

1. Introduction

Des millions de conducteurs roulent chaque jour sur une chaussée qui n'est pour eux qu'un simple ruban de bitume. Or cette couche de surface doit assurer sécurité et confort (adhérence des véhicules, limitation du bruit de roulement) dans les meilleures conditions économiques (durabilité de la structure pour en limiter les coûts d'entretien et de réfection).

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

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

2. Définition de la chaussée

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

3. Les différents types des chaussées

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

- ❖ Chaussée souple.
- ❖ Chaussée rigide.
- ❖ Chaussée semi-rigide.

3.1 chaussée souple

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

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

En principe une chaussée peut avoir en ordre les 3 couches suivantes :

- ❖ **Couche de roulement (surface)**

La couche de roulement est une couche qui assure la protection de la couche de base par sa dureté et son imperméabilité et devant assurer en même temps la rugosité, la sécurité et le confort des usagers.

La couche de roulement est en contact directe avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.

La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides.

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

❖ Couche de base

Elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

❖ Couche de fondation

Complètement en matériaux non traités 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.

Remarque : dans les sols de mauvaise portance ($CBR \leq 5$) on ajoute une couche de forme qui a pour rôle d'améliorer la portance du sol.

3.2 Chaussée rigide

Comportant des dalles en béton qui fléchissant élastiquement sous les charges, transmettent les efforts à distance et les répartissent ainsi sur une très grande surface.

3.3 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 quelques fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé, l'épaisseur minimale doit être de 15cm. 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.

4. Les facteurs déterminants pour les études de dimensionnement de chaussée

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

4.1 Le trafic

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourd (véhicules supérieur à 3.5t). Il intervient comme paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de chaussées et le choix des caractéristiques intrinsèque des matériaux pour la fabrication des matériaux de chaussée.

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

- ❖ Le trafic poids lourds « T » à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et de comptage sur les voies existantes ;
- ❖ Le trafic cumulé sur la période considérée qui est donnée par :

$$N = T \times A \times C$$

N : trafic cumulé.

A : facteur d'agressivité globale du trafic.

C : facteur de cumul.

Avec :

$$C = \frac{[(1 + \tau)^P - 1]}{\tau}$$

τ : taux d'accroissement du trafic.

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

4.2 L'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.

4.3 Le sol support

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

Les plates formes sont définies à partir :

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

4.4 Les matériaux

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

5. Les principales méthodes de dimensionnement

On distingue deux familles de 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.

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

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

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

Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale répartie suivant la théorie de BOUSSINESQ, soit inférieur à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice CBR.

L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

- ❖ Bande d'arrêt d'urgence

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

I_{CBR} : indice CBR.

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

- ❖ En tenant compte de l'influence du trafic (Voie de circulation)

$$e = \frac{100 + \sqrt{P} \left[75 + (50 \times \log \frac{N}{10}) \right]}{I_{CBR} + 5}$$

N : nombre moyen de poids lourds à l'année horizon.

Log : logarithme décimal.

5.1.1 Notion de l'épaisseur équivalente

La méthode considère que la chaussée est constituée d'une seule couche d'un même matériau. L'épaisseur de la couche obtenue est celle d'une grave concassée propre (grave de référence de coefficient d'équivalence égale à l'unité).

La détermination des épaisseurs des différentes couches d'une chaussée en matériaux divers est obtenue en utilisant les coefficients d'équivalence qui permettent de convertir l'épaisseur équivalente calculée en une épaisseur réelle de plusieurs couches.

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

$$E_{eq} = (a_1 \times e_1) + (a_2 \times e_2) + (a_3 \times e_3)$$

(a_1, e_1) couche de roulement.

(a_2, e_2) Couche de base.

(a_3, e_3) couche de fondation.

Où :

a_1, a_2, a_3 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs des couches.

Les valeurs usuelles du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé sont données dans le tableau suivant :

Tableau VIII.1 : coefficient d'équivalence des différents matériaux.

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux- enrobé dense :	
Epaisseur <5cm	1.7
Epaisseur =5cm	1.8
Epaisseur de 5 à 7cm	2.0
Epaisseur >7cm	2.2
Grave bitume :	
Epaisseur ≤10cm	1.2
Epaisseur >10 cm	1.4
Epaisseur de l'ordre de 15cm	1.6
Epaisseur de l'ordre de 20cm	1.7
Grave ciment-grave laitier	1.5
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée- grave sableuse -TVO	0.75
Sable	0.5
Tuf	0.60

5.2 Méthode du catalogue

L'utilisation du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves fait appel aux paramètres suivants :

- ❖ Type de réseau principal ;
- ❖ Durée de vie ;
- ❖ Les données climatiques ;
- ❖ Le trafic ;
- ❖ Le sol support de chaussée ;
- ❖ Les caractéristiques des matériaux.

5.2.1 Type de réseau principal

La classification des réseaux principaux se fait d'après le tableau suivant :

Tableau VIII.2 : Classification des réseaux principaux

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

5.2.2 Durée de vie

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

Les durées de vie fixées par niveau de réseau principal (RP1, RP2) et par matériaux types sont synthétisées dans le tableau suivant :

Tableau VIII.3 : durée de vie des différents matériaux

Niveau de réseau principal (R _{Pi})	Matériaux types	Structures types	Durée de vie (années)
RP1	MTB (matériaux traité au bitume)	GB/GB, GB/GNT, GB/TUF, GB/SG	20
	MTLH (matériaux traités aux liants hydrauliques)	GL/GL	20
		BCg	25
RP2	MNT (matériaux non traités)	GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	15
	MTB (matériaux traités au bitume)	SB/SG	15

Avec :

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

5.2.3 Données climatiques

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

- ❖ **L'état hydrique du sol support** : elle est prise en compte à travers la portance du sol support. Cette portance est estimée à partir d'un essai de poinçonnement CBR dont les conditions d'imbibition (immédiat ou à 4 jours) sont liées à la zone climatique. Les zones climatiques de l'Algérie sont mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau VIII.4 : zone climatique de pluviométrie.

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	région
I	>600	Très humide	Nord
II	350-600	Humide	Nord, hauts plateaux
III	100-350	Semi-aride	Hauts-plateaux
IV	<100	aride	Sud

❖ Cycles saisonniers de température

Les cycles saisonniers de température qui influent sur les caractéristiques mécaniques des matériaux bitumineux (GB, BB, SB) sont pris en compte à travers la notion de température équivalente.

Température équivalente : le calcul de dimensionnement est fait pour une température constante dite température équivalente θ_{eq} . Cette dernière se détermine par application du cumul des dommages de la loi de Miner.

Les valeurs de température équivalentes (θ_{eq}) retenues pour le calcul du dimensionnement sont données dans le tableau suivant :

Tableau VIII.5 : choix des températures équivalentes.

Température équivalente θ_{eq} (°)	Zone climatique		
	I et II	III	Iv
	20	25	30

5.2.4 Le trafic

La connaissance du trafic, essentiellement le trafic poids lourd (véhicule de plus de 3.5tonne) intervient comme paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de chaussées et dans le choix des caractéristiques intrinsèque des matériaux (MDE, LA), pour la fabrication des matériaux des chaussées.

La classe de trafic (TPLi) est déterminée à partir du trafic PL/j/sens compté en moyenne journalière annuelle (MJA), sur la voie la plus chargée, à l'année de mise en service.

Le tableau suivant donne par niveau de réseau (RP1 ou RP2) les classes de trafic adoptées :

Tableau VIII.6 : classes de trafic TPLi adoptées.

		TPL0	TPL1	TPL2	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
(PL/J/sens)	RP1	-	-	-	150 à 300	300 à - 600	600 à 1500	1500 à 3000	3000 à 6000
	RP2	0 à 50	50 à 100	100 à 150	150 à 300	-	-	-	-

5.2.5 Sol support

• Les classes de sols support

Le sol support de chaussées est assimilé à un massif demi-infini élastique, homogène et isotrope. Les classes de portances sont données dans le tableau suivant :

Tableau VIII.7 : Classes de portance de sols S_i .

Portance	CBR
S4	< 5
S3	5 – 10
S2	10 – 25
S1	25 – 40
S0	>40

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 (RP1 et RP2), les classes de sol support considérées sont les suivantes :

- Pour le réseau principal RP1 : S0, S1, S2.
- 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 sol support de chaussée et ce conformément aux tableaux de sur-classement des sols supports donné précédemment.

5.2.6 Matériaux

Les performances mécaniques des matériaux sont différentes et sont en fonction de leurs nature, on distingue les matériaux traités au bitume (**MTB**) et les matériaux non traité (**MNT**).

6. Application au projet

6.1 méthode CBR

$TJMA_{2013} = 24311 \text{ V/J/sens}$ (année de mise en service).

$T = 5\%$.

$I_{CBR} = 4$.

$Z = 4.5\%$.

$$TJMA_{2033} = (1 + 0.05)^{20} \times 24311$$

$$TJMA_{2033} = 64505 \text{ v/j/sens}$$

$$N_{PL_{2033}} = 64505 \times 0.045$$

$$N_{PL_{2033}} = 2903 \text{ PL/J/sens}$$

Remarque : Dans notre cas on a $I_{CBR} = 4$ (classe de portance S_4) alors on doit améliorer la portance du sol en ajoutant une couche de forme selon le tableau suivant :

Tableau VIII.8 : Amélioration de la portance du sol support.

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

Notre sol est de classe S₄ on veut l'améliorer en classe S₂, on ajoute 60cm de Tuf pour atteindre un I_{CBR}=10.

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5} \left[75 + 50 \log \frac{2903}{10} \right]}{10 + 5}$$

$$e = 40.34 \text{ cm}$$

On utilisera les matériaux suivants :

Béton bitumineux : 6cm.

Grave bitume : 10cm.

Grave non traité : x (à calculer).

$$40.34 = (6 \times 2) + (10 \times 1,4) + (x \times 1)$$

$$x = 14.36 \text{ cm}$$

Matériaux	Béton bitumineux	Grave bitume	Grave non traité
Epaisseur (cm)	6	10	15

6.2 méthode du catalogue

❖ type de réseau principal

On a TJMA=20 000 > 1500 v/j/sens → réseau principal **RP1**.

❖ Classe de trafic

$$TJMA_{2013} = (1+0.04)^4 \times 20000 = 23398 \text{ v/j/sens.}$$

$$PL = 23398 \times 0.045 = 1053 \text{ PL/j/sens.}$$

D'après le tableau X on a : 600 < PL < 1500 → classe de trafic **TPL5**.

❖ **Classe de portance**

Notre sol est de classe S4 ($I_{\text{CBR}} = 4$), donc on doit procéder à une amélioration du sol support en ajoutant une couche de forme de 60cm en deux couches pour atteindre une classe de portance **S2**.

❖ **Données climatiques**

D'après le tableau VIII.5 et la carte climatique (fournis en annexe), notre projet se situe en **zone climatique I**.

❖ **Durée de vie**

Notre réseau principale est de classe RP1, et on a utilisé des matériaux traité au bitume, alors d'après le tableau VIII.3 la durée de vie de notre chaussée est de **20 ans**.

D'après le catalogue de dimensionnement des corps de chaussée (fascicule 3 fournis en annexe) on aboutit au corps de chaussée suivant :

Matériaux	Béton bitumineux	Grave bitumineux	Grave non traité
Epaisseur (cm)	6	20	30

7. Conclusion

Après avoir déterminé l'épaisseur de notre chaussée, et vue les différents résultats nous constatons qu'il y a une différence entre les deux méthodes surtout entre les deux dernières couches (les épaisseurs des couches de base et de fondation trouvées par la méthode du catalogue sont nettement supérieures à celle trouvées par la méthode CBR). On choisira la structure trouvée par la méthode du catalogue pour les raisons suivantes :

- ❖ Augmentation de la longévité de la route ;
- ❖ Disponibilité de crédit d'investissement à court terme pour éviter les fluctuations dans le cas d'un investissement différé à long terme ;
- ❖ La réduction des coûts d'entretien ;
- ❖ Expérimentation de la méthode pour avoir un retour d'expérience suffisant pour sa généralisation et son adoption ou bien à sa révision selon les observations qui seront faites ;
- ❖ Un meilleur comportement à l'agressivité des charges (orniérage).

Notre corps de chaussée est représenté sur la figure suivante :

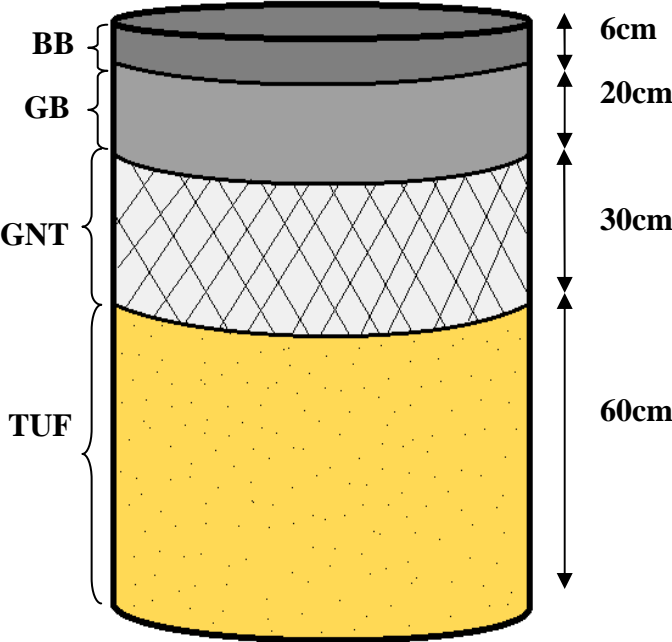


Figure VIII.1 : corps de chaussée.