

# DIMENSIONNEMENT EMPIRIQUE DES ROUTES EN BETON – REVISION DE LA LOI D'EQUIVALENCE DES CHARGES

IR. OLIVIER PILATE<sup>1</sup>, IR. CLAUDE PLOYAERT<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Sagrex, <sup>2</sup>Febelcem.

## Résumé

*Fin des années 50, les essais AASHO ont permis d'élaborer une loi d'équivalence entre les charges qui simplifiait fortement les méthodes de dimensionnement des chaussées. Si cette loi fonctionne relativement bien pour le dimensionnement des chaussées souples, elle ne donne pas entièrement satisfaction pour les chaussées rigides. De plus, en la comparant aux lois de fatigue des matériaux bitumineux et en béton de ciment, on s'aperçoit que celle des matériaux bitumineux s'accorde parfaitement avec la loi d'équivalence. Par contre, la loi de fatigue du béton et la loi d'équivalence sont tout simplement incomparables. Dans cette contribution, nous établissons une loi d'équivalence des charges pour ce type de matériau en repartant de sa loi de fatigue et proposons une approche du dimensionnement empirique des revêtements en bétons.*

## Samenvatting

*Dank zij proeven uitgevoerd door de AASHO eind jaren 50 was het mogelijk een lastenequivalentiewet op punt te stellen die de dimensioneringsmethoden voor wegen erg vereenvoudigde. Hoewel deze wet redelijk goed werkt voor soepele wegen, voldoet ze toch niet helemaal voor stijve wegen. Wanneer men bovendien de vermoeiingswetten van bitumineuze materialen en van cementbeton vergelijkt, stelt men vast dat die van bitumineuze materialen perfect aansluit bij de equivalentiewet. De vermoeiingswet en de equivalentiewet van beton daarentegen zijn gewoonweg onvergelijkbaar. In dit artikel stellen wij een lastenequivalentiewet op voor dit type materiaal, vertrekkend van zijn vermoeiingswet. Tevens wordt een empirische dimensioneringsbenadering voor betonverhardingen voorgesteld.*

## 1. Introduction

Dans le but de déterminer une méthode empirique pour le dimensionnement des chaussées souples (revêtement bitumineux sur fondation non liée), semi-rigides (revêtement bitumineux sur fondation liée) et rigides (revêtement en béton de ciment), des essais en vraie grandeur ont été réalisés de 1957 à 1961 aux Etats-Unis : les essais « AASHO » (American Association of State Highway Officials). Une loi d'équivalence entre les charges a pu être déterminée grâce aux résultats de ces essais.

En la comparant aux lois de fatigue des matériaux bitumineux et en béton de ciment, on s'aperçoit que la loi de fatigue des matériaux bitumineux s'accorde parfaitement avec la loi d'équivalence. Par contre, celle du béton et la loi d'équivalence sont tout simplement incomparables.

Par le passé cependant, il s'est avéré qu'une expression de ce type était très commode à utiliser (réf.5). Aussi, s'est-on efforcé de déterminer les paramètres de la loi englobant, par excès, le plus de cas possibles. Cette méthodologie a deux conséquences :

- l'agressivité des essieux est surévaluée ;
- certaines configurations de structure et de trafic ne sont pas prises en compte.

Dans cette contribution, nous établissons une loi d'équivalence des charges pour ce type de matériau en repartant de sa loi de fatigue et proposons des pistes pour la révision du dimensionnement empirique des revêtements en béton basée sur cette nouvelle loi d'équivalence.

## 2. Les lois de fatigues des matériaux de chaussée

La loi de fatigue, déterminée par flexion répétée sur éprouvette trapézoïdale à un niveau de charge donné jusqu'à la rupture, est très différente selon que l'on considère des matériaux bitumineux ou liés hydrauliquement. En effet, pour les matériaux bitumineux, elle se présente sous la forme simplifiée suivante :

$$N_i = \left( \frac{0,0016}{\varepsilon_i} \right)^a \quad (1)$$

où  $N_i$  est le nombre d'application de la charge  $P_i$  avant rupture de l'éprouvette ;  
 $\varepsilon_i$  est la déformation de l'éprouvette résultant de l'application de la charge  $P_i$  ;  
 $a$  est le coefficient de pente de la courbe de fatigue et est pris égal à **4,76**, valeur communément admise.

Pour les matériaux liés hydrauliquement, elle se présente sous la forme :

$$\log N_i = b \left( 1 - \frac{\sigma_i}{f_{ct,fl}} \right) \quad (2)$$

où  $N_i$  est le nombre d'application de la charge  $P_i$  avant rupture de l'éprouvette ;  
 $\sigma_i$  est la contrainte résultant de l'application de la charge  $P_i$  ;  
 $f_{ct,fl}$  est la résistance à la traction par flexion ;  
 $b$  est le coefficient de pente de la courbe de fatigue et est pris égal à **12** (Cf. réf. 4 et réf. 9).

Remarque :

Une valeur approchée de la résistance à la traction par flexion peut être déterminée à partir de la résistance à la compression,  $f_c$ , comme suit (Cf. réf. 8) :

$$f_{ct,fl} = 0,05 \cdot f_c + 4 \quad (3)$$

avec  $f_c = 0,73 \cdot R'_b$  où  $R'_b$  est la résistance à la compression d'une carotte de 100 cm<sup>2</sup> et de 10 cm de hauteur.

### 3. Lois d'équivalence entre les charges

La loi d'équivalence peut être énoncée comme suit : «  $N_1$  charges  $Q_1$  ont le même effet destructeur que  $N_2$  charges  $Q_2$  si la relation suivante est vérifiée » :

$$N_1 \cdot Q_1^\gamma = N_2 \cdot Q_2^\gamma \quad (4)$$

où  $N_i$  est le nombre d'application de l'essieu  $Q_i$  ;  
 $\gamma$  est un paramètre qui dépend de la structure de la chaussée.

Suivant les sources, le paramètre  $\gamma$  adopte des valeurs différentes et est souvent pris égal au coefficient de pente de la loi de fatigue. Ci-après, quelques exemples :

- Valeurs AASHO (réf.1) :
  - 4,79 pour les structures souples ;
  - 4,62 pour les structures rigides.
- En France,  $\gamma$  vaut (réf.4) :
  - 5 pour les matériaux bitumineux ;
  - 12 pour les matériaux liés hydrauliquement.

- En Belgique,  $\gamma$  vaut :
  - 4 pour les matériaux bitumineux (réf.2) ;
  - 33 pour les fondations en béton maigre (réf.2) ;
  - 14 pour les revêtements en béton de ciment (réf.3).

La relation (4) peut également s'écrire sous la forme suivante :

$$\frac{N_1}{N_2} = \left( \frac{Q_2}{Q_1} \right)^\gamma \quad (5)$$

Il en découle l'expression du coefficient d'équivalence des charges :

$$C = \sum_i f_i \cdot \left( \frac{Q_i}{Q_0} \right)^\gamma \quad (6)$$

où C est le coefficient d'équivalence des charges ;  
 $f_i$  est la fréquence d'apparition de l'essieu de charge  $Q_i$  ;  
 $Q_0$  est la charge de l'essieu de référence.

La détermination de C est nécessaire pour évaluer l'agressivité relative du trafic correspondant à un histogramme des charges spécifique.

#### 4. Comparaison entre les lois de fatigue et la loi d'équivalence

L'objectif de cette comparaison est de vérifier la concordance entre la relation (5) et la loi de fatigue du matériau considéré.

##### 4.1. Définition de la charge

La charge d'une roue vaut :

$$P_i = \frac{Q_i}{2} \quad (7)$$

En considérant que l'empreinte de la roue sur le revêtement est circulaire de rayon  $a_i$ , et que la charge  $P_i$  est uniformément répartie (pression  $p_i$ ), on en déduit :

$$P_i = p_i \cdot \pi a_i^2 \quad (8)$$

Des mesures ont montré que pour les charges usuelles (jusqu'à une charge de roue d'environ 50 kN), la pression exercée par la roue sur le revêtement est constante et vaut 0,7 N/mm<sup>2</sup> (réf.7). On comprend donc que plus la charge augmente, plus le rayon de l'empreinte augmente. Pour des charges plus importantes, le rayon de l'empreinte se stabilise et la pression appliquée augmente à son tour.

Comme illustré à la Figure 1, la relation entre la charge appliquée et la contrainte (déformation) résultante à la base du matériau considéré n'est pas linéaire dans le cas d'un rayon variable.

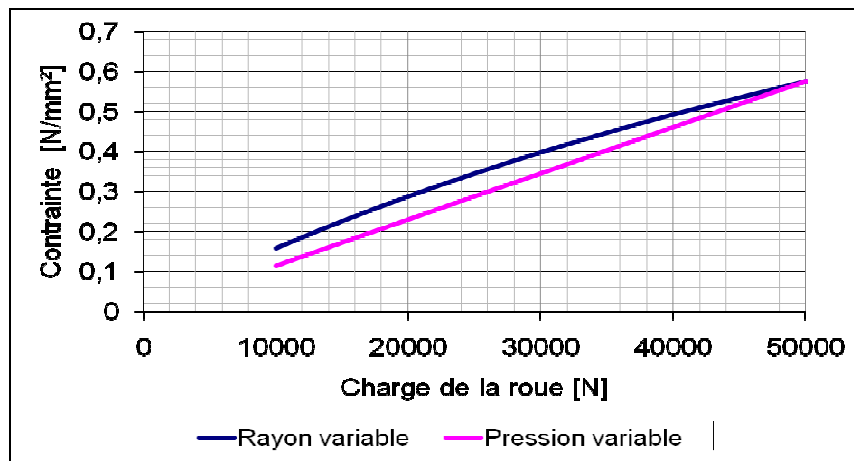


Figure 1 : Contrainte à la base du revêtement sous la charge appliquée

Dans un premier temps, nous préférons considérer un rayon constant, égal à 150mm, et une pression variable (cas de chargement du déflectomètre à masse tombante). Dans ce cas, la contrainte (déformation) est sous-estimée et un calage doit être réalisé pour palier cet inconvénient.

#### 4.2. Cas de la structure souple

Considérons une structure souple soumise à l'action d'un essieu  $Q_i$  (Cf. Figure 2).

Les couches constituant la structure sont caractérisées par une épaisseur  $h_i$ , un module élastique  $E_i$  et un coefficient de Poisson  $\mu_i$ .

La charge  $P_i$  provoque une déformation  $\varepsilon_i$  à la base du revêtement bitumineux. Cette déformation est fonction de la charge, des caractéristiques des couches de la structure et des conditions d'adhérence entre celles-ci. On pose :

$$P_i = \beta \cdot \varepsilon_i \quad (9)$$

C'est-à-dire, que la déformation à la base du revêtement est directement proportionnelle à la charge appliquée. Le paramètre  $\beta$  ne dépend que des caractéristiques de la structure. Cette relation est vérifiée par la théorie de l'élasticité, et en particulier le modèle multicouche de Burmister.

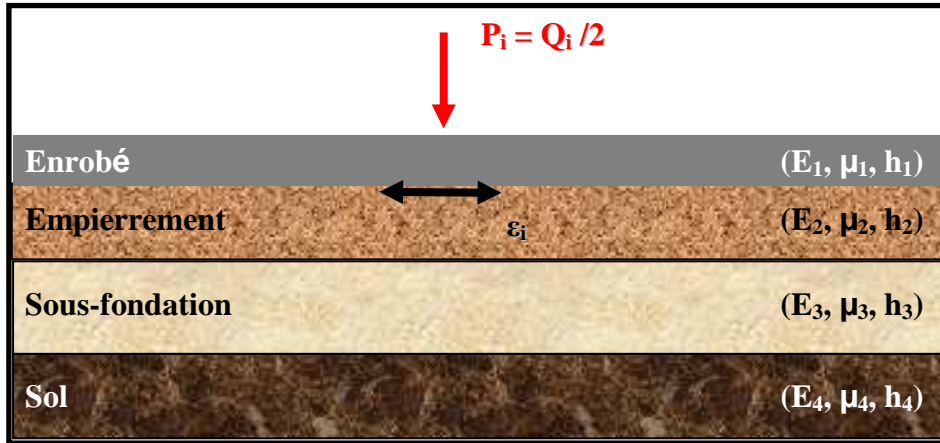


Figure 2 : Structure souple soumise à une charge  $P_i$

Le nombre de sollicitations admissibles avant la rupture est déterminé par la relation (1) :

$$N_1 = \left( \frac{0,0016}{\varepsilon_1} \right)^a \quad \text{et} \quad N_2 = \left( \frac{0,0016}{\varepsilon_2} \right)^a$$

Le rapport de  $N_1$  sur  $N_2$  donne :

$$\frac{N_1}{N_2} = \left( \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \right)^a \tag{10}$$

En comparant les relations (10) et (5), nous avons :

$$\left( \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \right)^a = \left( \frac{Q_2}{Q_1} \right)^\gamma \tag{11}$$

Par (7) et (9), nous pouvons déduire :

$\left(\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}\right)^a = \left(\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}\right)^\gamma$  qui est vraie si  $a = \gamma$ , c'est-à-dire, si la pente de la loi de fatigue (4,76) est égale au coefficient de la loi d'équivalence. Remarquons que le coefficient AASHO, égal à 4,79, est très proche de cette valeur.

Le coefficient d'équivalence des charges pour les structures souples, en ne tenant pas compte d'un calage éventuel pour passer d'un rayon constant à une pression constante, devient :

$$C_{enrobé} = \sum_i f_i \cdot \left(\frac{Q_i}{100}\right)^{4,76} \quad (12)$$

où  $C_{enrobé}$  est le coefficient d'équivalence des charges pour les revêtements bitumineux ; 100 est l'essieu standard de 100 kN.

### 4.3. Cas de la structure rigide

#### 4.3.1. Détermination de loi d'équivalence à rayon de la charge constant

Tout comme pour les structures souples, le coefficient d'équivalence des charges pour les structures rigides est exprimé par la relation suivante :

$$C_{becem} = \sum_i f_i \left(\frac{Q_i}{Q_0}\right)^\gamma \quad (13)$$

Relation dans laquelle  $\gamma$  varie fortement d'une source à l'autre. En effectuant le même raisonnement qu'au § 4.2, nous apercevons que la loi de fatigue des matériaux liés hydrauliquement et la loi d'équivalence sont tout simplement incomparables car la loi de fatigue est de type semi-logarithmique et la loi d'équivalence, de type logarithmique.

Essayons d'établir une loi d'équivalence des charges pour ce type de matériau en repartant de sa loi de fatigue. Nous avons :

$$\log N_i = b \left(1 - \frac{\sigma_{joint}}{f_{ct,fl}}\right) \quad (14)$$

Remarquons la différence de cette expression par rapport à la relation (2). Dans cette relation intervient la contrainte au joint  $\sigma_{joint}$  à la place de  $\sigma_i$  qui est la contrainte au centre de la dalle (ou dans l'éprouvette). Cette contrainte, toujours supérieure à la contrainte au centre de la dalle en pratique, varie en fonction du transfert au joint. Elle est donc dimensionnante.

(14) peut encore s'écrire sous la forme :

$$N_i = 10^{b \left( 1 - \frac{\sigma_{joint}}{f_{ct,fl}} \right)} \quad (15)$$

Pour la facilité d'écriture, la résistance à la traction par flexion,  $f_{ct,fl}$ , est notée  $f$ .

Si l'on compare l'agressivité d'un essieu 'i' à un essieu standard de 100 kN, on peut écrire la relation suivante :

$$\frac{N_{100kN}}{N_i} = 10^{\frac{b}{2f} (\sigma_{i,joint} - \sigma_{100kN,joint})} \quad (16)$$

De manière similaire à la relation (9), mais en considérant les contraintes à la base du revêtement, on pose :

$$P_i = \beta \cdot \sigma_i \quad (17)$$

où  $\beta$  est un coefficient dépendant des caractéristiques de la structure ;  
 $\sigma_i$  est la contrainte à la base du béton de ciment et en milieu de dalle.

La relation suivante, issue de (réf.6) permet de calculer la contrainte au joint à partir de la contrainte au centre du revêtement :

$$\sigma_{joint} = (2 - \alpha) \cdot \sigma_i \quad (18)$$

où  $\alpha$  exprime le transfert au joint. Il est estimé à :

- 0,2 pour les dalles non goujonnées (DNG) ;
- 0,5 pour les dalles goujonnées (DG) ;
- 0,8 pour le béton armé continu (BAC).

Nous avons donc :

$$\frac{N_{100kN}}{N_i} = 10^{\lambda(Q_i - 100)} \quad (19)$$



$$\lambda = \frac{b \cdot (2 - \alpha)}{2\beta f}$$

avec

(20)

$\lambda$  représente la « **fragilité** » du revêtement en béton de ciment. Son unité est le [1/N]. La fragilité du revêtement est spécifique à chaque structure et doit être déterminée pour calculer le coefficient d'équivalence des charges.

Enfin, le coefficient d'équivalence des charges est donné par :

$$C_{becem} = \sum_i f_i \cdot 10^{\lambda(Q_i - 100)}$$
(21)

En prenant  $b=12$ , l'expression de la fragilité devient :

$$\lambda = \frac{6 \cdot (2 - \alpha)}{\beta f}$$
(22)

#### 4.3.2. Calage de loi d'équivalence pour une pression constante

Pour une même charge, en comparant les contraintes obtenues à rayon constant et à pression constante, à l'aide du modèle multicouche de Burmister, on constate que le rapport des contraintes est linéaire. Ce phénomène est présenté à la Figure 3 pour différents types de revêtements en béton de ciment d'épaisseur donnée :

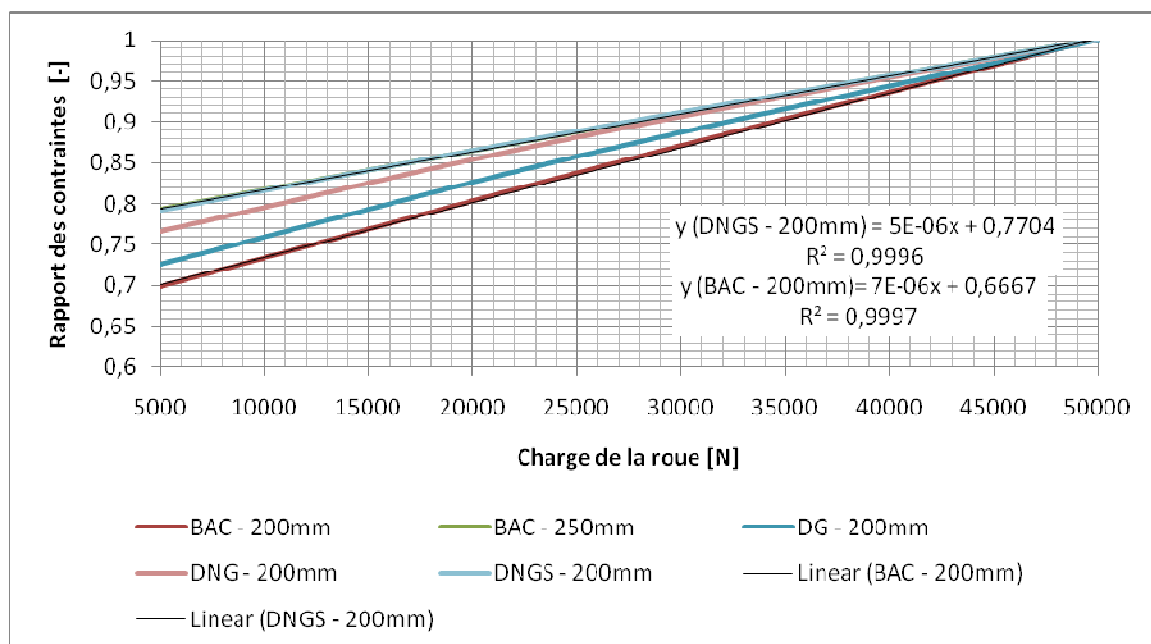


Figure 3 : Rapport de la contrainte à rayon constant et de la contrainte à pression constante

La relation (17) peut dès lors s'exprimer comme suit :

$$P_i = \beta \cdot (a P_i + b) \sigma_{i,p=cte} \quad (23)$$

où  $a$  et  $b$  sont les coefficients de la droite de régression (cf. Figure 3) valable pour une structure donnée.

Et le coefficient d'équivalence des charges est donné par :

$$C_{becem} = \sum_i f_i \cdot 10^{2\lambda \left( \frac{Q_i}{aQ_i+2b} - \frac{100}{100a+2b} \right)} \quad (24)$$

## 5. Fragilité de différentes structures avec un revêtement en béton

La fragilité du revêtement,  $\lambda$ , dépend principalement de la résistance du béton de ciment, de son épaisseur et du transfert de charge au joint (en considérant les caractéristiques des couches du reste de la structure comme fixes). Elle ne dépend pas de la charge appliquée !

La détermination de la fragilité nécessite le recours à un calcul multicouche (Burmister). Aussi, pour chaque type de revêtement, un tableau reprenant la valeur de  $\lambda$  en fonction de l'épaisseur et de la résistance à la compression est proposé.

A noter que le module élastique du béton de ciment peut être déterminé à partir de sa résistance à la compression comme suit (cf. réf. 8) :

$$E = 1,05 \cdot 22000 \cdot (0,1 \cdot f_c)^{0,3} \quad (25)$$

avec  $f_c = 0,73 \cdot R'_b$

### Béton armé continu (BAC) :

La structure considérée dans ce cas est donnée au Tableau 1.

Couche	Ep (mm)	E (N/mm <sup>2</sup> )	Adh
Béton de ciment	150 à 250	~30600 à 38470	1,0
Enrobé	50	10000	0,1
Béton maigre	200	15000	0,5

Sous-fondation	150	500	1,0
Sol	----	80	----

Tableau 1 : Structure BAC

Fragilité $\lambda$ (BAC)		Résistance à la compression R'b [N/mm <sup>2</sup> ]						
		35	45	50	55	60	65	75
Épaisseur [mm]	150	0.0146	0.0148	0.0148	0.0147	0.0147	0.0146	0.0144
	160	0.0146	0.0148	0.0147	0.0146	0.0146	0.0145	0.0142
	170	0.0145	0.0146	0.0145	0.0145	0.0144	0.0143	0.0140
	180	0.0143	0.0143	0.0143	0.0142	0.0141	0.0140	0.0137
	190	0.0141	0.0141	0.0140	0.0139	0.0138	0.0136	0.0134
	200	0.0138	0.0138	0.0137	0.0136	0.0134	0.0133	0.0130
	210	0.0135	0.0134	0.0133	0.0132	0.0131	0.0129	0.0126
	220	0.0131	0.0130	0.0129	0.0128	0.0127	0.0125	0.0122
	230	0.0127	0.0126	0.0125	0.0124	0.0123	0.0121	0.0118
	240	0.0124	0.0122	0.0121	0.0120	0.0119	0.0117	0.0114
250	0.0120	0.0119	0.0117	0.0116	0.0115	0.0113	0.0110	

Tableau 2 : Fragilité du BAC en fonction de son épaisseur et de sa résistance à la compression

Dalles goujonnées (DG) :

La structure considérée dans ce cas est donnée au Tableau 3.

Couche	Ep (mm)	E (N/mm <sup>2</sup> )	Adh
Béton de ciment	150 à 250	~27670 à 36850	1,0
Enrobé	50	10000	0,1
Empierrement stabilisé	150	12000	0,5
Sous-fondation	150	500	1,0
Sol	----	80	----

Tableau 3 : Structure DG

Fragilité $\lambda$ (DG)		Résistance à la compression R'b [N/mm <sup>2</sup> ]						
		25	35	40	45	50	55	65
Épaisseur [mm]	150	0.0237	0.0244	0.0245	0.0244	0.0244	0.0242	0.0238
	160	0.0235	0.0240	0.0241	0.0240	0.0239	0.0237	0.0233
	170	0.0232	0.0236	0.0236	0.0235	0.0233	0.0232	0.0227
	180	0.0227	0.0230	0.0229	0.0228	0.0227	0.0225	0.0220
	190	0.0221	0.0223	0.0223	0.0222	0.0220	0.0218	0.0213
	200	0.0215	0.0217	0.0216	0.0214	0.0213	0.0210	0.0205
	210	0.0208	0.0210	0.0209	0.0207	0.0205	0.0203	0.0198
	220	0.0202	0.0203	0.0201	0.0200	0.0198	0.0195	0.0190
	230	0.0195	0.0195	0.0194	0.0192	0.0190	0.0188	0.0183
	240	0.0189	0.0188	0.0187	0.0185	0.0183	0.0181	0.0176
	250	0.0182	0.0181	0.0180	0.0178	0.0176	0.0174	0.0167

Tableau 4 : Fragilité d'une DG en fonction de son épaisseur et de sa résistance à la compression

Dalles non-goujonnées (DNG) :

La structure considérée dans ce cas est donnée au Tableau 5.

Couche	Ep (mm)	E (N/mm <sup>2</sup> )	Adh
Béton de ciment	150 à 250	~25880 à 35980	0,1
Empierrement	200	800	1,0
Sous-fondation	150	500	1,0
Sol	----	80	----

Tableau 5 : Structure DNG

Fragilité $\lambda$ (DNG)		Résistance à la compression R'b [N/mm <sup>2</sup> ]						
		20	30	35	40	45	50	60
Épaisseur [mm]	150	0.0907	0.0873	0.0854	0.0835	0.0816	0.0798	0.0762
	160	0.0841	0.0808	0.0790	0.0772	0.0755	0.0737	0.0703
	170	0.0782	0.0750	0.0733	0.0716	0.0699	0.0682	0.0651
	180	0.0727	0.0697	0.0680	0.0664	0.0648	0.0633	0.0603
	190	0.0678	0.0648	0.0633	0.0618	0.0603	0.0588	0.0560
	200	0.0632	0.0605	0.0590	0.0575	0.0561	0.0547	0.0521
	210	0.0591	0.0564	0.0550	0.0537	0.0523	0.0511	0.0486
	220	0.0553	0.0528	0.0515	0.0502	0.0489	0.0477	0.0454
	230	0.0519	0.0494	0.0482	0.0470	0.0458	0.0446	0.0425
	240	0.0487	0.0464	0.0452	0.0441	0.0430	0.0418	0.0398
	250	0.0458	0.0436	0.0425	0.0414	0.0403	0.0393	0.0374

Tableau 6 : Fragilité d'une DNG en fonction de son épaisseur et de sa résistance à la compression

Dalles non-goujonnées sur sol (DNGS) :

La structure considérée dans ce cas est donnée au Tableau 7.

Couche	Ep (mm)	E (N/mm <sup>2</sup> )	Adh
Béton de ciment	150 à 250	~25880 à 35980	0,1
Sol	----	80	----

Tableau 7 : Structure DNGS

Fragilité $\lambda$ (DNGS)		Résistance à la compression R'b [N/mm <sup>2</sup> ]						
		20	30	35	40	45	50	60
Epaisseur [mm]	150	0.1111	0.1053	0.1024	0.0997	0.0970	0.0945	0.0897
	160	0.1010	0.0957	0.0931	0.0906	0.0882	0.0858	0.0815
	170	0.0922	0.0874	0.0850	0.0827	0.0805	0.0784	0.0744
	180	0.0846	0.0801	0.0779	0.0758	0.0737	0.0718	0.0681
	190	0.0779	0.0737	0.0716	0.0697	0.0678	0.0660	0.0626
	200	0.0719	0.0680	0.0661	0.0642	0.0625	0.0609	0.0577
	210	0.0665	0.0629	0.0611	0.0595	0.0578	0.0563	0.0534
	220	0.0618	0.0584	0.0567	0.0551	0.0537	0.0522	0.0495
	230	0.0575	0.0543	0.0528	0.0513	0.0499	0.0486	0.0461
	240	0.0536	0.0507	0.0492	0.0478	0.0465	0.0453	0.0429
250	0.0501	0.0473	0.0460	0.0447	0.0435	0.0423	0.0401	

Tableau 8 : Fragilité d'une DGNS en fonction de son épaisseur et de sa résistance à la compression

## 6. Exemple de coefficient d'équivalence des charges

Déterminons le coefficient d'équivalence des charges pour un poids lourd à deux essieux (80 et 120 kN) roulant sur un revêtement en BAC de 200 mm d'épaisseur et dont la résistance à la compression vaut 60 N/mm<sup>2</sup>. La charge équivalente de référence considérée est de 100kN :

- Réf 2:  $\gamma=14$  → C=6,44
- Réf 4:  $\gamma=12$  → C=4,49
- Relation (21) avec  $\lambda=0,0134$  → C=1,20
- Relation (24) avec  $\lambda=0,0134$ ,  $a=7 \cdot 10^{-6}$  et  $b=0,6667$  → **C=1,46**

## 7. Conclusion

Le choix de l'expression du coefficient d'équivalence des charges est déterminant car les résultats obtenus peuvent être significativement différents et entraîner des erreurs importantes pour le dimensionnement d'une structure routière. Cette révision de la loi d'équivalence ne rend pas les calculs plus aisés mais fait logiquement intervenir les caractéristiques de la structure et surtout, permet de tenir compte du type de revêtement en béton ainsi que du transfert aux joints par le biais de la « fragilité »  $\lambda$ .

Cette nouvelle expression du coefficient d'équivalence des charges est susceptible de constituer une base pour une révision éventuelle (mais nécessaire) du dimensionnement empirique des revêtements en béton de ciment.

## 8. Références

1 « Pavement Analysis and Design », Yang H. Huang, Prentice Hall, 1993 ;

2 « Code de bonne pratique pour le dimensionnement des chaussées à revêtement hydrocarboné », Recommandations CRR – R 49/83, Centre de Recherches routières, 1983 et révision de 1991 ;

3 « Code de bonne pratique pour le dimensionnement des chaussées à revêtement en béton de ciment », Recommandations CRR – R 57/85, Centre de Recherches routières, 1985 ;

4 « Cours de routes – dimensionnement des chaussées » ; G. Jeuffroy et R. Sauterey, Presses de l'ENPC, 2e édition, 1991 ;

5 « Dimensionnement des chaussées à revêtement en béton de ciment – Méthode de calcul » ; V. Veverka, Compte rendu de recherche, CR27/85, Centre de Recherches Routières, 1985 ;

6 « The design of concrete overlays on existing flexible pavements », F. Van Cauwelaert and O. Pilate, 6th International Workshop on Design and Evaluation of Concrete Pavements, Belgium, 2006

7 « Comportement des chaussées (y compris celles sur ouvrages d'art) sous l'effet des nouvelles sollicitations », A. de Henau, Compte rendu de recherche, CR 37/96, Centre de Recherches routières, 1996.

8 « Agressivité du trafic – Mise à jour », O. Pilate et X. Cocu, Dossier 4, Annexe au Bulletin CRR n°73, Centre de Recherches routières, décembre 2007.

9 « Elaboration d'une loi de fatigue pour béton de route », J.-F. Dardenne et F. De Bloudts, Travail de fin d'études, Université Catholique de Louvain – Faculté des Sciences appliquées, 2004.