonnes (ou 130 KN).
Il est composé de deux demi-essieux à roues jumelées de 65 KN (ou 6.5 T).
N : est le nombre cumulé de PL pour la période de calcul de p année,

$$N=365\times TMJA\times C$$

C : étant la facture de cumul de la période de calcul ou durée de service considérée et donné par la relation :

$$C= ((1+\tau)\ p/\tau)$$

τ : Taux de croissance du trafic du et p=nombre d'années de service ou «durée de vie» de la chaussée.
CAM : est le coefficient d'agressivité moyenne des PL par rapport à 1 essieu de référence. L'agressivité traduit l'endommagement par fatigue subit par la chaussée suite au passage d'un essieu de charge P par rapport au dommage qu'elle subirait au passage de l'essieu isolé standard de charge P0.
Enfin, on peut écrire :

$$NE=365\times MJA\times CAM\ ((1+\tau)\ p-1)/\tau.$$

IV .7 .1 .1. b Environnement :

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

La variation de la température intervient dans le choix du liant hydrocarboné ;

Les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support .

Ainsi que les possibilités de réemploi des matériaux de déblai en remblai.

IV .7 .1 .1. c Le Sol Support :

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

Les plates formes sont définies à partir :

- De la nature et de l'état du sol ;

- De la nature et de l'épaisseur de la couche de forme

IV .7 .1 .1. d Matériaux :

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

IV.7 .2 LES PRINCIPALES MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT :

On distingue deux familles des méthodes :

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

Les méthodes empiriques les plus utilisées sont les suivantes.

- Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio):
- Méthode A.A.S.H.O: (American Association of State Highway Officials)
- Méthode d'ASPHALTE INSTITUTE
- Méthode du catalogue des structures
- La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP)

IV.7 .3 CHOIX DE LA MÉTHODE DE DIMENSIONNEMENT :

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

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

De la disposition constructive adaptée à la chaussée, de bonne condition de drainage de la plateforme dans les zones base.

De la qualité des matériaux mise en place.

Le soin apporté à l'élaboration et à la mise en oeuvre des matériaux.

Peu importe la méthode choisie, c'est la maîtrise qui nous intéresse le plus, c'est pour cela on a choisis la méthode de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP), car c'est la méthode la plus répondue en Algérie.

IV .7 .3.1 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

Données de l'étude :

- TJMA2018=5830 v/j

- Mise en service : 2018

- Durée de vie : 20 ans

- Taux d'accroissement : $\tau = 4\%$

- Pourcentage de poids lourds : Z = 37.9 %

- C.B.R= 10

Détermination du type de réseaux principaux :

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

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

TJMA2018 = 5830 (V/j).

Le réseau principal est RP1

Détermination de la classe de trafic :

- définition du poids lourd :

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

TJMA2018 = 5830 V/j.

TPL2018 = 0.37×5830 =2157.1 PL/j.

TPL2018 = 1078.55 PL/j/sens.

Concernant le tableau 09de classe de trafic TPLA adoptees

La classe de trafic est **TPL5**

Choix de différentes couches constitue de la chaussée :

Dans le cadre de notre projet, nous avons proposé la structure suivante :

- Couche de roulement : BBME.

- Couche de base : EME.

- Couche de fondation : GNT.

- Couche de forme : TVC

Détermination de la zone climatique :

D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie, notre projet est dans la zone climatique II.

Choix de dimensionnement :

Classe de la route : RP1 réseau principale de niveau 1

Niveau du trafic poids lourds : TPL 5,

Taux d'accroissement annuel : 4%

Durée de vie : 20 ans

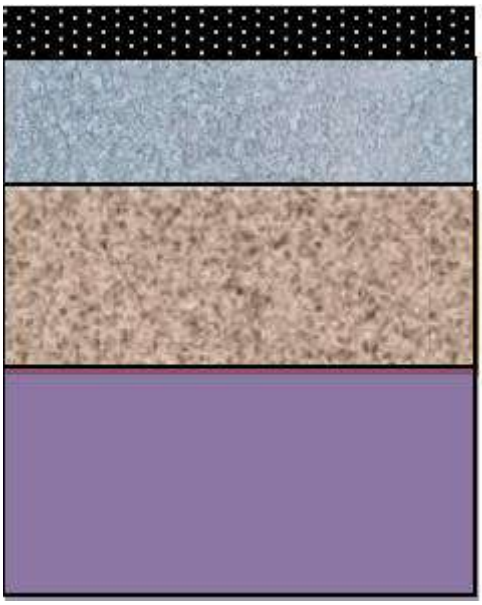
Classe de portance du sol : S3

Zone climatique : zone II (hygrométrie 350 à 600 mm /ans)

On doit surclasser notre sol support du S3 à S2, et on ajoute une couche de forme en deux couches (20cm chacune) avec un matériau non traité (TVC). D'après la fiche structure fascicule N03, on choisit : **8 BBME+16EME+30GNT**

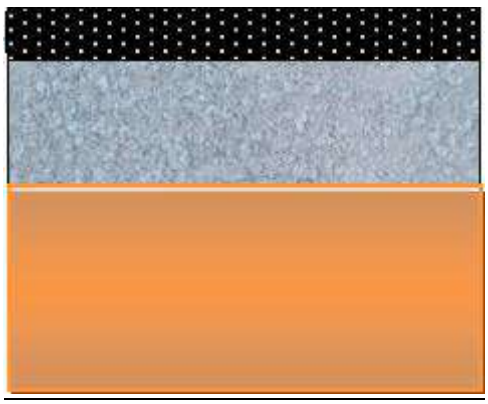
IV .7 .3 .1. a Portance de sol (S3)

- couche de roulement : BBME = 8 cm.
- couche de base : EME =16 cm.
- couche de fondation : GNT= 30cm.
- Couche de forme : TVC =40cm



IV .7 .3 .1. b Portance de sol (S2)

- couche de roulement : BBME = 8cm.
- couche de base : EME =16cm.
- couche de fondation : GNT= 30cm.



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

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

$$\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6(10°c, 25hZ) \times (TCEi/10^6)^b \times \sqrt{\frac{E(10°c)}{E(\theta eq)}} \times 10^{-tb\delta} \times Kc$$

$$\varepsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCE_i)^{-0.235}$$

$$TCE_I = TC_i \times A$$

$$TC_i = TPL_i \times 365 \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

$TC_{2038} = 11.72 \times 10^6 PL/J/sens$

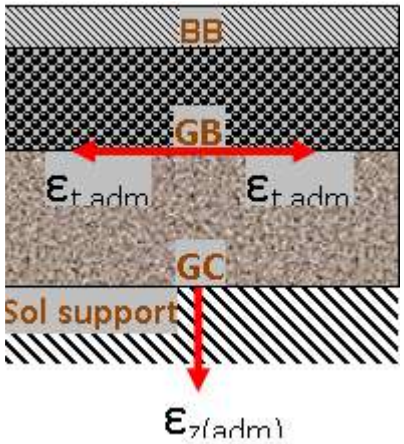
Conforment au catalougue algerian

A=0.6

Alors : $TCE_{2038} = 7.03*10^6$ *PL/J/sensEi*

-$\varepsilon_{z,adm}$:les déformations admissibles vertical sur le sol support .

-$\varepsilon_{t,adm}$: étant la déformation admissible de traction par flexion a la base des matériaux traité au bitume .



IV .7 .3 .1. c Calcul les déformations admissibles sur le sol support εz(adm) :

$\varepsilon_{z(adm)}$=22 x10^{-3}x$(TCEi)^{-0.235}$

= 22x10^{-3}x $(7.03x\ 10^{6})^{-0.235}$ = 0.54. 10^{-3}

Donc$\varepsilon_{z(adm)}$=0.54 10^{-3}

***calcul des solicitations admissible*:**

Les sollicitations admissibles pour les matériaux traités au bitume sont calculées à partir de la relation suivante :

$\varepsilon_{t(adm)}$= ε_{6}(10°C, 25Hz) x kne x kθ x kr x kc

ou :

ε_{6} (10°C, 25Hz) : déformation limite détenue au bout de 10^{6} cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 100C et 25 Hz (essai de fatigue).

Kne: facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.

Kθ : facteur lié à la température.

Kr : facteur lié au risque et aux dispersions.

Kc : facteur lié au calage des résultats de modèle de calcul avec le comportement observésur chaussées.

IV .7 .3.2 Modélisation :

	Epaisseur (cm)	Modules (MPa)	Coef.de poisson(υ)
Couche roulement	6 BBME	14000	0.35
Couche de base	14 EME	12000	0.35
Couche de fondation	25 GNT	500	0.25
Sol support	SOL	125	0.35

IV .7 .3 .2. a Modélisation de la structure.

ε_6(10°,25Hz)=100 10^{-6}

Kne = 0.77

KΘ = 1.89

Kr = 1.23

Telle que $\delta = \sqrt{SN^2 + (\frac{c}{b} S_h)^2} = \sqrt{0.45^2 + (\frac{0.02}{-0.146} 3)^2} = 0.61$

t= 1.036

$\varepsilon_{t,adm}$ = ε_6(10°C,25HZ).Kne. KΘ .Kc

=100 10^{-6} 0.77 1.89 1.23 1.3=

$\varepsilon_{t,adm}$=0.23 10^{-3}

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

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

```
                cont medea
                POSITION DE LA VALEUR MAXIMALE POUR UN JUMELAGE
                A SOUS UNE ROUE SIMPLE
                B SOUS UNE DES ROUES DU JUMELAGE
                C AU CENTRE DU JUMELAGE
                   A=  12.500  D=  37.500  Q=   6.620
                NOMBRE DE COUCHES  4

**********************************************************************
*       *             *           *           *           *          *
*   Z   *             *  EPSILONT *   SIGMAT  *  EPSILONZ *   SIGMAZ  *
**********************************************************************
*    .00*             *  .485E-04B*  .133E+02B* -.360E-04C*  .662E+01A*
*       * E=140000.   *           *           *           *          *
*       * NU= .35     *           *           *           *          *
*       * H1=  8.00   *           *           *           *          *
*   8.00*             * -.256E-05A*  .302E+01B* -.108E-04C*  .501E+01B*
*-------*---  COLLE---*-----------*-----------*-----------*----------*
*   8.00*             * -.256E-05A*  .297E+01B* -.102E-04C*  .501E+01B*
*       * E=120000.   *           *           *           *          *
*       * NU= .35     *           *           *           *          *
*       * H2= 16.00   *           *           *           *          *
*  24.00*             * -.499E-04C* -.795E+01B*  .468E-04B*  .494E+00B*
*-------*---  COLLE---*-----------*-----------*-----------*----------*
*  24.00*             * -.499E-04C* -.144E+00C*  .110E-03B*  .494E+00B*
*       * E=  5000.   *           *           *           *          *
*       * NU= .25     *           *           *           *          *
*       * H3= 30.00   *           *           *           *          *
*  54.00*             * -.578E-04C* -.315E+00C*  .667E-04C*  .183E+00C*
*-------*---  COLLE---*-----------*-----------*-----------*----------*
*  54.00*             * -.578E-04C* -.928E-02C*  .150E-03C*  .183E+00C*
*       * E=  1250.   *           *           *           *          *
*       * NU= .35     *           *           *           *          *
*       * H4=INFINI   *           *           *           *          *
*       *             *           *           *           *          *
**********************************************************************
*   D   *       21.99MM/100             *         R*D                *
*   R   *      1459.42M                 *       32091.24M*MM/100     *
**********************************************************************
                MODULES ET CONTRAINTES EN BARS
```

IV .7 .3.3 Comparaison :

$0.499\ 10^{-4} < 0.54\ 10^{-3}$

$0.150\ 10^{-3} < 0.23\ 10^{-3}$

La structure finale nominale est donc :

8 BBME +14 EME+ 25 GNT+40 TVC

Conclusion generale

1. Conclusion Générale

Le dimensionnement d'une structure de chaussée routière consiste à déterminer la nature et l'épaisseur des couches qui la constituent afin qu'elle puisse résister aux diverses agressions auxquelles elle sera soumise tout au long de sa vie ; lesprincipaux paramètresintervenir dans le dimensionnement sont :

- la vocation de la voie
- le trafic poids lourds (PL)
- l'agressivité du trafic PL
- la durée de service
- le classement géotechnique des sols naturels
- l'état hydrique du sol support sensible à l'eau

D'après notre étude de dimensionnement de corps de chaussée nous sommes conclus que :

1- Les résultats obtenus parle logiciel de calcul numérique ALIZÉ- sont fiable et logique ;il réduit les difficultés lors du calcul des contraintes et déformations(σ_t,σ_z,ε_t,ε_z) des différents niveauxde la structure,

2- L'ajout de **0,5%**des polymères (résidus des PVC broyé) pour les enrobés à modules élevé répand aux exigences d'une formulation niveau 03 classe 02 et conduit à des performances tout à fait intéressantes notamment aux niveaux des propriétés mécaniques par rapport à l'enrobé classique telle que :

- Hautes performances du Module et Orniérage (Augmente le module 40%, et diminue la profondeur d'ornière 60**%**)
- Meilleure adhésion bitume-agrégats
- Réduction des épaisseurs des couchesd'environ**28 %**
- Réduire le prix de réalisation
- Réduction du délai de réalisation des travaux.
- Ralentisseur de vieillissement et longévité élevée des routes
- Impact environnemental réduit

2. Recommandations pour la mise en œuvre des enrobés :

- La station d'enrobage doit être installée pris du chantier ou de préférence au milieu du projet dans un rayon qui ne dépasse pas les 50kms
- Le stockage des polymères nécessite un soin particulier. Elles doivent être protégées de la pluie et de l'humidité excessive car les poudrettes mouillées ont tendance à s'agglomérer en paquets qui ne se dispersent pas dans le mélange bitumineux.
- La température de fabrication des enrobés à module élevé est entre 160° et 170°
- la température extérieure doit être de 10°C et plus lors de la pose
- la réalisation d'une planche d'essais est obligatoire avant la réalisation de n'importe quelle couche d'enrobé.
- la vitesse d'avancement du finisseur doit être ajustée au débit de la centrale de production.
- la température de l'enrobé dans les vis du finisseur doit être supérieure à 150°C.
- le compactage s'effectue à l'aide de rouleaux compacteurs de grande capacité et ceux-ci doivent circuler le plus près possible du finisseur.
- le compactage s'effectue principalement en mode vibration. La vibration doit être à grande amplitude lors des premiers passages.

3. Les perspectives envisagées :

- Les effets de l'utilisation des résidus plastomère sur la performance des enrobés.
- Réduction des épaisseurs des couches bitumineuses par l'augmentation du niveau de la plate de forme PF3 à PF4 (120 MPA à 200 MPA) on utilisant des traitements de la couche de forme par des liants hydraulique ou à chaux
- Élaboration des études des fillers dans les enrobés (amélioration chimique) peux augmenter les caractéristique mécanique des enrobés.

Conclusion generale

- L’effet du choix des agrégats avec une meilleure caractéristique mécanique sur la performance des enrobés.

Conclusion generale

V BIBLIOGRAPHIE

- Catalogue des Structures Type de Chaussées Neuves (1998 SETRA/LCPC).
- Catalogue de dimensionnement des chaussé neuves CTTP 2001(fascicule 1, 2,3).
- Étude d'exécution de l'entreprise chinoise **C.S.C.E.C.**
- Étude préliminaire et étude APD du bureau d'étude espagnol **TEC4**
- Guide technique-Construction des chaussées neuves sur le réseau routier national-Spécifications des variantes (2003 SETRA).
- Assises de chaussées-Guide d'application des normes pour le réseau routier national (1998 SETRA/LCPC);
- Guide technique de conception et dimensionnement des structures de chaussée.
- Cours de route ENTPE (LYON)
- Guide des terrassements routier GTR (SETRA / LCTP)
- Projet et construction de routes (*par* **Jean BERTHIER** *Professeur à l'École Nationale des Ponts et Chaussées)*
- Eurocode 07.
- Le code de la route.

Les normes utilisées

- Normes Algériennes (NA), élaborées par l'institut Algérien de Normalisation (IANOR).

NF EN 13 108 – 1 Matériaux bitumineux – Spécifications des matériaux – Partie 1 : Enrobés Bitumineux
NF P 98 149 Enrobés hydrocarbonés – Terminologie
NF P 98 150 – 1 Enrobés hydrocarbonés - Exécution des assises de chaussées, couche de liaison et de roulement

NF EN 12697-31

NF EN 12697-12

VI