

CHAPITRE IX

DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

IX.1. Introduction

Le dimensionnement d'une structure de chaussées consiste à satisfaire à moindre coût et dans des bonnes conditions de confort et de sécurité, des objectifs (durée de vie souhaitée de l'ouvrage) sous un certain nombre de paramètres (trafic, climat, matériaux locaux et politiques d'entretien).

Pour cela la qualité de la construction des chaussées, passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser, lui permettant de résister aux agressions des agents extérieurs (L'environnement de la route et le climat essentiellement), et aux surcharges d'exploitations (trafic).

IX.2. Définition

D'après l'exécution des terrassements, y compris la forme, la route commence à se profiler sur le terrain comme une plate-forme dont les déclivités sont semblables à celles du projet.

A la suite, la chaussée est appelée à :

- Supporter la circulation des véhicules de toute nature.
- reporter le poids sur le terrain de fondation.

Pour accomplir son devoir, c'est-à-dire assurer une circulation rapide et confortable, la chaussée doit avoir une résistance correspondante et une surface constamment régulière.

Au sens structurel la chaussée est défini comme un ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges appliquées par le trafic.

IX.3. Principe de la constitution des chaussées

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

- De la charge des véhicules.
- Des chocs.
- Des intempéries.
- Des efforts cisaillements.

IX.4. différents types des chaussées

Il existe trois types de chaussée:

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

- **les chaussées souples**

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

1. La couche de surface ou couche de roulement.
2. La couche de base.
3. La couche de fondation.
4. La couche de forme.

1. Couche de surface

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

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

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

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

2. Couche de base

La couche de base est formée en générale de grave concassée ou de grave bitume, tuf, sable gypseux,...

Elle a pour rôle essentiel de prendre les efforts verticaux et de répartir les contraintes normales qui en résultent sur la couche de fondation sans se déformer ni se dégrader.

La couche de base est constituée avec beaucoup de soin elle doit porter de meilleurs matériaux car les contraintes sont plus élevées vers la surface qu'au fond.

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

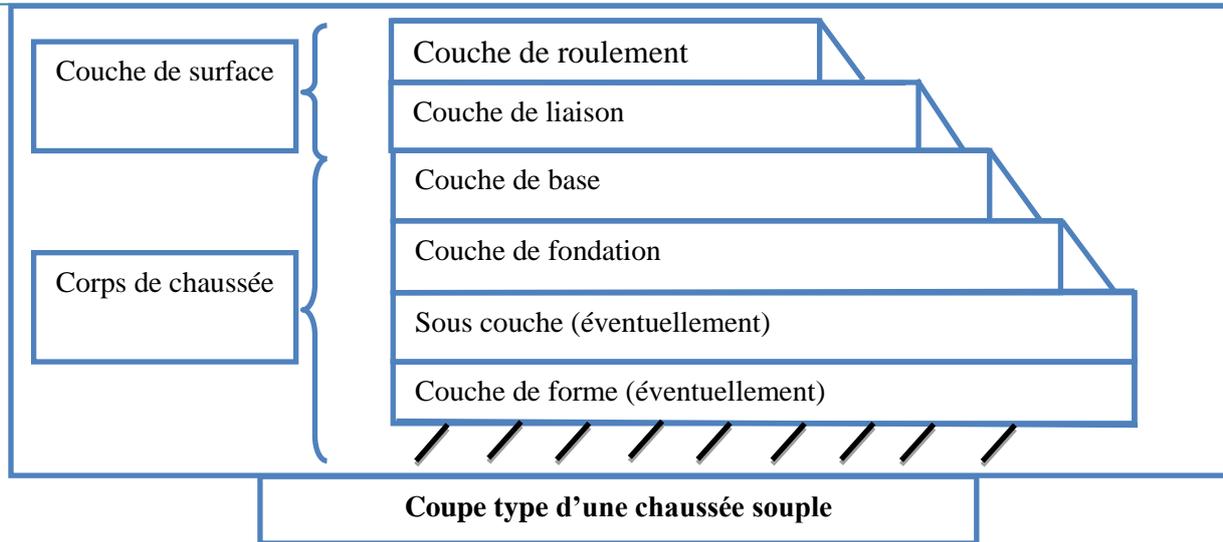
3. Couche de fondation

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

4. Couche de forme

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

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



- **les chaussées semi-rigides**

Elle comporte une couche de surface bitumineuse repose sur une assise en matériaux traités aux liants hydraulique disposés en une couche (base) ou deux couches (base et fondation).

- **les chaussées rigides**

Une chaussée rigide est constituée d'un revêtement en béton de ciment pervibré ou fluide. En règle générale, une chaussée en béton comporte, à partir du sol, les couches suivantes :

- Couche de roulement en béton de ciment.
- Couche de fondation.
- Couche de forme.

IX.5. Méthodes de dimensionnement

Toutes les méthodes existantes de dimensionnement du corps de chaussée s'appuient sur la force portante du sol, le trafic et les caractéristiques mécaniques des matériaux constituant les différentes couches. Notre corps de chaussée sera dimensionné avec les deux méthodes suivantes :

- Méthode CBR.
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du CTTTP.

Trafic : Un comptage est effectué en **2012** par le service concerné de la CTTTP, pour estimer le trafic à l'horizon, on fait une projection jusqu'à l'an **2041**, tout en sachant que la durée de vie de notre projet estimer à **25 ans**, et sa mise en service est prévue pour l'année **2016**.

La valeur du trafic est donnée dans le tableau suivant:

Tableau-01-valeur du trafic

TJMA (v/j)	% PL
11 150	25

IX.5.1. Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio)

C'est une méthode (Semi-Empirique) qui est basée sur un essai de poinçonnement sur un échantillon de sol support en compactant des éprouvettes à (90-100) % de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau de moins de 15 (cm). 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 inférieure à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice CBR.

L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

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

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

Notion de l'épaisseur équivalente

La notion de l'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques différentes des couches, et l'épaisseur équivalente d'une couche est égale à son épaisseur réelle multipliée par un coefficient « a » appelé coefficient d'équivalence. L'épaisseur équivalente de la chaussée est égale à la somme des équivalents des couches :

$$E_{eq} = \sum e_i (\text{réel}) \times a_i$$

e₁ : épaisseur réelle de la couche de roulement.

e₂ : épaisseur réelle de la couche de base.

e₃ : épaisseur réelle de la couche de fondation.

a₁, a₂, a₃: sont Les coefficients d'équivalence respectivement des matériaux des couches **e₁, e₂, e₃**.

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

Tableau-02-Les coefficients d'équivalence.

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence 'a'
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concasse ou gravier	1.00
Tuf	0.6 à 0.7
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume	1.60 à 1.70

IX.5.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP)

Afin de faciliter la tâche à l'ingénieur routier un manuel pratique de dimensionnement d'une utilisation facile a été conçu, caractérisé par des hypothèses de base sur les paramètres caractéristiques (la stratégie de dimensionnement, niveau de service, trafic, caractéristiques du sol, climat, matériaux).

- **Matériaux** : traités au bitume (GB, BB), non traités (GNT, TVO...)
- **Trafic** : classé selon le nombre de (Pl /j/sens) à l'année de la mise en service.
- **Portance du sol support** : selon l'indice CBR (voir le tableau).
- **Climat** : l'Algérie est divisée en trois zones (humide, semi-aride, aride).

IX.5.3. Méthode du catalogue des structures des chaussées neuves « SETRA »

Le catalogue des structures type neuf est établi par « SETRA » .Il distingue les structures de chaussée suivant les matériaux employés (GNT, SL, GC, SB).Il considère également quatre classes de trafic selon leur importance.

Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation. Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données :

- Trafic cumulé de poids lourds à la 20^{ème} année T_i .
- Les caractéristiques du sol (S_i).

Détermination de la classe du trafic

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

Les classes de trafics adoptées sont dans le tableau suivant :

Tableau-03-Classement du trafic suivant le catalogue.

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

On commence par la détermination du trafic poids lourds cumulé sur 20 ans et définir à partir du tableau ci-dessus la classe de trafic correspondant. Le trafic cumulé est donné par la formule ci-après :

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

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

n : durée de vie

T : taux de croissance du trafic.

Détermination de la classe du sol

Le sol doit être classé selon la valeur du CBR du sol support. Les différentes catégories de sol sont données par le tableau suivant:

Tableau-04-Classe de sols.

Classe du sol	Indice C.B.R
S1	25 à 40
S2	10 à 25
S3	5 à 10
S4	<5

IX.6. APPLICATION AU PROJET

IX.6.1. Méthode C.B.R

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

- **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

P = 6.5 (t),

Le nouveau tracé est dans une région avec I_{CBR} = 10

TJMA₂₀₁₆ = 12 795 (v /j) ⇒ TJMA_{2016/sens} = (12 795 / 2) = 6 398 (v /j/sens).

N_{pl 2016} = % PL × 0,9 × TJMA_{2016 /sens}

0,9 → 90% du trafic PL sur la voie de droite

⇒ N = 0.25 × 0,9 × 6 398

⇒ N_{pl 2016} = **2 879 (pl/j/s)**.

Poids lourd à l'année (2041) pour une durée de vie de 25 ans.

N_{pl 2041} = 2 879 (1 + 0,035)²⁵ = 6 804 (pl/j/sens).

Donc :

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6.5}) \times \left[75 + 50 \cdot \log \left(\frac{6804}{10} \right) \right]}{(10 + 5)} = 43,49 \text{ (cm)} \Rightarrow e = \mathbf{44 \text{ (cm)}}.$$

Cette épaisseur peut être convertie en plusieurs couches selon la disponibilité des matériaux et leurs caractéristiques en tenant compte des coefficients d'équivalence. Pour calcul des épaisseurs, on fixe deux dans les marges suivantes et on déduit la dernière :

On à :

$$E_{eq} = \sum e_i (\text{réel}) \times a_i$$

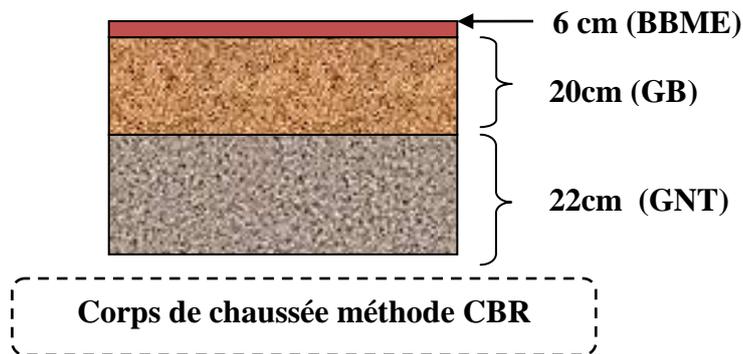
Tableau-05- Les coefficients d'équivalence selon type de couche

couche	Epaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence (ci)	Epaisseur équivalente (cm)
BBME	06	2	12
GB	20	1.5	30
GC	22	1	22
TOTAL	48		64

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

$$e = 6 \times 2 + 20 \times 1.5 + 22 \times 1 = 64 \text{ cm}$$

C'est-à-dire notre structure comporte : **6 BBME + 20 GB + 22 GNT**



IX.6.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :(CTTP)

- **Détermination du type de réseau:**

On a: $TJMA=11150 \text{ v/j} > 1500 \text{ v/j} \Rightarrow$ Donc le réseau principal est de niveau 1 (**RP1**).

Détermination de la classe de trafic TPL_i pour RP1:

- Le projet est dans la zone climatique : **Zone II**
- Durée de vie : 25 ans.
- Taux de d'accroissement: $\tau = 3.5 \%$.
- $TJMA= 11150 \text{ (v/j)}$.

$$TPL = \left[\frac{TJMA \times Z}{2} \right]$$

On a :

$Z = PL = 25\%$

0,9 \rightarrow 90% du trafic PL sur la voie de droite

$TPL = \left[\frac{11150 \times 0.25}{2} \right] \Rightarrow TPL = 1\ 393.75 \text{ (Pl / j /sens)}$.

D'après le classement donné par le catalogue des structures, notre trafic est classé en **TPL5**.

Tableau-06-Classe de trafic.

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

- **Détermination de la portance de sol support de chaussée:**

$E=5 \times CBR=5 \times 10=50 \text{ MPA}$

Le sol doit être classé selon la valeur de CBR de densité Proctor modifier maximal les différentes catégories sont données par le tableau indique les classes de sols: $CBR = 10$.

D'après le catalogue, l'ordre de portance de sol est de: **S2**.

Tableau-07-classe de la portance de sol-support

Classe de sol	E(MPA)
S1	125-200
S2	50-125
S3	25-50
S4	<25

On a classe de sol **S2** et **TPL5**

D'après le catalogue on trouve la structure suivant :

6 BB+ 11 GB+ 12 GB.

6 BB 11 GB 12 GB

Selon les 3 fascicules de catalogue on a :

- ✓ Importance du projet routier : réseau principal de niveau **1 (RP1)**.
- ✓ Durée de vie : **n=25ans**.
- ✓ Année de mise en service : **2016**.
- ✓ Trafic : **$TPL_i=1393.75$ pl/j/sens**.
- ✓ Taux de croissance : **$\tau = 3.5 \%$** .
- ✓ Coefficient d'agressivité PL : **A=0.6**.
- ✓ Risque de calcul : **r= 5%** (tableau : 5 ; fascicule : 2).
- ✓ La zone climatique : **2** (tableau : 7 ; fascicule : 2).
- ✓ $\theta_{eq} = 20^0C$ (tableau : 8 ; fascicule : 2).
- ✓ Sol support : CBR= **10%**.classe : **S2**.
- ✓ $E_{sol} = 5 \times CBR = 5 \times 10 = 50$ **Mpa**.
- ✓ Coefficient de poisson = **0.35**.
- ✓ Condition aux interfaces : toutes les couches sont collées.
- ✓ Coefficient de calage : **$K_C = 1.3$** (tableau : 13 ; fascicule : 2).
- ✓ Dispersion sur la loi de fatigue : **SN = 0.45** (tableau : 13 ; fascicule : 2).
- ✓ Dispersion sur les épaisseurs (en cm) : **Sh = 3** (tableau : 13 ; fascicule : 2).
- ✓ Pente de la fatigue : **b = -0.146** (tableau : 13 ; fascicule : 2).
- ✓ Coefficient **c = 0.02**.
- ✓ Fractile de la loi normale : **t = -1.645**(tableau : 16 ; fascicule : 2).
- ✓ Module complexe du matériau bitumineux à 10^0C : **$E(10^0C) = 12500$ Mpa**.
(Tableau : 13 ; fascicule : 2).
- ✓ Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente : **$E(\theta_{eq} = 20^0C)$**
GB=7000 Mpa.BB=4000Mpa (tableau : 13 ; fascicule : 2).
- ✓ Déformation limite : **$\epsilon_g(10^0C, 25HZ) = 100.10^{-6}$ Mpa**. (tableau : 13 ; fascicule : 2).

IX.6.3.calcul du trafic cumulé équivalent (TCE_i)

$$TCE_i = TPL_i \times ((1 + \tau)^n - 1) \times 365 \times A / \tau = 1393.75 \times (1.035)^{25} - 1) \times 365 \times 0.6 / 0.035$$

$$= 1.188 \cdot 10^7$$

Donc :

$$TCE_i = 1.188 \cdot 10^7$$

Essieu équivalents de **13 tonnes**.

Modélisation de la structure de chaussée :

$$E_{sol} = 5 \times CBR$$

$$E_{sol} = 5 \times 10 = 50 \text{ Mpa}, \quad \gamma = 0.25$$

$$E_{base} = E_{GB} = 7000 \text{ Mpa}, \quad \gamma = 0.35$$

$$E_{roulement} = E_{BB} = 4000 \text{ Mpa}, \quad \gamma = 0.35$$

Calcul de déformation admissible sur le sol support $\epsilon_{z,ad}$:

$$\epsilon_{z, ad} = 22 \cdot 10^3 \times TCE_i^{-0.235}$$

$$\epsilon_{z, ad} = 22 \cdot 10^3 \times (1.188 \times 10^7)^{-0.235} = 4,78 \cdot 10^{-4}$$

$$\epsilon_{z, ad} = 4,78 \cdot 10^{-4}$$

Calcul de la déformation admissible $\epsilon_{t,ad}$ à la de la GB :

$$\epsilon_{t,ad} = \epsilon_6 (10^0 C, 25 \text{HZ}) \times K_{ne} \times K_{\theta} \times K_r \times K_c$$

K_{ne} : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents par la chaussée.

$$K_{ne} = (10^6 / TCE_i)^b = (10^6 / 1.188 \cdot 10^7)^{-0.146} = 1.43$$

$$K_{\theta} : \text{Facteur lié à température } K_{\theta} = \sqrt{E(10^0 C) / E(\Theta_{eq})} = \sqrt{12500 / 7000} = 1,33$$

K_r : Facteur lié à risque et dispersion $K_r = 10^{-tb\delta}$

$$\delta = \sqrt{SN^2 + (c \times \frac{S_h}{b})^2} = \sqrt{0,45^2 + (\frac{0.02 \times 3}{0.146})^2} = 0.609$$

$$K_r = 10^{-(1,645 \times 1,146 \times 1,645 \times 0,609)} = 0,714$$

$$\mathcal{E}_{t,ad} = \mathcal{E}_6 (10^0\text{C}, 25\text{HZ}) \times \mathbf{Kne} \times \mathbf{K}_\theta \times \mathbf{Kr} \times \mathbf{Kc}$$

$$\mathcal{E}_{t,ad} = 100.10^{-6} \times 1,43 \times 1,33 \times 0,714 \times 1,3 = 1,63 \times 10^{-4}$$

$$\mathcal{E}_{t,ad} = 1,765 \times 10^{-4}$$

IX.7. CONCLUSION

D'après les résultats de deux méthodes, on remarque bien que la **méthode du catalogue**

Nous donne le corps de chaussée adéquat et tout en sachant que cette méthode est la plus utilisée en Algérie dans les routes nationales et les autoroutes, donc on choisit les résultats de la méthode du catalogue.

Cependant, ce choix reste une proposition de notre part seulement. Le choix final du corps de chaussée à retenir est fonction des carrières existantes, leur éloignement, le coût du transport et d'exécution.