



10.2.2. Méthode LNTPB

a- Principe de calcul

Le calcul de chaque couche repose sur la détermination d'une épaisseur équivalente lue sur les « abaques de dimensionnement des chaussées à Madagascar » La répartition du trafic et le CBR du sol support sont essentiels à l'utilisation des abaques.

b- Répartition du trafic

Dans cette méthode, tout véhicule supérieur à 3,5T est appelé poids lourd. Leur nombre est nécessaire pour connaître la nature du trafic.

Si $P = \frac{N'}{NT} \times 100 \leq 30\%$; trafic à répartition normale des poids lourds (TN)

Si $P = \frac{N'}{NT} \times 100 \geq 30\%$; trafic à forte répartition des poids lourds (TL)

Avec

P : Pourcentage des véhicules de poids supérieur à 3,5T ;

NT : Nombre total du trafic ;

N' : Trafic corrigé des poids lourds.

Le trafic corrigé est donnée par la relation suivante :

$$N' = \alpha \times \beta \times N$$

Dans laquelle α est le coefficient correcteur du taux d'accroissement ($\alpha = 0,79$ pour $T=7\%$).

Avec

β : Le coefficient correcteur de durée de vie ($\beta=1$ pour une chaussée souple) ;

N : Nombre de poids lourds.

Si $N=38$ PL/j et $NT=120$ V/L, alors le pourcentage des poids lourds est :

$$P = \frac{38 \times 0,79 \times 1}{120} \times 100 = 25,016\% \leq 30\%$$

D'où, le trafic est à répartition normale.



c- Portance du sol support

La portance du sol se groupe en trois valeurs :

Portance du sol	Localisation
10	0+000-0+350
10	1+250-1+420
15	0+350-1+250
15	1+420-1+820
15	1+820-1+980
20	1+980-3+254

Tableau n° 31: CBR du sol support

d- Epaisseur équivalente

Trois valeurs seront obtenues par la lecture de l'abaque de dimensionnement avec un trafic à répartition normale.

CBR= 10, $E_{equ} = 29,5$ cm

CBR= 15, $E_{equ} = 26,5$ cm

CBR= 20, $E_{equ} = 24,5$ cm

e- Epaisseurs réelles des couches

L'épaisseur équivalente en fonction de l'épaisseur réelle des couches est exprimées par :

$$E_{equ} = a_r h_r + a_b h_b + a_f h_f$$

Avec

E_{equ} : épaisseur équivalente (en cm) ;

h_r , h_b , h_f : épaisseur réelle respective de la couche de roulement, couche de base et couche de fondation (en cm) ;



, a_b , a_f : coefficient d'équivalence respectifs de la couche de roulement, couche de base et couche de fondation (leurs valeurs sont représentées par un tableau situés en annexes).

h_r et h_b sont à imposer par la valeur des épaisseurs minimales. En effet, l'épaisseur minimale est requise afin d'éviter le risque de rupture du corps de chaussée par la suite de contraintes excessives dans l'une des couches.

Couche	Trafic N ou N' TN (V/j)	CBR couche de fondation	Epaisseur minimale (cm)	Observation
Couche de surface	10		1	Monocouche
	20-100		2	Bicouche
	≥200		2,5	Enrobés denses
Couche de base	10	20-30	15	
		>30	12	
	20-100	20-30	20	
		>30	15	
	≥200	20-30	25	
		>30	20	

Source : Cours de dimensionnement des routes

Tableau n°32 : Epaisseurs minimales des couches selon RRL66

C'est-à-dire qu'en fixant les valeurs de deux paramètres d'épaisseur, on pourra obtenir l'autre. Pratiquement, cette méthode suggère de se donner l'épaisseur de h_r et de h_b pour calculer h_f en respectant les valeurs minimales permises en épaisseur telle que :

$$h_f = \frac{E_{\text{équi}} - (a_b \times h_b + a_r \times h_r)}{a_f}$$

Nature du trafic : TN et N'= 31PL/j, d'où les matériaux de chaque couche :

CR : Esb ou $h_r = 2\text{cm}$ et $a_r = 1$;

CB : GCNT 0/31⁵ ou $h_b = 15\text{cm}$ et $a_b = 1$;

CF : MS où $a_f = 0,7$.

CBR	Epaisseur équivalente	h_b (cm)	h_f (cm)	
		GCNT 0/31 ⁵	théorique	pratique
10	29,5	15	15,625	16
15	26,5	15	11,875	12
20	24,5	15	9,375	10

Tableau n°33 : épaisseurs réelles des couches

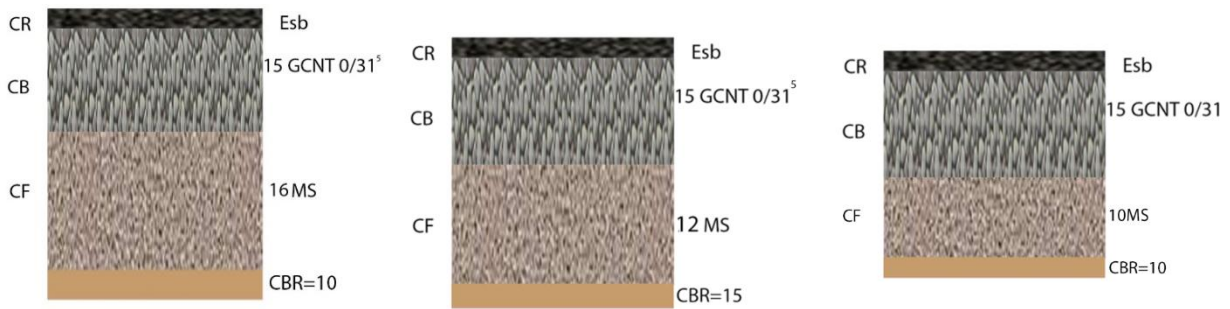


Figure n° 21: Structure de la chaussée par méthode LNTPB

g- Vérification de contraintes

Le principe de vérification consiste à étudier l'admissibilité de l'épaisseur réelle calculée de la chaussée. Pour ce faire, nous allons calculer et comparer si les contraintes radiales de la chaussée de traction σ_r à la base de la couche de revêtement (Esb) et les contraintes verticales de compression σ_z au niveau du sol de plateforme sont inférieures à celles admissibles ($\sigma_r < \sigma_{r,adm}$ et $\sigma_z < \sigma_{z,adm}$).

Les contraintes admissibles

- Contraintes radiales $\sigma_{r,adm}$

La contrainte de traction admissible au niveau du revêtement ou des couches liées est donnée par le guide de dimensionnement des chaussées neuves. A titre indicatif pour les pays tropicaux, elle est de 1 à 1,5 Mpa pour l'Esb. Le cas défavorable ($\sigma_{r,adm} = 10$ bars) sera retenu dans la suite de cette étude.

- Contraintes verticales $\sigma_{z,adm}$

Cette contrainte est calculée selon la formule de Dormon-Kerchoven :

$$\sigma_{z,adm} = \frac{0,3 \times CBR}{1 + 0,7 \log N'}$$

Avec

N' : nombre de Poids lourds à l'année de service ($N'=38Pl/j$) ;

CBR= Indice CBR de la plateforme. (CBR= 10)

AN :

$$\sigma_{z,adm} = \frac{0,3 \times 10}{1 + 0,7 \log 38}$$

$$\sigma_{z,adm} = 1,42 \text{ bar}$$

Les contraintes réelles existantes (σ_z et σ_r)

Elles sont obtenues à partir des abaques de Jeuffroy-Bachelez (voir annexe). Ces dernières sont fonctions de $\frac{E_1}{E_2}$ et de deux paramètres α et β qui donnent respectivement les valeurs ($\frac{\sigma_z}{q}$) et ($\frac{\sigma_r}{q} (\frac{E_1}{E})^{2/3}$) ; les contraintes recherchées en sont déduites.

D'une part, cette méthode utilise une structure tricouche présentée comme suit :

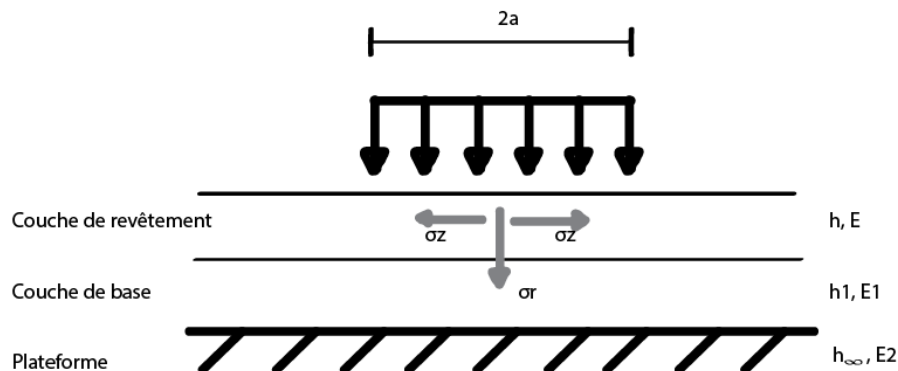


Figure n° 22 : Présentation de la structure tricouche équivalente

Avec

$a = 12,5\text{cm}$: rayon d'empreinte des pneus (essieu standard jumelé de 13T) avec une pression de $q=6,62 \text{ bar}$ ($0,662\text{MPa}$) ;

h et E : respectivement épaisseur et module d'élasticité de chaque couche (la plateforme supposée une couche infinie).

Donc une modélisation dans le cas d'une structure quadricouche et tri couche est nécessaire. On peut fusionner deux couches de même coefficient de poisson en une couche unique tel que :

$$h = h_r + 0,9 h'_r \sqrt[3]{\frac{Eb}{Er}}$$

AN :

$$h = 2 + 0,9 \cdot 15 \sqrt[3]{\frac{500}{2500}}$$

$h = 9,89$ cm théoriquement mais on va prendre $h = 10$ cm

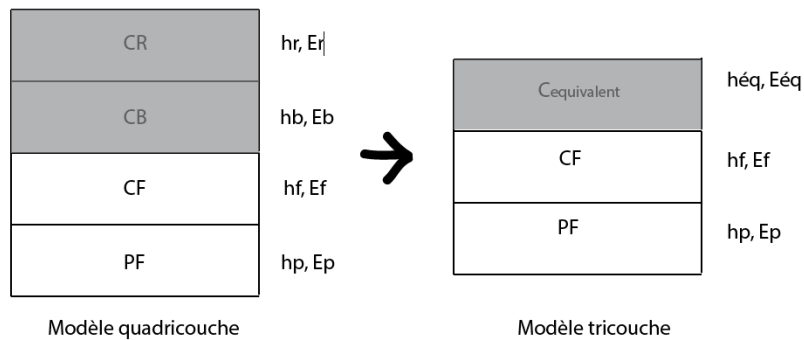


Figure n° 23 : Présentation de la structure quadricouche en tricouche

Les modules d'élasticité de différents matériaux fréquemment utilisé sont donnés par le tableau suivant ; remarquons que pour les MS et le sol de la plateforme, ces modules sont obtenus en multipliant par 5 le CBR.

Couche	Nature de la couche	Module d'élasticité
Couche de roulement	BB	2450
	ES	2500
	Enrobé	2450
Couche de base	GCNT	300-500
	Sol-chaux	500-1500
Couche de fondation	$CBR \geq 40$	200
	$30 \leq CBR \leq 40$	150-200
	$20 \leq CBR \leq 30$	100-150

Source : Cours de Route

Tableau n°34 : Les modules d'élasticité selon la nature de la couche



Pour le cas de la zone à structure tricouche (CBR=10)

CR	hr, Er
CB	hb, Eb
PF	hp, Ep

On a :

- $(h_r ; E_r) = (10\text{cm} ; 2500\text{MPa})$
- $(h_b ; E_b) = (16\text{cm} ; 200\text{MPa})$
- $(h_p ; E_p) = (\text{infini} ; 45\text{MPa})$

D'autre part,

$$\alpha = \frac{h_b}{a}$$

$$\beta = \frac{h_r}{a} \times \sqrt[3]{\frac{E_r}{6E_b}}$$

AN :

$$\alpha = \frac{16}{12,5} = 1,28$$

$$\beta = \frac{10}{12,5} \times \sqrt[3]{\frac{2500}{6200}} = 1,02$$

$$\frac{E_b}{E_p} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{200}{45} = 4,44$$

La lecture de l'abaque $\frac{E_1}{E_2}$, nous donne que :

$$\frac{E_1}{E_2} = 3 \Rightarrow \frac{\sigma_z}{q} = 0,189 \text{ et } \frac{\sigma_r}{q} \left(\frac{E_1}{E_2}\right)^{2/3} = 0,241$$

$$\frac{E_1}{E_2} = 9 \Rightarrow \frac{\sigma_z}{q} = 0,121 \text{ et } \frac{\sigma_r}{q} \left(\frac{E_1}{E_2}\right)^{2/3} = 0,448$$

Pour $\frac{E_1}{E_2} = 4,44$: Par interpolation on a :

$$\frac{\sigma_z}{q} = 0,173$$

$$\frac{\sigma_r}{q} \left(\frac{E_1}{E_2}\right)^{2/3} = 0,291$$



AN :

$$\sigma_z = 0,173 \times 6,62$$

$$\sigma_z = 1,145 \text{ bar}$$

$$\sigma_r = \frac{0,291 \times 6,62}{4,44^{2/3}}$$

$$\sigma_r = 0,713 \text{ bar}$$

Comparaisons et vérification des contraintes

Le tableau suivant présente les résultats des calculs des contraintes pour chaque valeur de CBR :

CBR	Contrainte radiale (bar)		Contrainte verticale (bar)		OBS
	σ_r	$\sigma_{r,adm}$	σ_z	$\sigma_{z,adm}$	
10	0,78	10	1,26	1,42	Conditions vérifiées
15	0,79	10	1,45	2,13	Conditions vérifiées
20	0,72	10	1,66	2,84	Conditions vérifiées

Tableau n°35 : Résultats de vérification des contraintes de déformations

Conclusion partielle

L'étude des matériaux est indispensable au dimensionnement de la chaussée. Le CBR est un paramètre fréquemment utilisé. On peut constater que les épaisseurs issues de la méthode LNTPB sont inférieure que celui de la méthode LCPC et la vérification des contraintes montre que ces valeurs sont admissibles. La structure à retenir sera celle dimensionnée par la méthode LNTPB.

Chapitre 11 : Etudes hydrologiques et hydrauliques

L'eau est le premier facteur de la dégradation de la route, il est nécessaire de la protéger contre les actions des eaux de ruissellement et des eaux souterraines.

On est mené à entamer avec l'hydrologie qui étudie la pluviométrie pour déterminer le débit à évacuer et d'étudier par la suite l'assainissement routier afin de pouvoir dimensionner les ouvrages d'évacuation de l'eau le long du tracé.

11.1. Etude hydrologique

Cette science consiste à l'étude du cycle de l'eau dans la nature. Cette étude amène à déterminer le débit de crue maximale à évacuer sous un ouvrage à construire. Ce débit dépend particulièrement du bassin versant.

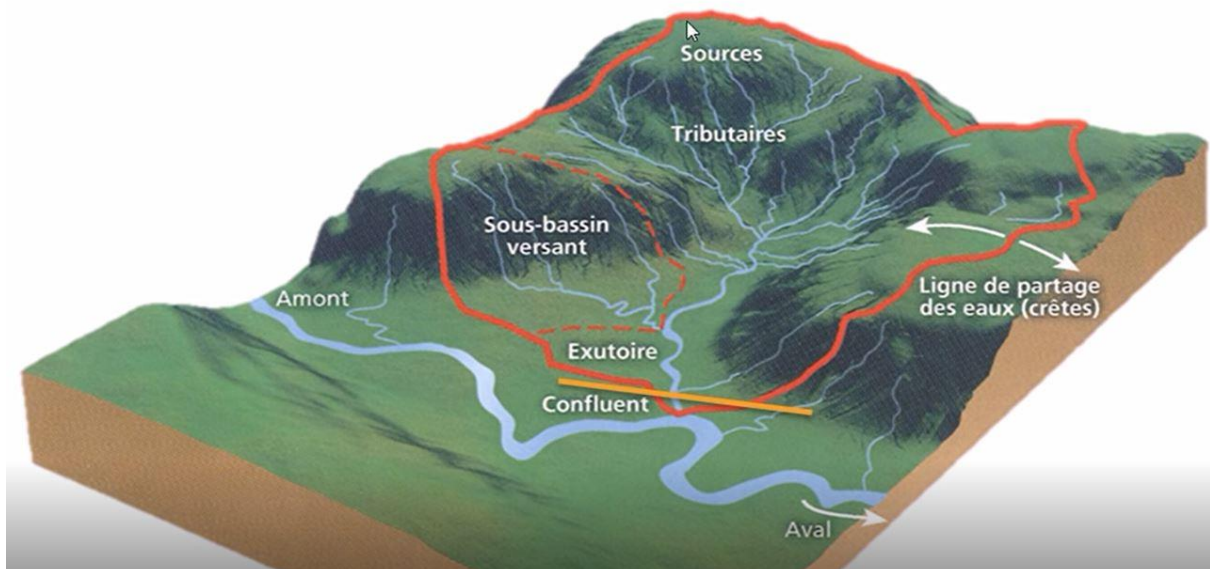


Figure n°24 : Présentation d'un bassin versant

Pour pouvoir évacuer les eaux de pluie rapidement, on prend $I_{min} = 2\%$.

On peut distinguer 3 exutoires différents dans notre zone d'étude (voir carte n°10)

11.1.1. Pluviométrie

La précipitation moyenne interannuelle enregistre 1360mm par an. La précipitation maximum en 24h de fréquence décennale est de 130mm.



Pour les évènements pluvieux la précipitation est de :

- La pluie d'orage : 172mm en ¼ d'heure
- La pluie cyclonique : 36mm sur 2heures
- La pluie décennale : 63mm en 1heure

11.1.2. Caractéristiques du bassin versant

Surface du Bassin versant

A l'aide d'un planimètre, la surface du bassin versant s'obtient par la formule

$$S = \frac{S_o}{10^6 E^2}$$

S_o : Lecture sur planimètre

E^2 : Transformation de la mesure sur carte à la mesure sur terrain

Pente du Bassin Versant

Cette pente est donnée en mesurant la variation d'altitude le long du thalweg principal :

$$I = \frac{\Delta h}{L}$$

Coefficient de ruissèlement C

Ce coefficient renseigne sur la partie de pluie qui va ruisseler. Sa valeur est donnée par le tableau :

Nature de la couverture	S<10 ha de pente moyenne en %			
	< 5	5 à 10	10 à 30	> 30
Plateforme et chaussée	0,95	0,95	0,95	0,95
Terrain dénudé	0,8	0,85	0,9	0,95
Brousse clairsemée	0,75	0,8	0,85	0,9
Brousse dense	0,7	0,75	0,8	0,85
Forêt ordinaire	0,3	0,5	0,6	0,7
Forêt dense	0,2	0,25	0,3	0,35

Source : cours hydraulique routière

Tableau n°36 : Coefficient de ruissèlement