

## NOTE DE CALCUL PONT-CADRE

Le dimensionnement du pont-cadre (dalot) en béton armé a été fait à l'aide du logiciel Ponts-Cadres PICF développé par CYPE Ingenieros, S.A.

### 1. Présentation du programme

Le logiciel permet de justifier les ponts-cadres, conformément aux règlements français ou selon une réglementation généralisée aux états-limites, soit pour une préfabrication en définissant les joints soit pour une exécution sur site.

Le dalot peut être simple (dalot à une travée ou passe) ou multiple (dalot à plusieurs travées).

Le programme s'applique aussi bien aux cas courants de ponts-cadres droits qu'aux ponts-cadres biais.

Le logiciel utilise la méthode de calcul par les éléments finis triangulaires de type lamelle épaisse tridimensionnelle qui prend en compte la résistance à l'effort tranchant. Les éléments comportent 6 nœuds situés sur chaque sommet et au centre de chaque côté et ayant chacun 6 degrés de liberté.

### 2. Normes de calcul

Le programme PICF permet un calcul d'ouvrage conforme à la réglementation française, c'est-à-dire aux textes suivants :

- Fascicule n° 61 : Conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art, Titre II - programmes de charges et épreuves des ponts-routes (édition de 1972),
- Fascicule n° 62 - Titre I - Section I - Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites - BAEL 91 révisé 99.

D'autres normes sont prises en compte par le logiciel, notamment :

- IQP-98 et ROM 0.2-90 (Espagne)
- EHE (Espagne)
- RSA (Portugal)
- REBAP (Portugal)
- Norme EC-2 (Eurocode).

*Les ouvrages ont été calculés conformément à la réglementation française.*

### 3. Charges

#### 3.1. **Charges permanentes**

Elles comprennent : le poids propre de l'ouvrage (généralisé automatiquement), le poids spécifique du sol, le poids spécifique de l'eau. Les actions engendrées par ces charges se regroupent en actions favorables et défavorables pour la stabilité de la structure.

## 3.2. Charges routières

Les charges routières sont définies conformément au fascicule 61 titre II du C.P.C. français :

- le système A, composé d'une charge uniformément répartie variable avec la longueur chargée.
- le système B comprenant trois sous-systèmes de camions, dits :
  - o Bc : 2 camions de 30 t par voie,
  - o Bt : 2 essieux-tandems de 32 t,
  - o Br : roue de 10 t.

### 3.2.1. Largeur roulable, classe de pont, largeur chargeable et nombre de voies

#### 3.2.1.1. La largeur roulable, LR :

La largeur roulable est la largeur comprise entre dispositifs de retenue ou bordures.

**LR = 4,00m (voir plans)**

#### 3.2.1.2. Classe de pont :

Les ponts sont rangés en trois classes suivant leur largeur roulable,  $L_R$ , et leur destination :

**Pont de la 1<sup>ère</sup> classe :  $L_R \geq 7m$  ou exceptions.**

**2<sup>ème</sup> classe :  $5,5 < L_R < 7m$**

**3<sup>ème</sup> classe :  $L_R \leq 5,5m$**

**Le pont-cadre en étude est de la 3<sup>ème</sup> classe**

#### 3.2.1.3. La largeur chargeable :

Elle est définie par la formule

$$L_{ch} = L_R - n \cdot 0,5.$$

Avec,

$L_{ch}$  : largeur chargeable en m.

n : nombre de dispositifs de retenue ;  $n \leq 2$ .

Il n'est pas prévu de dispositifs de retenues d'où :  $n = 0$  et  **$L_R = L_{ch} = 4m$**

#### 3.2.1.4. Le nombre de voies :

Par convention, les chaussées comportent un nombre de voies de circulation égal à la partie entière du quotient par 3 de leur largeur chargeable :  **$N_v = E(L_{ch} / 3) = 1$**

### 3.2.1.5. La largeur d'une voie :

Par convention, les voies de circulation d'une même chaussée ont des largeurs égales au quotient de la largeur chargeable par le nombre de voies.

$$l = L_{ch} / N_v .$$

La largeur d'une voie est donc :  $l = 4/1 = 4m$

### 3.2.2. **Charges routières prises en compte dans les calculs:**

Trois types de charge A, B et sur remblais sont pris en compte dans les calculs.

- les charges sur remblais sont uniformément réparties sur les remblais d'accès au pont
- les charges de type A sont des charges uniformément réparties sur la voie chargée

Les charges de type A sont frappées par les coefficients  $a_1$  et  $a_2$  qui tiennent compte des majorations pour effets dynamiques.

- les charges de type B sont :
  - o le système  $B_c$  se compose de camions types ;
  - o le système  $B_r$  se compose d'une roue isolée ;
  - o le système  $B_t$  se compose de groupes de deux essieux dénommés essieux-tandems.

Il convient de noter que dans le cadre du F61, II, les effets des charges A, B ne se cumulent pas, mais le programme peut effectuer le cumul de ces effets.

Le tableau ci-dessous donne un rappel des charges d'exploitation à prendre en compte dans les calculs suivant la classe du pont et selon le Fascicule 61 - Titre II.

Classe	Nombre de voies	Largeur de la route	Charges civiles à prendre en compte	Charges militaires	Charges exceptionnelles
1	3 Voies	> 7 m	$A(l)+B_c+B_r+B_t$	Mc 120	D et E
2	2 Voies	Entre 5,50 et 7 m	$A(l)+B_c+B_r+B_t$	Mc 120	D et E
3	1 à 2 Voies	$\leq 5,50$ m	$A(l)+B_c+B_r$		

Les charges d'exploitation prises en compte dans le calcul de l'ouvrage en études sont les systèmes  $A(l)$ ,  $B_c$  et  $B_r$ .

#### 3.2.2.1. Système A(l) :

Il est donné en fonction de la longueur chargée  $l$  par :

$$A(l) = \text{Max} \left[ 0,23 + \frac{36}{l+12}, 0,4 - 0,2 \frac{l}{1000} \right]$$

La valeur obtenue est multipliée par les coefficients  $a_1$  et  $a_2$ .

a. Coefficients  $a_1$  et  $a_2$

Les coefficients  $a_1$  et  $a_2$  dépendent de la classe du pont et du nombre de voies chargées.

Les valeurs de  $a_1$  sont données dans le tableau ci-dessous :

Valeurs de $a_1$	Nombre de voies chargées	1	2	3	4	>4
Classe du pont	1 <sup>ère</sup>	1	1	0,9	0,75	0,7
	2 <sup>ème</sup>	1	0,9	-	-	-
	3 <sup>ème</sup>	0,9	0,8	-	-	-

$a_1 = 0,9$

Les valeurs de  $a_2$  sont définies par la formule suivante :  $a_2 = \rho_0 / \rho$

Avec  $\rho$  : largeur d'une voie.

Les valeurs de  $\rho_0$  sont données dans le tableau 3.3 ci-dessous :

Classe du pont	1 <sup>ère</sup>	3,5
	2 <sup>ème</sup>	3
	3 <sup>ème</sup>	2,75

$a_2 = 2,75/4 = 0,6875$

Les valeurs données aux coefficients  $a_1$  et  $a_2$  tiennent compte des majorations pour effets dynamiques.

b. Calcul de  $A(l)$

$$A(l) = \text{Max} \left[ 0,23 + \frac{36}{3,50 + 12}, 0,4 - 0,2 \frac{3,50}{1000} \right]$$

$a_1 = 0,9$  ;  $a_2 = 0,6875$ ; d'où  $A(l)$  minoré des coefficients  $a_1$  et  $a_2$  donne :  $A(l) = 1,6 \text{ t/m}^2$

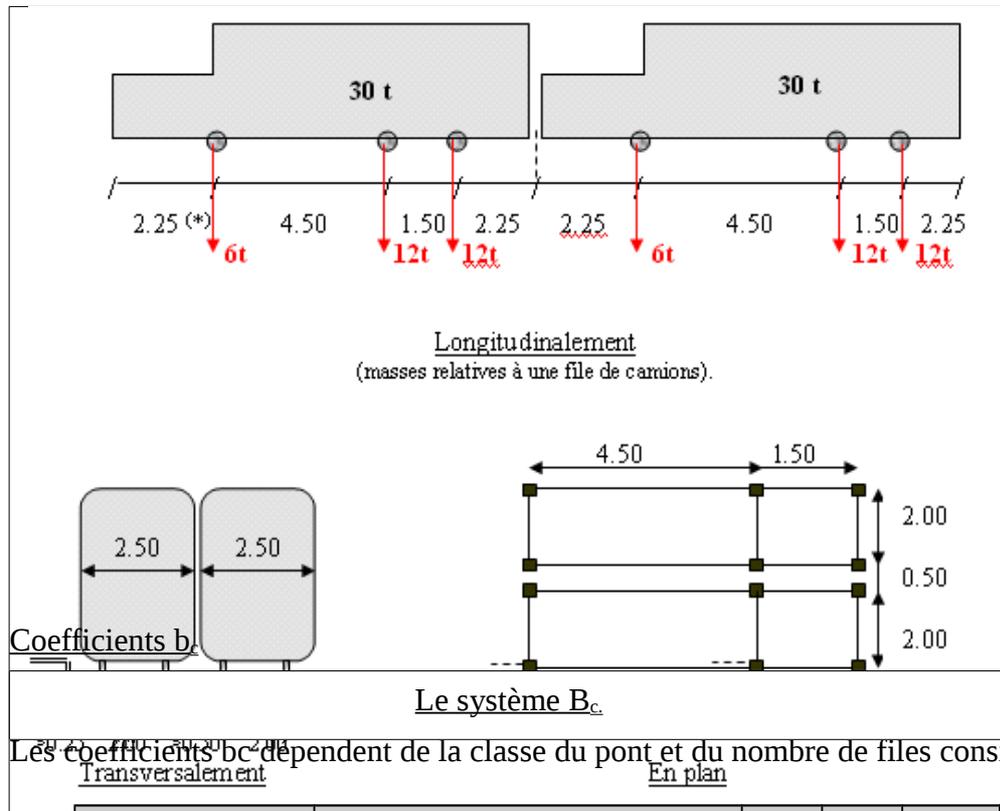
3.2.2.2. Systeme B :

a. Systeme  $B_c$

Le convoi  $B_c$  se compose d'un ou au maximum de deux camions types par file. Dans le sens transversal le nombre de files est inférieur ou égale au nombre de voies. Dans le sens longitudinal, le nombre de camions par file est limité à deux.

Aussi, on peut disposer de 2 files de camions dans le sens longitudinal et en fonction du nombre de voies (1 voie), d'une seule file de camion dans le sens transversal.

Les caractéristiques du convoi B<sub>c</sub> sont présentées dans la figure ci-après.

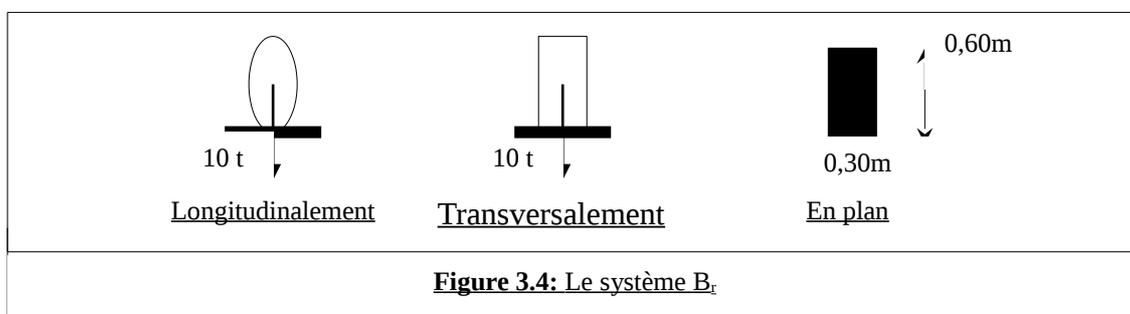


Valeurs de $b_c$	Nombre de files considérées	1	2	3	4	>4
Classe du pont	1 <sup>ère</sup>	1,2	1,1	0,95	0,8	0,7
	2 <sup>ème</sup>	1	1	-	-	-
	3 <sup>ème</sup>	1	0,8	-	-	-

**D'où :  $b_c = 1$  pour une file de camions disposée longitudinalement, et 0,8 pour deux files**

b. Système Br :

C'est une roue isolée disposée normalement à l'axe longitudinal de la chaussée. Les caractéristiques de cette roue sont présentées dans la figure ci-dessous :



Le rectangle de la roue peut être placé n'importe où sur la largeur roulable de manière à produire l'effet le plus défavorable.

c. Les coefficients de majoration dynamiques :

Les charges du système B sont des surcharges roulantes et par conséquent doivent être multipliées par un coefficient de majoration pour effet dynamique. Il est déterminé à partir de la formule :

$$\gamma = 1 + 0,4 / (1 + 0,2L) + 0,6 / (1 + G/S)$$

Avec,

$L = \inf\{\sup(L_{rive}, L_R) ; \text{Portée du tablier}\}$

$L_{rive}$ , étant la distance entre les portées de rive

$L_R$ , étant la largeur roulable

$$\left. \begin{array}{l} L_{rive} = 3.50 \text{ m} \\ L_R = 4 \text{ m} \end{array} \right\} L = 3.50 \text{ m.}$$

G, le poids total d'une section du tablier de longueur 'L' et de toute la largeur y compris les superstructures éventuelles.

S, le poids total des essieux du système B qu'il est possible de disposer sur la longueur L majoré du coefficient  $b_c$

G : poids total de l'ouvrage dans cette travée et il vaut 12.25 t.

Ainsi on obtient les résultats suivants :

Type de chargement	La valeur de S en t	Valeur du coefficient
<b>Bc, deux files</b>	60	1,50
<b>Br, 1roue</b>	10	1,50

Le système qui produit l'effet le plus défavorable est le système Bc.

### 3.2.2.3. Charges sur les remblais

En vue de la justification des éléments (pieds-droits de rives) susceptibles d'être soumis à des efforts de la part des remblais d'accès au pont, on considère que ces remblais sont susceptibles de recevoir une charge de **1t/m<sup>2</sup>**, répartie sur toute la largeur de la plate-forme.

## 4. Matériaux utilisés

### 4.1. **Béton**

Le béton est de la classe B25 ou C25/30 suivant la nouvelle normalisation des bétons.

### 4.2. **Aciers**

L'acier est de l'acier à haute adhérence de la classe Fe E400 (au moins).

## 5. Sol de fondation

La contrainte admissible du sol est prise égale à  $25\text{t/m}^2 = 2.5 \text{ bars}$ . Les sols de mauvaises tenues doivent être purgés et substitués par des sols de meilleures qualités qui permettent d'atteindre cette contrainte admissible.

## 6. Resultats des calculs

Les résultats des calculs sont générés sous forme d'une note calcul dans laquelle sont donnés :

- Les normes utilisées et les caractéristiques des matériaux,
- La géométrie de l'ouvrage,
- Les données sur le sol ou terrains,
- Les actions,
- La méthode de calcul,
- Les résultats de calcul des efforts (normaux, tranchants, moments) et des déplacements,
- Les combinaisons des charges,
- La description du nombre et des sections d'armatures par partie d'ouvrage,
- La vérification de la stabilité, des épaisseurs et des sections d'armatures des ouvrages,
- Le quantitatif des aciers et béton des ouvrages.

Les résultats des calculs sont donnés en annexe.