

**Annexe
au
chapitre 3**

**Etude de la répartition Transversale des charges
sur les ponts à poutres
par
la méthode de Guyon-Massonnet**

A-1-Introduction

Lorsque la rigidité torsionnelle des éléments d'un pont ne peut être négligée, la section transversale du pont est considérée comme étant déformable. C'est alors qu'on utilise la méthode de Guyon-Massonnet (développée originalement par Guyon [1] en 1946 et mise sous forme de tableaux numériques par Massonnet [2-4] en 1954). Cette méthode est une méthode de calcul des dalles ou de réseaux de poutres.

A-1-1-Principes fondamentaux de la méthode

- Le premier principe fondamental est de substituer au pont réel un pont à structure continue qui a les mêmes rigidités moyennes à la flexion et à la torsion que l'ouvrage réel. Ce premier principe n'est nécessaire que pour les hypothèses mathématiques (continuité des fonctions).

- Le deuxième principe est d'analyser de façon approximative l'effet de la répartition transversale des charges en admettant que cette répartition est la même que si la distribution des charges selon l'axe du pont est sinusoïdale et de la forme:

$$p' = p \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right)$$

p: constante;

L: portée du pont.

Les calculs peuvent être affinés en développant la charge en série de Fourier, en fonction de l'abscisse longitudinale.

A-1-2-paramètres fondamentaux

On considère une travée indépendante, de portée L, de largeur 2b, dont l'ossature est constituée par une poutraison croisée de n poutres longitudinales (portée L, espacement b_1) et de m entretoises (portées 2b, et espacement L_1) intermédiaires, disposées transversalement (figure 1).

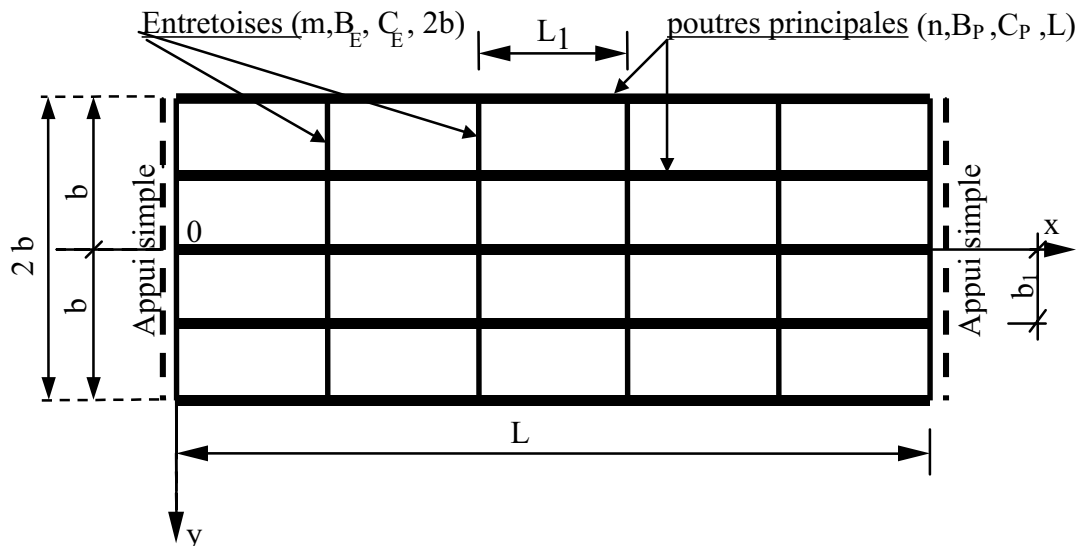


Figure 1: Modèle du tablier de pont d'après Guyon-Massonnet [1-4]

Toutes les poutres sont identiques et caractérisées par:

- leur rigidité à la flexion $B_p = E \cdot I_p$
- leur rigidité à la torsion $C_p = G \cdot K_p$

De même, toutes les entretoises sont identiques, et également caractérisées par:

- leur rigidité à la flexion $B_E = E \cdot I_E$
- leur rigidité à la torsion $C_E = G \cdot K_E$

E : Module de Young

G: Module de torsion. avec $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$ ν : Coefficient de Poisson

I_P : Moment d'inertie de flexion des poutres.

K_P : Moment d'inertie de torsion des poutres.

I_E : Moment d'inertie de flexion des entretoises.

K_E : Moment d'inertie de torsion des entretoises.

Par unité de longueur, ces rigidités deviennent:

$$\begin{aligned} \text{Rigidité de flexion:} & \begin{cases} \rho_P = \frac{B_P}{b_1} = \frac{E \cdot I_P}{b_1} \\ \rho_E = \frac{B_E}{L_1} = \frac{E \cdot I_E}{L_1} \end{cases} \\ \text{Rigidité de torsion:} & \begin{cases} \gamma_P = \frac{C_P}{b_1} = \frac{G \cdot K_P}{b_1} \\ \gamma_E = \frac{C_E}{L_1} = \frac{G \cdot K_E}{L_1} \end{cases} \end{aligned}$$

On suppose que le coefficient de Poisson du matériau constitutif est nul ($\nu=0$) $\Rightarrow G = \frac{E}{2}$,

$$\text{c.à.d.,} \begin{cases} \gamma_P = \frac{E}{2} \cdot \frac{K_P}{b_1} \\ \gamma_E = \frac{E}{2} \cdot \frac{K_E}{L_1} \end{cases}$$

Le comportement du pont est complètement défini par 2 paramètres principaux:

✓ Paramètre de torsion: $\alpha = \frac{\gamma_P + \gamma_E}{2\sqrt{\rho_P \rho_E}}$

✓ Paramètre d'entretoisement: $\theta = \frac{b}{L} \sqrt[4]{\frac{\rho_P}{\rho_E}}$

➤ Le paramètre de torsion α prend en compte en plus des rigidités de flexion ρ_P et ρ_E celles de la torsion γ_P et γ_E . Il caractérise donc l'influence de la torsion et varie entre 0 et 1.

$\alpha = 0$ ($\gamma_P + \gamma_E = 0$) \Rightarrow La résistance à la torsion est négligeable.

$\alpha = 1$ $\left\{ \begin{array}{l} \rho_P = \rho_E = \rho \\ (\gamma_P + \gamma_E) = 2\rho \end{array} \right. \Rightarrow$ Le pont est une dalle isotrope

Ainsi, pour le calcul d'un tablier des ponts dalles, on suppose que la dalle est isotrope et par conséquent on prend $\alpha = 1$. Les structures réelles d'un pont à poutres ont un comportement intermédiaire entre ces 2 cas particuliers.

➤ Lorsque le pont est très allongé ou les entretoises sont très rigides, le paramètre d'entretoisement θ est voisin de zéro. Pour $\theta < 0,3$, on peut admettre que les entretoises sont infiniment rigides [4], ce qui correspond à $\theta = 0$. Dans ce cas, on utilise la méthode de Courbon [5].

A-2- Calcul des moments d'inertie de flexion et de torsion

A-2-1-Moments d'inertie de flexion

La détermination des moments d'inertie de flexion ne pose aucune difficulté. Si cela s'avère nécessaire, on peut utiliser le théorème de Hygens pour les sections composées.

1er cas: section en T (en BA)

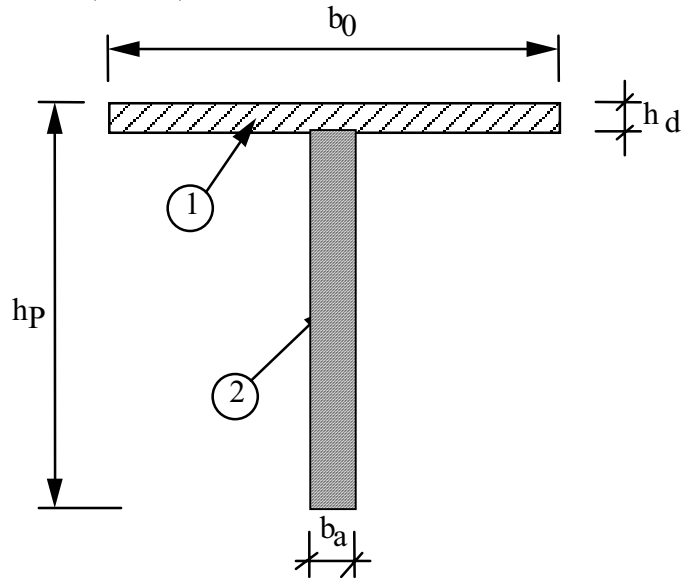


Figure 2 : Section en T

Le moment d'inertie de flexion pour cette section est [6]:

$$I_P = I_x = \frac{1}{3} [(b_0 - b_a).hd^3 + b_a.hp^3] - \frac{1}{4} \frac{[(b_0 - b_a).hd^2 + b_a.hp^2]^2}{[(b_0 - b_a).hd + b_a.hp]}$$

2ème cas: Section en T avec talon (en BP)

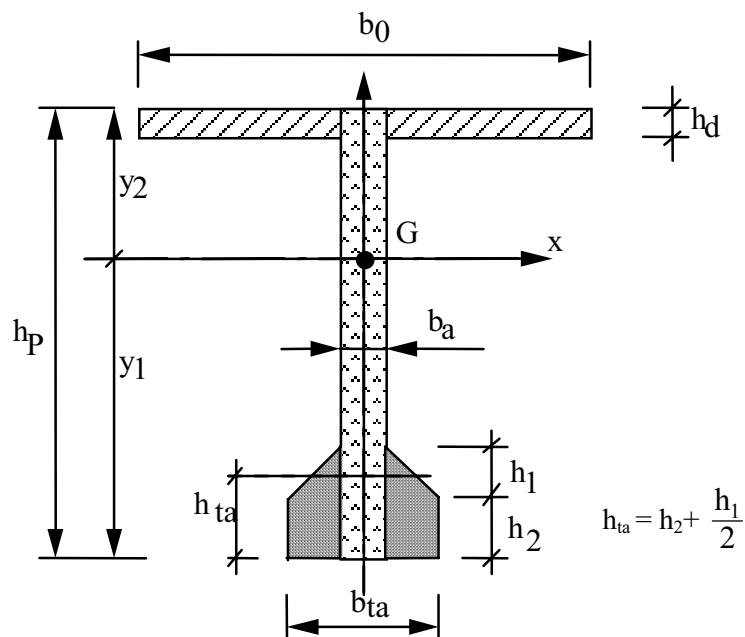


Figure 3: Section en T avec talon

Position du centre de gravité, G:

$$y_2 = \frac{1}{2} \frac{b_0 \cdot hp^2 + (b_0 - ba) \cdot hd^2 + (bta - ba) \cdot hta \cdot (2hp - hta)}{ba \cdot hp + (bta - ba) \cdot hta + (b_0 - ba) \cdot hd}$$

$$y_1 = hp - y_2.$$

Ainsi le moment d'inertie de flexion de cette section est [6]:

$$I_P = I_x = \frac{1}{3} \left[b_0 \cdot y_2^3 - (b_0 - ba) \cdot (y_2 - hd)^3 + bta \cdot y_2^3 - (bta - ba) \cdot (y_1 - hta)^3 \right]$$

A-2-2-Moments d'inertie de torsion

La détermination des moments d'inertie de torsion, fait appel à la théorie de l'analogie de la membrane. D'après cette théorie, l'inertie de torsion d'un rectangle de longueur b et de largeur a (b>a) est donnée par (figure 4):

$$\Gamma = k \left(\frac{b}{a} \right) \cdot b \cdot a^3$$

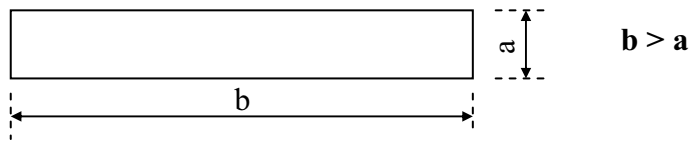


Figure 4: Rectangle pour la détermination d'inertie de torsion

$k \left(\frac{b}{a} \right)$ est une fonction du rapport $\frac{b}{a}$ dont quelques valeurs particuliers sont données dans le tableau suivant [7]:

b/a	1,0	1,2	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	3,0	4	5	10	∞
k	0,141	0,166	0,196	0,213	0,229	0,240	0,249	0,263	0,281	0,292	0,312	0,333

Tableau N°1: Coefficient k, en fonction de b/a, nécessaire pour le calcul de l'inertie de torsion

Cas de $b/a > 10$; $k = 0,333$.

Pour des calculs sur ordinateur, on peut admettre la formule empirique suivante [7]:

$$k = \frac{1}{3} - \left(0,051 + \frac{0,168}{R} \right) e^{-0,13R} \quad \text{avec} \quad R = \frac{b}{a}$$

Ou pour plus de précision, en utilisant un développement en séries au lieu de la théorie de l'analogie de la membrane, Sâada a démontré que [8]:

$$k = \frac{1}{3} - \frac{64}{\pi^5} \frac{a}{b} \operatorname{tgh} \left(\frac{\pi b}{2 a} \right).$$

Pour une section donnée, on décompose la section en rectangles élémentaires et on cumule les inerties obtenues. Mais dans notre cas, des corrections sont à apporter à la formule de Γ [7]:

- Pour l'âme des poutres et la nervure des entretoises le coefficient k est calculé avec une hauteur double par rapport à la hauteur réelle.
- Pour le hourdis, la valeur à retenir n'est que la moitié de celle donnée par la formule.

Il en résulte que, pour les sections les plus utilisées, on détermine les inerties de torsion d'après les formules suivantes [7]:

1er cas: Section en T (BA)

La section est décomposée en 2 éléments. Le moment d'inertie de torsion par élément est :

$$\left\{ \begin{array}{l} \Gamma_1 = \frac{1}{2} \frac{1}{3} b_0 hd^3 \\ \Gamma_2 = k \left(\frac{2(hp-hd)}{ba} \right) \cdot (hp-hd) \cdot ba^3. \end{array} \right.$$

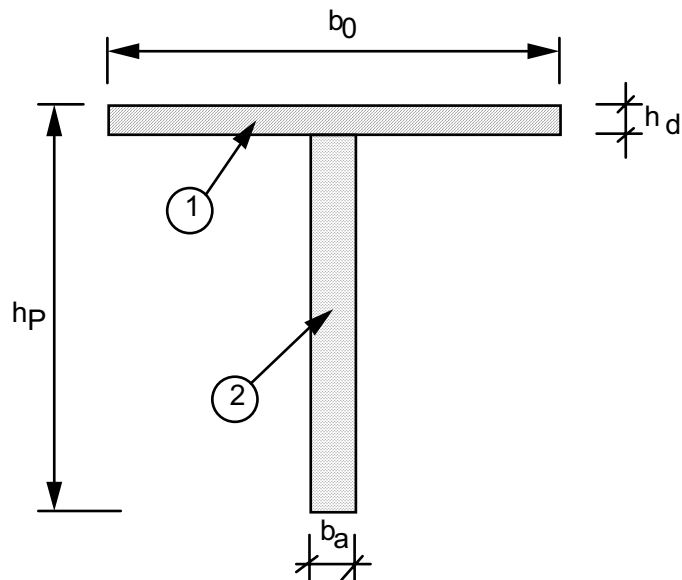


Figure 5: Section en T, décomposé en 2 éléments pour le calcul d'inertie de torsion

Le moment d'inertie de la section est la somme des deux moments d'inertie, c.à.d.,

$$K_P = \Gamma_1 + \Gamma_2$$

$$\gamma_P = K_P \frac{E}{2b_1} = (\Gamma_1 + \Gamma_2) \frac{E}{2b_1}$$

2ème cas: section avec talon (BP)

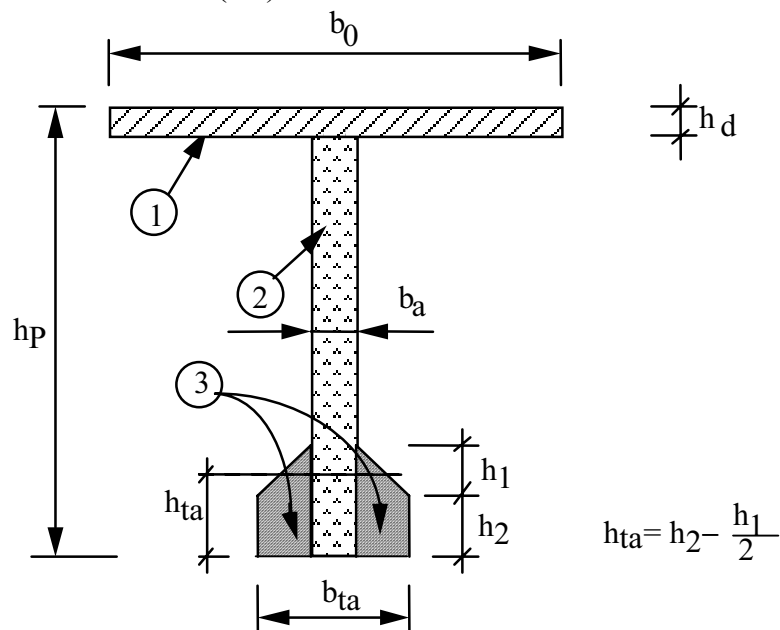


Figure 6: Section en T, avec talon, décomposé en 3 éls. pour le calcul d'inertie de torsion

Cette section est décomposée en 3 éléments. Le moment d'inertie de torsion par élément est :

$$\left\{ \begin{array}{l} \Gamma_1 = \frac{1}{2} \frac{1}{3} b_0 h_d^3 \\ \Gamma_2 = k \left(\frac{2(h_p - h_d)}{b_a} \right) \cdot (h_p - h_d) \cdot b_a^3. \\ \Gamma_3 = k \left(\frac{b_{ta} - b_a}{h_{ta}} \right) \cdot (b_{ta} - b_a) \cdot h_{ta}^3. \end{array} \right.$$

le moment d'inertie de la section est la somme des trois moments d'inertie, c.à.d.,

$$K_P = \Gamma_1 + \Gamma_2 + \Gamma_3$$

$$\gamma_P = K_P \frac{E}{2b_1} = (\Gamma_1 + \Gamma_2 + \Gamma_3) \frac{E}{2b_1}$$

Remarque très importante:

La méthode de Guyon-Massonnet considère une structure comprenant des poutres principales et des entretoises, mais les entretoises ne sont pas supposées infiniment rigides; A la limite, il est possible d'appliquer la méthode à un tablier de ponts à poutres sans entretoises intermédiaires: c'est alors *le hourdis qui joue le rôle des entretoises*.

Dans ce cas, on fait les calculs par m.l., et les inerties de flexion et de torsion du hourdis représentant les entretoises sont:

$$\begin{cases} \gamma_E = \Gamma \frac{E}{2.1} = \frac{1}{2} \frac{1}{3} \cdot 1 \cdot h_d^3 \frac{E}{2} = E \frac{h_d^3}{12} \\ \rho_E = I_h \cdot E = 1 \frac{h_d^3}{12} E = E \frac{h_d^3}{12} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \boxed{\gamma_E = \rho_E = E \frac{h_d^3}{12}}$$

A-3-Application de la méthode de Guyon-Massonnet au calcul du CRT

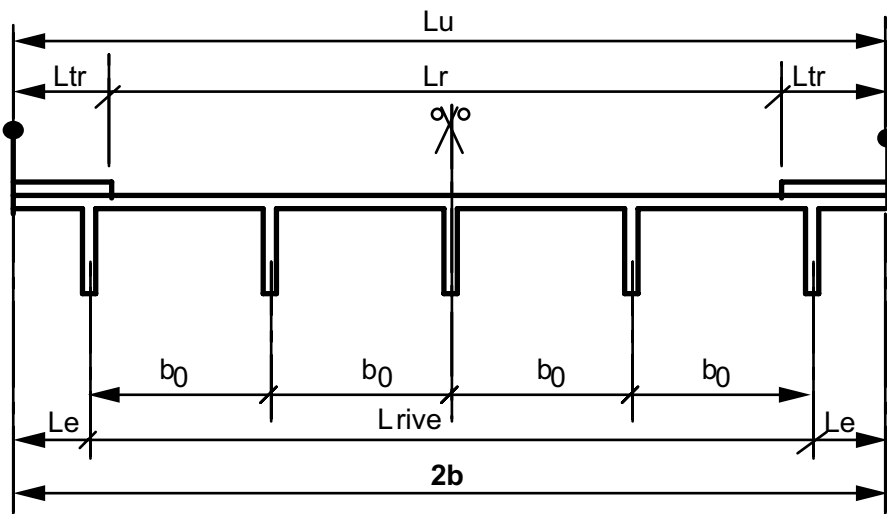


Figure 7: Disposition transversale pour les calculs d'après Guyon-Massonnet

b_0 : distance entre axe des poutres.

Lu : Largeur utile (Largeur totale du tablier)

L_{rive} : Distance entre axes des poutres de rives

$2b$: Largeur active pour Guyon-Massonnet

Largeur active $2b = Lu = L_r + 2 L_{tr}$.

Pour les poutres de même espacement b_0 entre axes des poutres et un encorbellement " Le " de $(b_0/2)$ [7], on a une largeur active $2b$, t.q.,:

$$2b = (n-1)b_0 + Le = (n-1)b_0 + 2\frac{b_0}{2} = n \cdot b_0$$

Les n poutres sont espacées de $b_1 = \frac{2b}{n} = \frac{nb_0}{n} = b_0$

Le Coefficient de Répartition Transversale (CRT), η , est donnée par:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n p_i \cdot K_i}{\sum_{i=1}^n p_i} = \frac{p \sum K_i}{n \cdot p} = \frac{\sum K_i}{n} = \frac{K}{n}$$

où p_i : charge appliquée sinusoïdale appliquée sur le pont.

On remarque ici que p se simplifie et on n'a pas besoin d'écrire son expression sinusoïdale.

$$\eta = \frac{K}{n} \quad n: \text{ nombre des poutres principales}$$

K : Coefficient déterminée par les tableaux de Guyon-Massonnet

K dépend de :

- 1- la valeur du paramètre de torsion α
- 2- la valeur du paramètre d'entretroisement θ .
- 3- l'excentricité de la charge e .
- 4- l'ordonnée de la poutre considérée y .

$$\alpha = 0 \quad \Rightarrow \quad K_0$$

$$\alpha = 1 \quad \Rightarrow \quad K_1$$

Pour α quelconque, l'interpolation n'est pas linéaire. Elle est donnée par Massonnet [3,4]

$$K = K_0 + (K_1 - K_0) \sqrt{\alpha}$$

Pour plus de précision, Sattler [9,4] a proposé les relations suivantes:

$$K = K_0 + (K_1 - K_0) \alpha^{0,05} \quad 0 \leq \theta \leq 0,1$$

$$K = K_0 + (K_1 - K_0) \alpha (1 - e^{-\theta_0}) \quad 0,1 \leq \theta \leq 1 \quad \text{avec} \quad \theta_0 = \frac{0,065 - \theta}{0,663}$$

$$K = K_0 + (K_1 - K_0) \sqrt{\alpha} \quad \theta > 1$$

K_0 et K_1 sont données par les tables de Guyon-Massonnet [3,4] en fonction de θ , e et y (voir annexe).

$$K_0 = K_0(\theta, e, y) \quad K_1 = K_1(\theta, e, y)$$

θ :
 varie de 0 à 1 de 0,05 en 0,05
 varie de 1 à 2 de 0,10 en 0,10

$$e = -b, \frac{-3b}{4}, \frac{-b}{2}, \frac{-b}{4}, 0, \frac{b}{4}, \frac{b}{2}, \frac{3b}{4}, b.$$

$$y = 0, \frac{b}{4}, \frac{b}{2}, \frac{3b}{4}, b. \quad \text{pour } y < 0 \text{ les valeurs sont symétriques.}$$

Remarque: Propriétés de K

$$1) K(y, e) = K(e, y)$$

$$2) \frac{1}{2} K(e=-b) + K(e=\frac{-3b}{4}) + \dots + K(e=\frac{3b}{4}) + \frac{1}{2} K(e=b) = 8.$$

Pour une poutre d'ordonnée y , on procède à une interpolation linéaire entre les valeurs de y données dans les tableaux de Guyon-Massonnet. Une interpolation linéaire peut se faire par rapport à θ .

Pour aboutir à K , on trace sa ligne d'influence, en plottant: $K = K(e)$. Puis on place les charges réglementaires sur cette L_i , de la manière la plus défavorable, comme indiquée par les règles de chargement et en respectant les règles d'application pour chaque charge (chapitre 2).

A-4- Evaluation de K d'après ses Li, pour différentes charges

Le coefficient K est retrouvé en appliquant la surcharge suivant les règles des charges (chapitre 2) et sera égale à l'ordonnée de la Li de K au point de l'application de la charge.

A-4-1-Cas de la charge Al

Rappel: Règles d'application de Al

- La largeur de la zone chargée est choisie de manière à produire l'effet le plus défavorable.
- La charge Al est placée sur la largeur chargeable (la distance entre l'extrémité de la zone chargée et le bord de la largeur chargeable peut être nulle).
- La largeur de la zone chargée comprend un nombre entier de voies de circulation. Celui-ci influe sur la valeur du coefficient a_1 .

Dans ce cas le coefficient K est:

$$K_i^{Al} = \frac{\text{Surface couverte transversalement par } A_L \text{ sur la Li de K}}{\text{Largeur couverte transversalement par } A_L} = \frac{\int K(e) \, de}{L} = \frac{\omega_{Al}}{L_{Al}}$$

ω_{Al} : Surface couverte transversalement par A_L sur la Li de K.

L_{Al} : Largeur couverte transversalement par A_L .

L'aire peut être évaluée par l'une des méthodes d'intégration numérique, à savoir, la méthode des trapèzes, la méthode des triangles, la méthode de Simpson, ...

Le CRT est alors: $\eta_i^{Al} = \frac{K_i^{Al}}{n}$ n: Nombre des poutres principales.

Remarques:

1-Pour retrouver le cas le plus défavorable, il faut comparer " $a_1 \cdot \eta_i^{Al} \cdot L_{Al}$ " pour des combinaisons différentes de A_L .

2-La largeur de chargement L_{AL} doit être retenue pour qu'elle soit utilisée dans le calcul longitudinal.

A-4-2-Cas de la charge du trottoir, q_{tr} (charge locale)

Rappel: règles d'application de q_{tr}.

- Toute la largeur du trottoir est chargée.
- On considère soit qu'un seul trottoir est chargé, soit que les deux le sont, de manière à obtenir l'effet le plus défavorable.

Dans ce cas le coefficient K est:

$$K_i^{tr} = \frac{\text{Surface couverte transversalement par } q_{tr} \text{ sur la Li de K}}{\text{Largeur du trottoir}} = \frac{\int K(e) \, de}{L_{tr}} = \frac{\omega_{tr}}{L_{tr}} = \frac{1}{2} (K_1 + K_2)$$

ω_{tr} : Surface couverte transversalement par q_{tr} sur la Li de K.

L_{tr} : Largeur du trottoir

K_1 et K_2 : Valeur de K aux bords du trottoirs.

On voit que ce chargement est analogue à celui de A_L (d'ailleurs les deux sont réparties)

Le CRT est alors: $\eta_i^{tr} = \frac{K_i^{tr}}{n}$

Remarques:

- Si les deux trottoirs sont chargés on a $K_i^{tr} = \frac{1}{2}(K_1+K_2) + \frac{1}{2}(K_1+K_2)$ où K_1 et K_2 sont les valeurs de K aux bords du deuxième trottoir.
- Si les deux trottoirs donnent un effet défavorable, on ne le prend pas en compte.

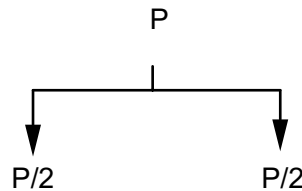
A-4-3-Cas de la charge Bc

Rappel: Règles d'application de Bc

- On choisit le nombre et la disposition des convois de manière à produire l'effet le plus défavorable.
- Le nombre de files de camions (Nf) ne doit pas dépasser le nombre de voies (Nv), c.à.d. $Nf \leq Nv$, même si cela est géométriquement possible. De plus, on ne peut pas avoir la moitié d'un convoi (c.à.d. chaque deux files de roues ensemble).
- Une distance minimale de 0,25 m est exigée entre l'axe de la file de roues la plus excentrée et le bord de la largeur chargeable.

CRT?

Un essieu se compose de 2 roues. Transversalement, sa charge P se divise en deux.



Ainsi, dans le sens longitudinal, on prendra comme P la charge d'un essieu (c.à.d. P=12t pour les essieux arrières).

$$K_i^{Bc} = \frac{1}{2} \sum_j K_j$$

K_j : ordonnée de la Li de la réaction K_i au droit des points d'application des charges concentrées du camion Bc.

Avec longitudinalement

P = 12 t	essieux arrière
P = 6 t	essieux avant.

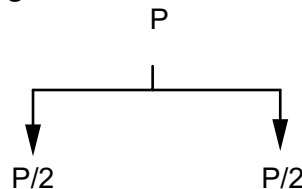
Le CRT est alors: $\eta_i^{Bc} = \frac{K_i^{Bc}}{n}$

A-4-4-Cas de la charge Mc

Rappel: Règles d'application de Mc.

- Un seul convoi est supposé circulé quelle que soit la largeur de la chaussée.
- Les chenilles peuvent être disposées sur toute la largeur chargeable, de manière la plus défavorable.

De plus, le poids d'un char est partagé entre les deux chenilles:



Dans ce cas le coefficient K est:

$$\begin{aligned}
 K_i^{Mc} &= \frac{1}{2} \frac{L_1}{\int de} + \frac{1}{2} \frac{L_2}{\int de} \\
 &= \frac{1}{2} \omega_1 + \frac{1}{2} \omega_2 \\
 &= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} (K_1 + K_2) + \frac{1}{2} (K_3 + K_4) \right) \\
 &= \frac{1}{4} (K_1 + K_2 + K_3 + K_4)
 \end{aligned}$$

L_1 et (L_2) est la longueur de la 1^{ère} (2^{ème}) chenille.

avec longitudinalement $\left| \begin{array}{l} P = 72 \text{ t} \quad \text{pour le cas de Mc 80.} \\ P = 110 \text{ t} \quad \text{pour le cas de Mc 120.} \end{array} \right.$

K_1 et K_2 : ordonnée de la L_i de K_i au bord de la 1^{ère} chenille.

K_3 et K_4 : ordonnée de la L_i de K_i au bord de la 2^{ème} chenille.

Le CRT est alors: $\eta_i^{Mc} = \frac{K_i^{Mc}}{n}$.

A-5- Exemple de calcul des CRT pour un pont à poutres.

Soit un pont à poutre sans entretoises intermédiaires, présentant des travées indépendantes égales dont la longueur de calcul est $L_c = 15,36$ m. Les caractéristiques géométriques sont présentées sur la section transversale suivante:

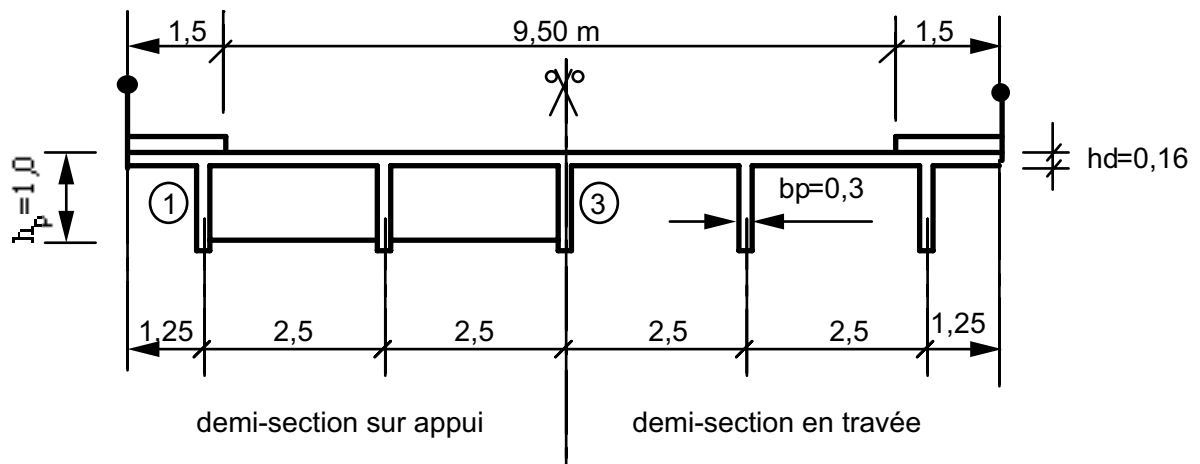


Figure 8: Exemple de calcul du CRT par la méthode de Guyon-Massonnet.
(tous les dimensions sont en m)

Déterminer le CRT sous l'effet des charges A_L , qtr, Bc et Mc80 pour la poutre de rive N°1 et pour la poutre centrale N°3.

Solution:

1) Calcul des paramètres fondamentaux

$$2b = 9,5 + 2 \cdot 1,5 = 12,5 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad \boxed{b=6,25 \text{ m}}$$

$b_1 = b_0 = 2,5 \text{ m}$ et Nombre des poutres, $n = 5$.

a) Moments d'inertie

➤ Poutre principale

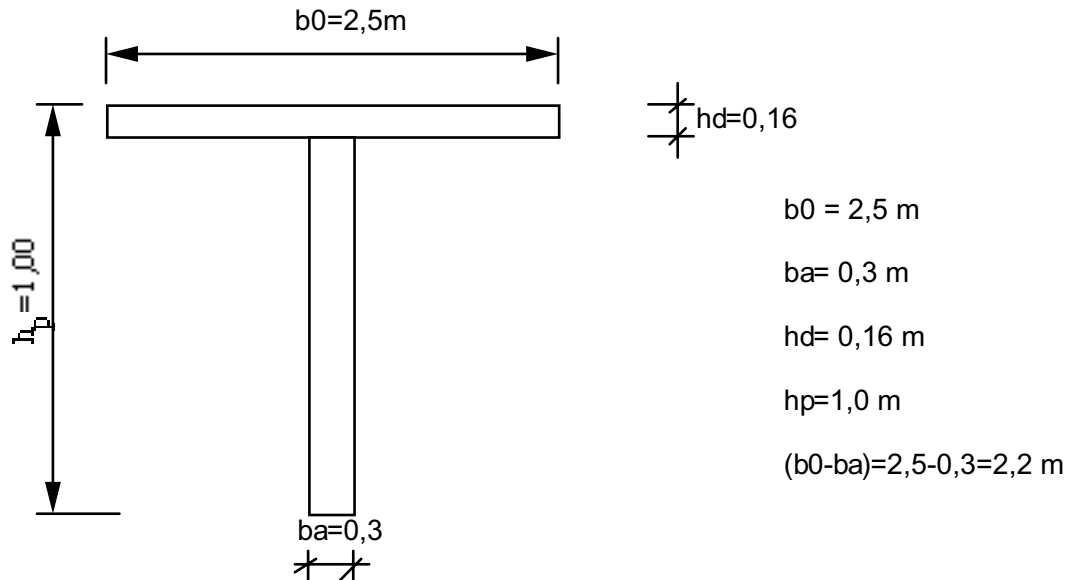


Figure 9: Géométrie de la section de la poutre principale.

✓ Moment d'inertie de flexion I_P :

$$I_P = I_x = \frac{1}{3} [(b_0 - b_a).hd^3 + b_a.hp^3] - \frac{1}{4} \frac{[(b_0 - b_a).hd^2 + b_a.hp^2]^2}{[(b_0 - b_a).hd + b_a.hp]}$$

$$I_P = \frac{1}{3} [2,2 \cdot 0,16^3 + 0,3 \cdot 1,0^3] - \frac{1}{4} \frac{[2,2 \cdot 0,16^2 + 0,3 \cdot 1,0^2]^2}{[2,2 \cdot 0,16 + 0,3 \cdot 1,0]}$$

$$= 0,1030 - 0,0487 = 0,0543 \text{ m}^4.$$

$$\rho_P = \frac{I_P}{b_1} \cdot E = \frac{0,0543}{2,5} \cdot E = 21,72 \cdot 10^{-3} \cdot E.$$

✓ Moment d'inertie de torsion K_P :

$$\Gamma_1 = \frac{1}{2} \frac{1}{3} b_0 hd^3 = \frac{1}{2} \frac{1}{3} \cdot 2,5 \cdot 0,16^3 = 1,71 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4.$$

$$\Gamma_2 = k \left(\frac{2(h_p - h_d)}{b_a} \right) \cdot (h_p - h_d) \cdot b_a^3 = k \left(\frac{2(1,00 - 0,16)}{0,3} \right) \cdot (1,00 - 0,16) \cdot 0,3^3 = k(5,6) \cdot 0,84 \cdot 0,3^3$$

$k(5,6) = ?$

• D'après une interpolation linéaire (en employant le tableau N°1)

$$k(5) = 0,292 \quad \text{et} \quad k(10) = 0,312$$

$$k(5,6) = 0,292 + (0,312 - 0,292) \frac{5,6 - 5}{10 - 5} = 0,294$$

• D'après la formule de VIPP

$$k = \frac{1}{3} - \left(0,051 + \frac{0,168}{5,6}\right) e^{-0,13 \cdot 5,6} = 0,294$$

• Ou d'après la formule donnée par Sâada

$$k = \frac{1}{3} - \frac{64}{\pi^5} \frac{1}{5,6} \operatorname{tgh}\left(\frac{\pi}{2} 5,6\right) = 0,296$$

Par exemple, et pour plus de précision, on retient $k(5,6) = 0,296$.

$$\Gamma_2 = 0,296 \cdot 0,84 \cdot 0,3^3 = 6,71 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4.$$

$$K_P = \Gamma_1 + \Gamma_2 = 1,71 \cdot 10^{-3} + 6,71 \cdot 10^{-3} = 8,42 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4.$$

$$\gamma_P = \frac{K_P}{2b_1} E = \frac{8,42 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 2,5} E = 1,68 \cdot 10^{-3} E.$$

➤ Entretoises \equiv Hourdis

$$\gamma_E = \rho_E = \frac{hd^3}{12} E = \frac{0,16^3}{12} E = 0,34 \cdot 10^{-3} E.$$

➤ Résumé

$\gamma_P = 1,68 \cdot 10^{-3} E$	$\gamma_E = 0,34 \cdot 10^{-3} E$
$\rho_P = 21,72 \cdot 10^{-3} E$	$\rho_E = 0,34 \cdot 10^{-3} E$

b) Paramètres fondamentaux α et θ .

$$\alpha = \frac{\gamma_P + \gamma_E}{2\sqrt{\rho_P \rho_E}} = \frac{1,68 \cdot 10^{-3} E + 0,34 \cdot 10^{-3} E}{2\sqrt{21,72 \cdot 10^{-3} E \cdot 0,34 \cdot 10^{-3} E}} = 0,37$$

$$\theta = \frac{b}{L} \sqrt[4]{\frac{\rho_P}{\rho_E}} = \frac{6,25}{15,36} \sqrt[4]{\frac{21,72 \cdot 10^{-3} E}{0,34 \cdot 10^{-3} E}} = 1,15$$

En résumé $\alpha = 0,37$ et $\theta = 1,15$

$\theta = 1,15 > 0,3 \Rightarrow$ On utilise donc la méthode de Guyon-Massonnet.

Remarque : Le module de Young, E, se simplifie. Nous n'avons pas besoin de connaître sa valeur. Ceci est vrai lorsque les poutres et le hourdis (jouant le rôle d'entretoise) sont de même matériaux (même E).

2) Calcul des CRT pour la poutre de rive N°1:

a) Courbe de K

*Interpolation sur α

$\theta > 1$ D'après Massonnet ou Sattler

$$K_\alpha = K_0 + (K_1 - K_0) \sqrt{\alpha}$$

$$K_\alpha = K_0 + (K_1 - K_0) \sqrt{0,37}$$

$$K = 0,39 K_0 + 0,61 K_1$$

*Interpolation sur θ

$\theta = 1,15$ interpolation entre $\theta_1 = 1,10$ et $\theta_2 = 1,20$

dans ce cas, $K_\theta = \frac{K_{\theta_1} + K_{\theta_2}}{2}$ puisque la valeur est au milieu entre 1,10 et 1,20.

*Interpolation sur y (la position de la poutre)

$$y = 2,5 + 2,5 = 5 \text{ m} \quad \text{et} \quad b = 6,25 \text{ m}, \quad \text{donc} \quad y = \frac{5}{6,25} b = 0,8 b$$

Les tableaux de Massonnet donnent les valeurs de K pour

$$K_{0,75b} = K|_{y=3b/4} \quad \text{et} \quad K_b = K|_{y=b}$$

$$K_{0,8b} = K_{0,75b} + (K_b - K_{0,75b}) \frac{0,8-0,75}{1-0,75}$$

$$K_{0,8b} = 0,8 K_{0,75b} + 0,2 K_b$$

$$K|_{y=0,8b} = 0,8 K|_{y=3b/4} + 0,2 K|_{y=b}.$$

En résumé, on a trois interpolations à faire. On choisit par ordre:

$$1) K|_{y=0,8b} = 0,8 K|_{y=3b/4} + 0,2 K|_{y=b}.$$

$$2) K|_{\alpha=0,37} = 0,39 K_0 + 0,61 K_1$$

$$3) K|_{\theta=1,15} = 0,5 K|_{\theta=1,10} + 0,5 K|_{\theta=1,20}.$$

Il ne reste plus qu'à retrouver $K = K(e)$. On détermine tout d'abord un tableau pour $\theta_1 = 1,10$ et pour $\theta_1 = 1,20$.

1er cas: Tableau pour $\theta_1 = 1,10$

$\theta_1=1,10$		e	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
K ₀	K _{3b/4}	-0,0097	-0,0936	-0,1626	-0,1515	0,0880	0,7675	2,0089	3,4539	4,3474	
	K _b	0,1709	-0,0097	-0,2209	-0,4770	-0,6652	-0,4129	0,9824	4,3474	9,7780	
	K _{0,8b}	0,0264	-0,0768	-0,1743	-0,2166	-0,0626	0,5314	1,8036	3,6326	5,4335	
K ₁	K _{3b/4}	0,0527	0,0882	0,1593	0,3055	0,5848	1,0740	1,8145	2,5695	2,7813	
	K _b	0,0303	0,0527	0,0985	0,1969	0,3985	0,7931	1,5263	2,7813	4,6078	
	K _{0,8b}	0,0482	0,0811	0,1471	0,2838	0,5475	1,0178	1,7569	2,6119	3,1466	
K _α	K _{θ1}	0,0397	0,0195	0,0218	0,0886	0,3096	0,8281	1,7751	3,0100	4,0385	

Tableau N°2: K pour $\theta = 1,10$ après 2 interpolations (sur y puis sur α)

Les valeurs de K_0 et de K_1 pour $K_{3b/4}$ et K_b sont recopiées directement à partir des tableaux de Massonnet (les 2 premières lignes pour chaque K); Ensuite, on effectue une première interpolation sur y pour obtenir $K_{0,8b}$, à savoir:

$$K_0|_{y=0,8b} = 0,8 K_0|_{y=3b/4} + 0,2 K_0|_{y=b}.$$

$$K_1|_{y=0,8b} = 0,8 K_1|_{y=3b/4} + 0,2 K_1|_{y=b}.$$

La deuxième interpolation a été effectuée sur α en utilisant la 3^{ème} ligne pour chaque K pour obtenir la dernière ligne K_{θ_1} .

$$K_\alpha = K|_{\alpha=0,37} = 0,39 K_0 + 0,61 K_1$$

2ème cas: Tableau pour $\theta_2 = 1,20$

$\theta_2=1,20$		e	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
K ₀	K _{3b/4}	0,0279	-0,0594	-0,1424	-0,1685	0,0199	0,6851	2,0114	3,5547	4,3049	
	K _b	0,1439	0,0279	-0,1317	-0,3856	-0,6677	-0,6038	0,6620	4,3049	10,6635	
	K _{0,8b}	0,0511	-0,0419	-0,1403	-0,2119	-0,1176	0,4273	1,7415	3,7047	5,5766	
K ₁	K _{3b/4}	0,0348	0,0621	0,1217	0,2534	0,5233	1,0306	1,8501	2,7114	2,8817	
	K _b	0,0188	0,0348	0,0706	0,1533	0,3352	0,7182	1,4827	2,8817	5,0266	
	K _{0,8b}	0,0316	0,0566	0,1115	0,2334	0,4857	0,9681	1,7766	2,7455	3,3107	
K _α	K _{θ2}	0,0392	0,0182	0,0133	0,0597	0,2504	0,7572	1,7629	3,1196	4,1944	

Tableau N°3: K pour $\theta = 1,20$ après 2 interpolations (sur y puis sur α).

De même que pour le tableau N°2, ici, on a utilisé les 2 interpolations sur y puis sur α , c.à.d.,

$$K_0|_{y=0,8b} = 0,8 K_0|_{y=3b/4} + 0,2 K_0|_{y=b}$$

$$K_1|_{y=0,8b} = 0,8 K_1|_{y=3b/4} + 0,2 K_1|_{y=b}$$

$$K_\alpha = K|_{\alpha=0,37} = 0,39 K_0 + 0,61 K_1$$

Dans notre cas: $\theta = 1,15$; On effectue alors la troisième interpolation sur θ en utilisant la dernière ligne de chaque tableau à savoir:

$$K_{\theta=1,15} = 0,5 K_{\theta=1,10} + 0,5 K_{\theta=1,20}$$

Ainsi, on obtient:

$\theta = 1,15$		e	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
K		0,0394	0,0188	0,0175	0,0741	0,2800	0,7926	1,7690	3,0648	4,1164	

Tableau N°4: $K=K(e)$, après les 3 interpolations

Les valeurs trouvées de K sont arrondies à 2 chiffres après la virgule pour qu'on puisse tracer la courbe de K

e	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
K	0,04	0,02	0,02	0,07	0,28	0,79	1,77	3,07	4,12

Tableau N°5: Valeurs arrondis de $K = K(e)$

On choisit une échelle pour tracer la courbe $K=K(e)$, qui représente la ligne d'influence (Li) de K pour la poutre N°1 (figure 10). On trace la courbe de K de préférence sur un papier millimétrique.

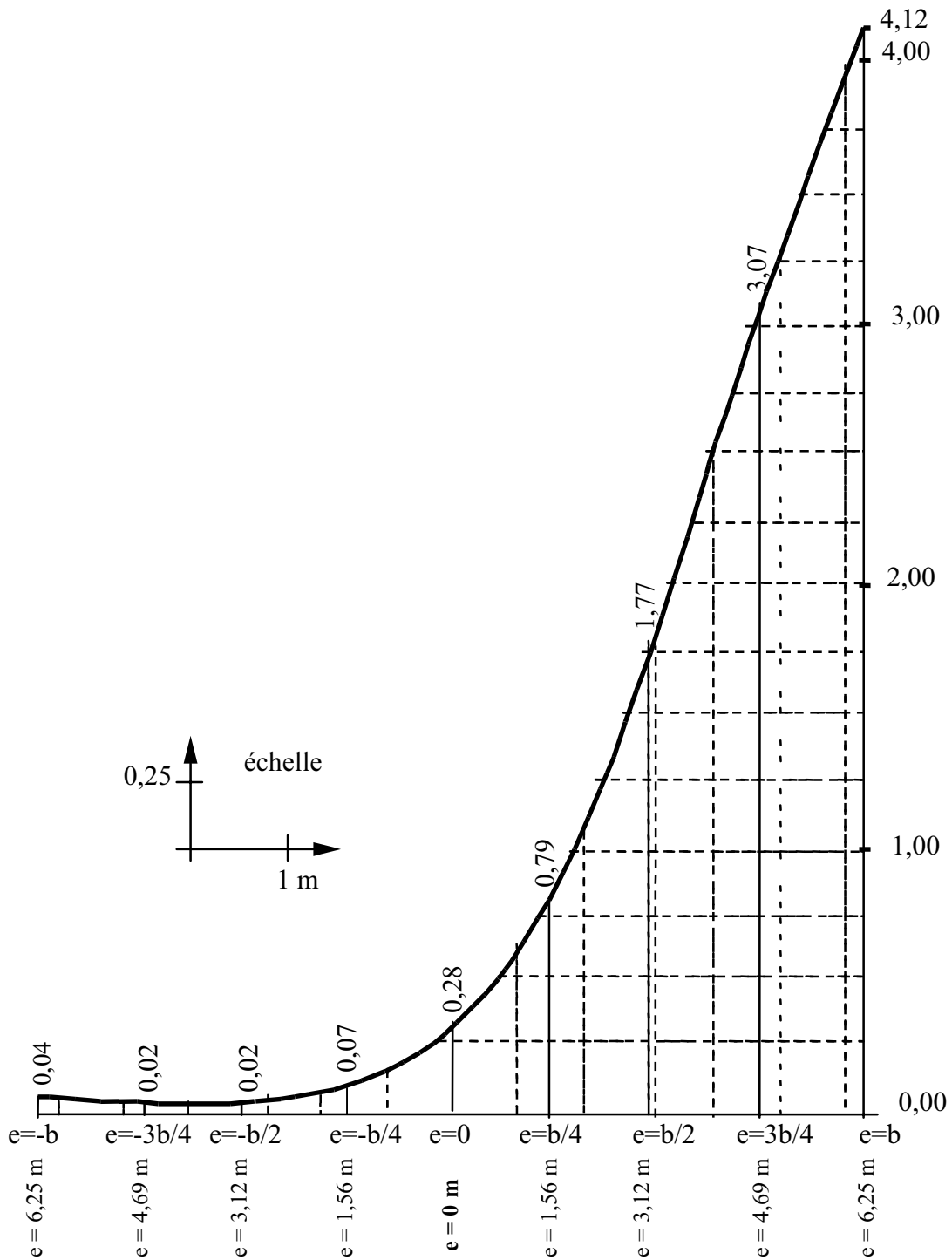


Figure 10: Ligne d'influence de K pour la poutre N°1.

b) Détermination des CRT

*Caractéristiques du pont

On détermine les caractéristiques du pont d'après les règlements des charges (chapitre 2).

La largeur chargeable, L_{ch} , est la même que la largeur roulable, L_r , puisqu'il n'y a pas de glissière de sécurité. $\Rightarrow L_{ch} = L_r = 9,50$ m.

Le nombre de voie est: $N_v = E\left(\frac{L_{ch}}{3}\right) = E\left(\frac{9,5}{3}\right) = 3$ voies.

D'où la largeur d'une voie V est: $V = \frac{9,5}{3} = 3,17$ m.

$L_r = 9,50$ m ≥ 7 m. \Rightarrow Le pont est de la 1^{ère} classe.

➤ Charge A_L

On place la charge A_L suivant les règles de chargement de la manière la plus défavorable. Pour cela et à cause de la variation de a_1 et de la largeur de chargement L_{A1} , on essaye différents cas (1 voie, 2 voies ou 3 voies chargées), (figure 11).

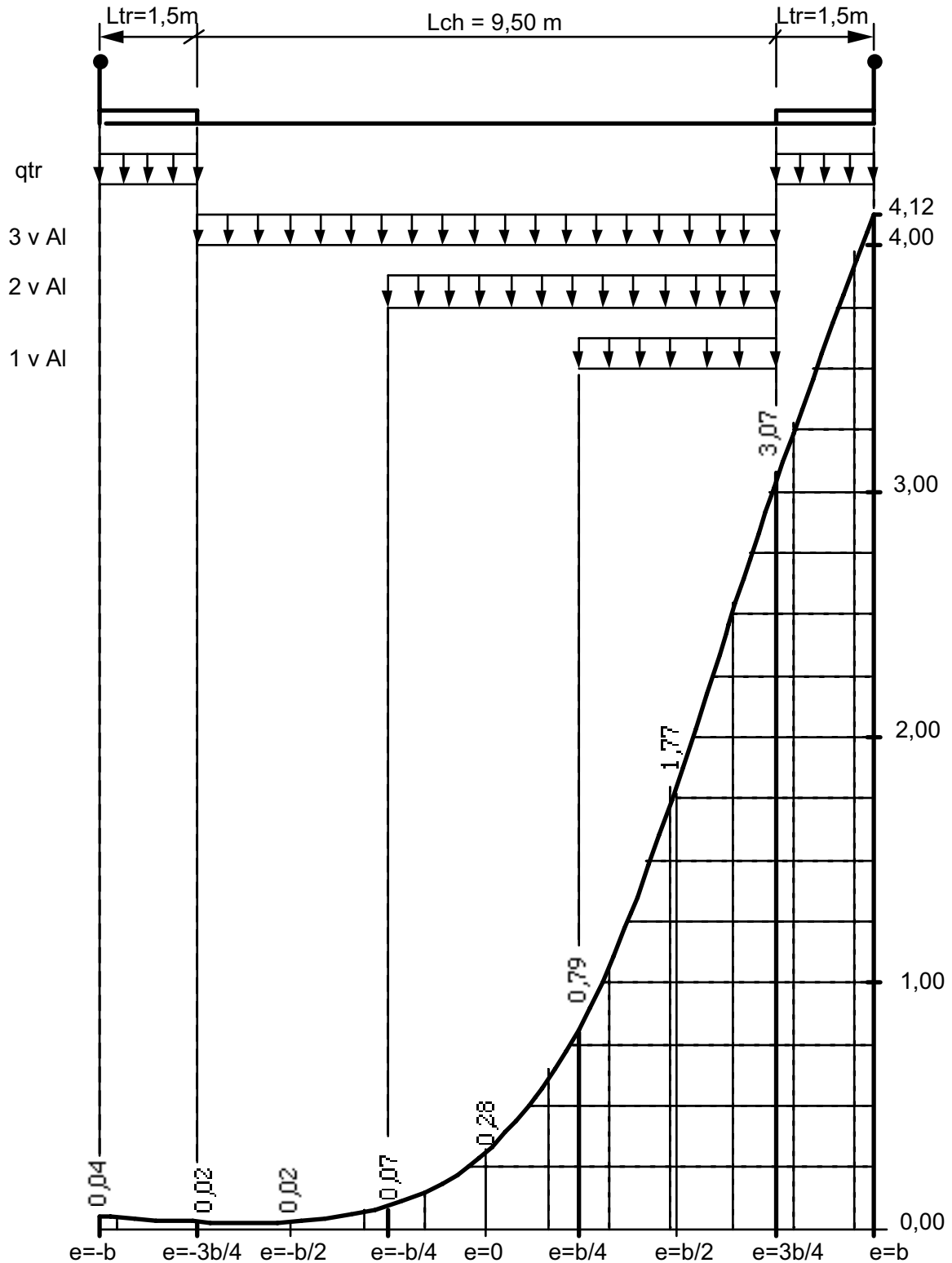


Figure 11: Application de la charge A_L et celle du trottoir q_{tr} sur la Li de K pour la poutre N°1

1^{er} cas: 1 voie chargée, de largeur, $L_{A1} = 1.V = 3,17$ m

Pont de la 1^{ère} classe et 1 voie chargée $\Rightarrow a_1=1,0$.

Ici, la fin de la voie chargée coïncide avec $e = b - (L_{tr} + 1.V) \cong b/4$.

Le coefficient K pour ce cas de chargement de A1 est l'aire ω_{A1} de la Li correspondant à la charge divisée par la largeur du chargement:

$$\begin{aligned} K_{A1} &= \frac{\omega_{A1}}{L_{A1}} \\ &= \frac{1}{L_{A1}} \left[\frac{1}{2} K(e=b-L_{tr}) + K(e=\frac{b}{2}) + \frac{1}{2} K(e=b-(L_{tr}+V)) \right] \frac{b}{4} \\ &= \frac{1}{L_{A1}} \left[\frac{1}{2} K(e=\frac{3b}{4}) + K(e=\frac{b}{2}) + \frac{1}{2} K(e=\frac{b}{4}) \right] \frac{b}{4} \\ &= \frac{1}{3,17} \left(\frac{1}{2} 3,07 + 1,77 + \frac{1}{2} 0,79 \right) \frac{6,25}{4} \\ &= 1,82. \end{aligned}$$

Le CRT η_{A1} est:

$$\eta_{A1} = \frac{K_{A1}}{n} = \frac{1,82}{5} = 0,36$$

$$a_1 \cdot \eta_{A1} \cdot L_{A1} = 1 \cdot 0,36 \cdot 3,17 = 1,16$$

2^{ème} cas: 2 voies chargées, de largeur $L_{A1} = 2.V = 6,33$ m

Pont de la 1^{ère} classe et 2 voies chargées $\Rightarrow a_1=1,0$.

La fin des 2 voies chargées coïncide avec $e = b - (L_{tr} + 2.V) = -b/4$

$$\begin{aligned} K_{A1} &= \frac{\omega_{A1}}{L_{A1}} = \frac{1}{L_{A1}} \left[\frac{1}{2} K(e=\frac{3b}{4}) + K(e=\frac{b}{2}) + K(e=\frac{b}{4}) + K(e=0) + \frac{1}{2} K(e=-\frac{b}{4}) \right] \frac{b}{4} \\ &= \frac{1}{6,33} \left(\frac{1}{2} 3,07 + 1,77 + 0,79 + 0,28 + \frac{1}{2} 0,07 \right) \frac{6,25}{4} \\ &= 1,09 \end{aligned}$$

$$\eta_{A1} = \frac{K_{A1}}{n} = \frac{1,09}{5} = 0,22$$

$$a_1 \cdot \eta_{A1} \cdot L_{A1} = 1 \cdot 0,22 \cdot 6,33 = 1,38$$

3^{ème} cas: 3 voies chargées, de largeur $L_{A1} = 3.V = 9,5$ m ; Toute la largeur roulable est chargée

Pont de la 1^{ère} classe et 3 voies chargées $\Rightarrow a_1=0,9$.

$$\begin{aligned} K_{A1} &= \frac{1}{L_{A1}} \left[\frac{1}{2} K(e=\frac{3b}{4}) + K(e=\frac{b}{2}) + K(e=\frac{b}{4}) + K(e=0) + K(e=-\frac{b}{4}) + K(e=-\frac{b}{2}) + \frac{1}{2} K(e=-\frac{3b}{4}) \right] \frac{b}{4} \\ &= \frac{1}{9,5} \left(\frac{1}{2} 3,07 + 1,77 + 0,79 + 0,28 + 0,07 + 0,02 + \frac{1}{2} 0,02 \right) \frac{6,25}{4} \\ &= 0,74 \end{aligned}$$

$$\eta_{A1} = \frac{K_{A1}}{n} = \frac{0,74}{5} = 0,15$$

$$a_1 \cdot \eta_{A1} \cdot L_{A1} = 0,9 \cdot 0,15 \cdot 9,5 = 1,28$$

Donc le 2^{ème} cas est le plus défavorable. Ceci s'explique par le fait que la diminution de a_1 (de 1,0 à 0,9) est plus importante que l'accroissement de l'aire (de 1,39 à 1,42). Le 1^{er} cas ne représente pas un cas plus défavorable parce que a_1 conserve la même valeur. Donc, à retenir pour le CRT:

$$\boxed{\eta_{A1} = 0,22 \text{ avec } a_1 = 1 \text{ et } L_{A1} = 6,33 \text{ m.}}$$

➤ Charge q_{tr}

$$L_{tr} = 1,50 \text{ m}$$

Cas le plus défavorable: 2 trottoirs chargés

Les extrémités des chargements correspondent au début et la fin des trottoirs, ceci coïncide avec $e = b$ et $e = b - L_{tr} = 3b/4$ pour le trottoir de droite et avec $e = -b$ et $e = -b + L_{tr} = -3b/4$ pour le trottoir de gauche (figure 11). De même que pour A_l, le coefficient K est le rapport entre l'aire ω_{tr} de la Li correspondant au chargement du trottoir par sa largeur L_{tr} .

$$\begin{aligned} K_{tr} &= \frac{\omega_{tr}}{L_{tr}} \\ &= \frac{1}{2} [K(e=b) + K(e=b-L_{tr})] \frac{L_{tr}}{L_{tr}} + \frac{1}{2} [K(e=-b+L_{tr}) + K(e=-b)] \frac{L_{tr}}{L_{tr}} \\ &= \frac{1}{2} [K(e=b) + K(e=3b/4) + K(e=-3b/4) + K(e=-b)] \\ &= \frac{1}{2} (4,12 + 3,07 + 0,02 + 0,04) \\ &= 3,62 \end{aligned}$$

Le CRT η_{tr} est:

$$\eta_{tr} = \frac{K_{tr}}{n} = \frac{3,62}{5} = 0,72$$

$\eta_{tr} = 0,72$ avec $L_{tr} = 1,50 \text{ m}$.

➤ Charge B_c

Le coefficient b_c dépend du nombre de files de camions à placer (chapitre 2).

Pont de la 1 ^{ère} classe	1 file	b _c =1,2
	2 files	b _c =1,1
	3 files	b _c =0,95

A cause de la variation de b_c, on essaye 3 cas différents (1 file, 2 files ou 3 files de B_c) (figure 12). On place les différentes files de roues sur la largeur chargeable de la manière la plus défavorable. Donc on place les convois de B_c décalées à droite en prenant soin de laisser 0,25 m entre le bord du trottoir et la première file de roues (chapitre 2).

1^{er} cas: 1 file de B_c avec b_c = 1,2.

$$K_{Bc} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 K_i = \frac{1}{2} (K_1 + K_2) = \frac{1}{2} (2,94 + 1,30) = 2,12$$

On rappelle que le facteur $\frac{1}{2}$ est introduit pour indiquer que longitudinalement on prend la charge d'un essieu et non pas d'une roue. Les K_i sont déterminées graphiquement sur la figure (figure 12). Ainsi le CRT η_{Bc} est:

$$\eta_{Bc} = \frac{K_{Bc}}{n} = \frac{2,00}{5} = 0,42.$$

Pour la comparaison, on utilise b_c. η_{Bc} .

$$b_c \cdot \eta_{Bc} = 1,2 \cdot 0,42 = 0,50.$$

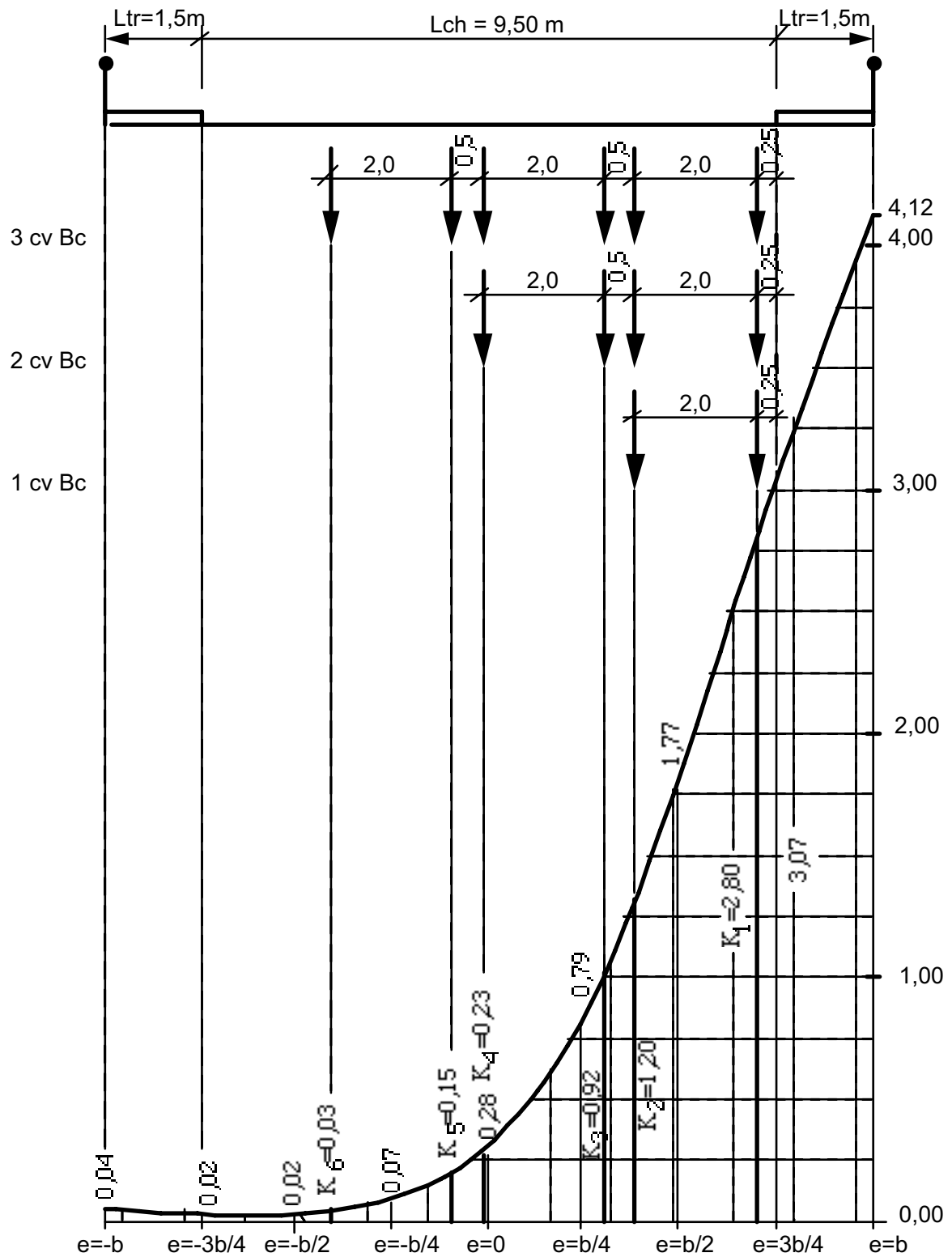


Figure 12: Application de la charge **Bc** sur la Li de K pour la poutre N°1.

2^{ème} cas: 2 files de Bc avec $bc = 1,1$.

$$K_{Bc} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^4 K_i = \frac{1}{2} (K_1 + K_2 + K_3 + K_4) = \frac{1}{2} (2,94 + 1,30 + 1,00 + 0,28) = 2,76$$

$$\eta_{Bc} = \frac{K_{Bc}}{n} = \frac{2,76}{5} = 0,554$$

$$bc \cdot \eta_{Bc} = 1,1 \cdot 0,554 = 0,609.$$

3^{ème} cas: 3 files de Bc avec bc = 0,95.

$$K_{Bc} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^6 K_i = \frac{1}{2} (K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6)$$

$$= \frac{1}{2} (2,94 + 1,30 + 1,00 + 0,23 + 0,17 + 0,03)$$

$$= 2,86$$

$$\eta_{Bc} = \frac{K_{Bc}}{n} = \frac{2,86}{5} = 0,572$$

$$bc \cdot \eta_{Bc} = 0,95 \cdot 0,572 = 0,543.$$

On voit ici que $bc \cdot \eta_{Bc}$ (2 files) > $bc \cdot \eta_{Bc}$ (3 files). Ceci s'explique par le fait que l'apport de la 3^{ème} file n'est pas aussi important que la variation de bc du cas de 2 files (=1,1) au cas de 3 files (=0,95).

A retenir un CRT pour Bc:

$$\eta_{Bc} = 0,5554 \text{ avec } bc=1,1 \text{ et } P=12t \text{ (essieux arri\ere)} \text{ et } 6t \text{ (essieux avant)}$$

➤ Charge Mc80

1 Char, c.à.d., 2 chenilles avec $L_{Mc}=0,85$ m; (voir figure 13)

$$K_{Mc} = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{2} (K_7 + K_8) + \frac{1}{2} (K_9 + K_{10}) \right] \frac{L_{Mc}}{L_{Mc}}$$

$$= \frac{1}{4} (K_7 + K_8 + K_9 + K_{10})$$

$$= \frac{1}{4} (3,16 + 2,38 + 0,98 + 0,58)$$

$$= 1,77$$

Le CRT η_{Mc} est:

$$\eta_{Mc} = \frac{K_{Mc}}{n} = \frac{1,77}{5} = 0,35$$

A retenir:

$$\eta_{Mc} = 0,35 \text{ avec } L_{Mc}=0,85m \text{ et longitudinalement } P=72t$$

Résumé des CRT

Charge	CRT	Caractéristiques	Cas le plus défavorable
Al	0,22	$a_1 = 1$ et $L_{Al}=6,33$ m	2 voies chargées
qtr	0,72	$L_{tr} = 1,50$ m	2 trottoirs chargées
Bc	0,55	$bc = 1,1$ et $P=12t$ ou $6t$ long.	2 files de Bc
Mc80	0,35	$L_{Mc}= 0,85$ m et $P=72t$ long	1 Char de Mc80

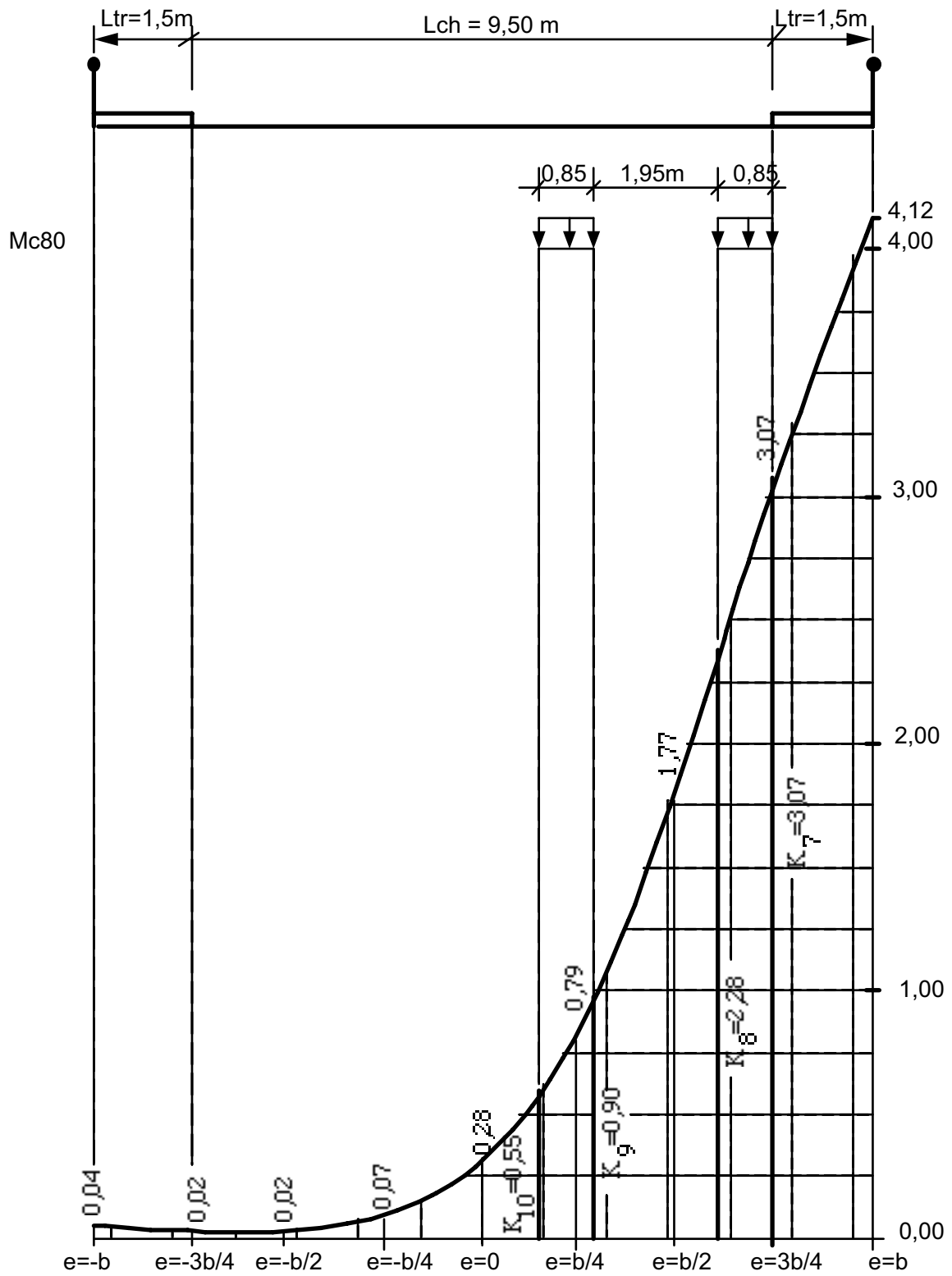


Figure 13: Application de la charge Mc80 sur la Li de K pour la poutre N°1.

3) Calcul des CRT pour la poutre centrale N°3:

a) Courbe de K

α et θ conservent les mêmes valeurs que pour la poutre de rive, c.à.d., $\alpha = 0,37$ et $\theta = 1,15$, par conséquent, les interpolations sur α et sur θ restent les mêmes que pour la poutre de rive N°1, c.à.d.,

$$K = 0,39 K_0 + 0,61 K_1.$$

$$K|_{\theta=1,15} = 0,5 K|_{\theta=1,10} + 0,5 K|_{\theta=1,20}.$$

Seule la position de la poutre change, elle devient: $y = 0$. Les tables de Massonnet donnent directement des lignes correspondant pour $y = 0$, c.à.d., on n'a pas besoin d'interpoler sur y .

1^{er} cas: Tableau pour $\theta_1 = 1,10$

$\theta_1=1,1$									
e	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
K_0	-0,6652	0,0880	0,9531	1,9518	2,5621	1,9518	0,9531	0,0880	-0,6652
K_1	0,3985	0,5848	0,9142	1,4075	1,7691	1,4075	0,9142	0,5848	0,3985
K_α	-0,0163	0,3910	0,9294	1,6198	2,0784	1,6198	0,9294	0,3910	-0,0163

Tableau N°6: K en fonction de e pour $\alpha=1,10$ après une interpolation (sur α) pour la poutre centrale N°3.

On remarque bien que les K_i sont symétriques par rapport à $e=0$. Les deux premières lignes sont recopiées directement des tables de Massonnet. Ensuite la dernière ligne est obtenue après interpolation sur α .

2^{ème} cas: Tableau pour $\theta_2 = 1,20$

$\theta_2=1,2$									
e	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
K_0	0,6677	0,0199	0,8805	2,0050	2,7541	2,0050	0,8805	0,0199	-0,6677
K_1	0,3352	0,5233	0,8834	1,4614	1,9124	1,4614	0,8834	0,5233	0,3352
K_α	-0,0559	0,3270	0,8823	1,6734	2,2407	1,6734	0,8823	0,3270	0,0559

Tableau N°7: K en fonction de e pour $\alpha=1,20$ après une interpolation (sur α) pour la poutre centrale N°3.

Notre cas est pour $\theta = 1,15$. On utilise la dernière ligne de chaque tableau et on interpole par rapport à θ , à savoir:

$$K|_{\theta=1,15} = \frac{1}{2} (K|_{\theta=1,10} + K|_{\theta=1,20}).$$

$\theta=1,15$									
e	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
K	-0,0361	0,3590	0,9058	1,6466	2,1595	1,6466	0,9058	0,3590	-0,0361

Tableau N°8: K en fonction de e après tous les interpolations.

Les valeurs trouvées sont arrondis à 2 chiffres après la virgule pour qu'on puisse tracer la courbe de K.

e	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
K	-0,04	0,36	0,91	1,65	2,16	1,65	0,91	0,36	-0,04

Tableau N°9: Valeurs arrondies de K en fonction de e.

On remarque bien qu'il existe une symétrie par rapport à $e = 0$. On trace la courbe de $K=K(e)$, qui est ainsi symétrique par rapport à l'axe longitudinale du pont (figure 14).

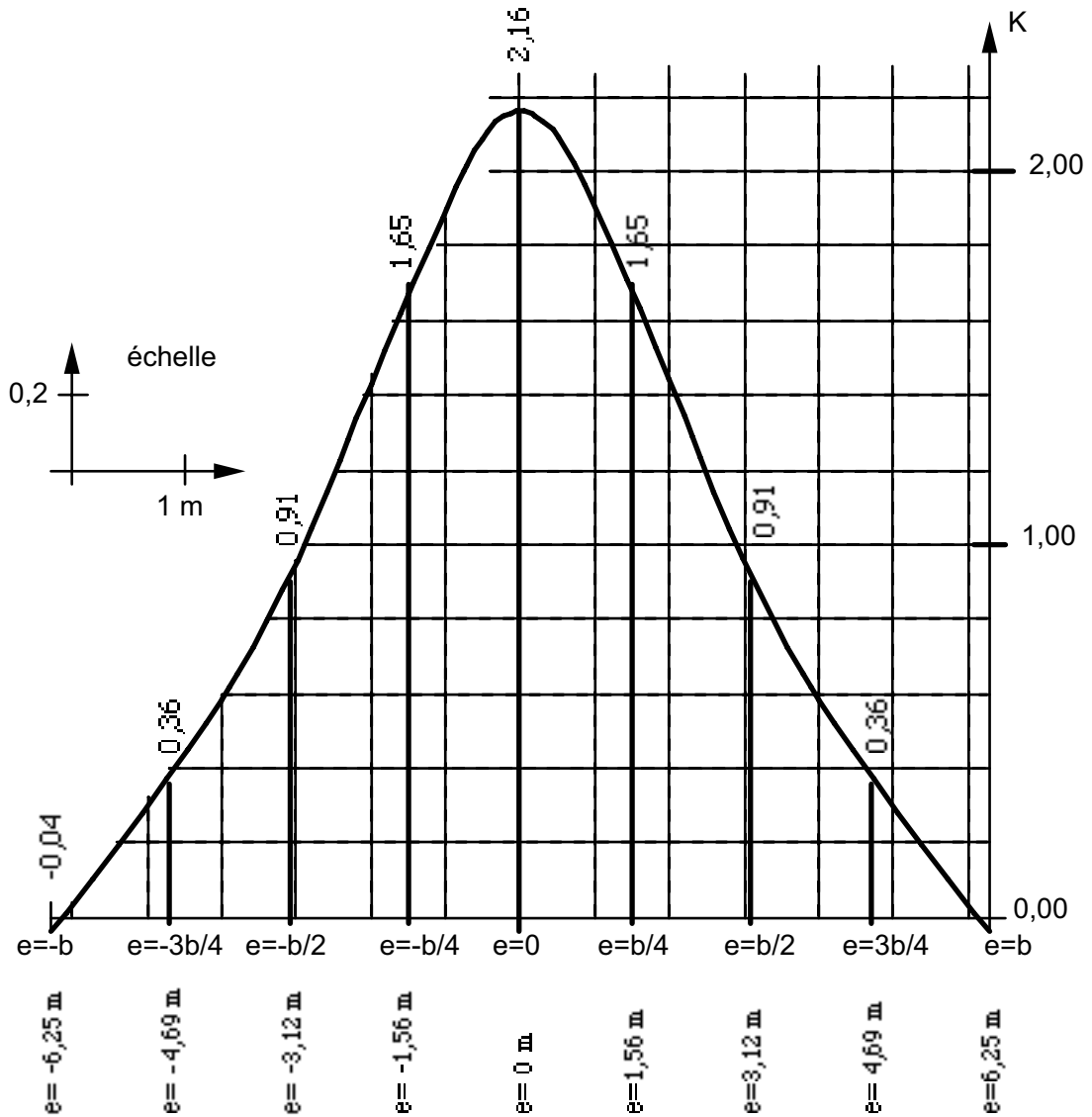


Figure 14: Courbe de K en fonction de e pour la poutre centrale (N°3).

b) Détermination des CRT

➤ Caractéristiques du pont

Le pont conserve les mêmes caractéristiques, à savoir:

$L_{ch} = L_r = 9,50 \text{ m}$

$N_v = 3 \text{ voies et } V = 3,17 \text{ m}$

Pont de la 1^{ère} classe

➤ Charge A1 (figure 15).

1^{er} cas: 1 voie chargée $L_{A1} = 3,17 \text{ m}$ $a_1 = 1$

$$K_{A1} = \frac{\omega_{A1}}{L_{A1}} = 2 \frac{1}{L_{A1}} \left[\frac{1}{2} \left(K(e=0) + K\left(e=\frac{V}{2}\right) \right) \right] \frac{V}{2}$$

$$= \frac{1}{L_{A1}} \left[K(e=0) + K\left(e=\frac{b}{4}\right) \right] \frac{b}{4} = \frac{1}{3,17} [2,16 + 1,65] \frac{6,25}{4} = 1,88$$

$$\eta_{A1} = \frac{K_{A1}}{n} = \frac{1,88}{5} = 0,38$$

$$a_1 \cdot \eta_{Al} \cdot L_{Al} = 1 \cdot 0,38 \cdot 3,17 = 1,19$$

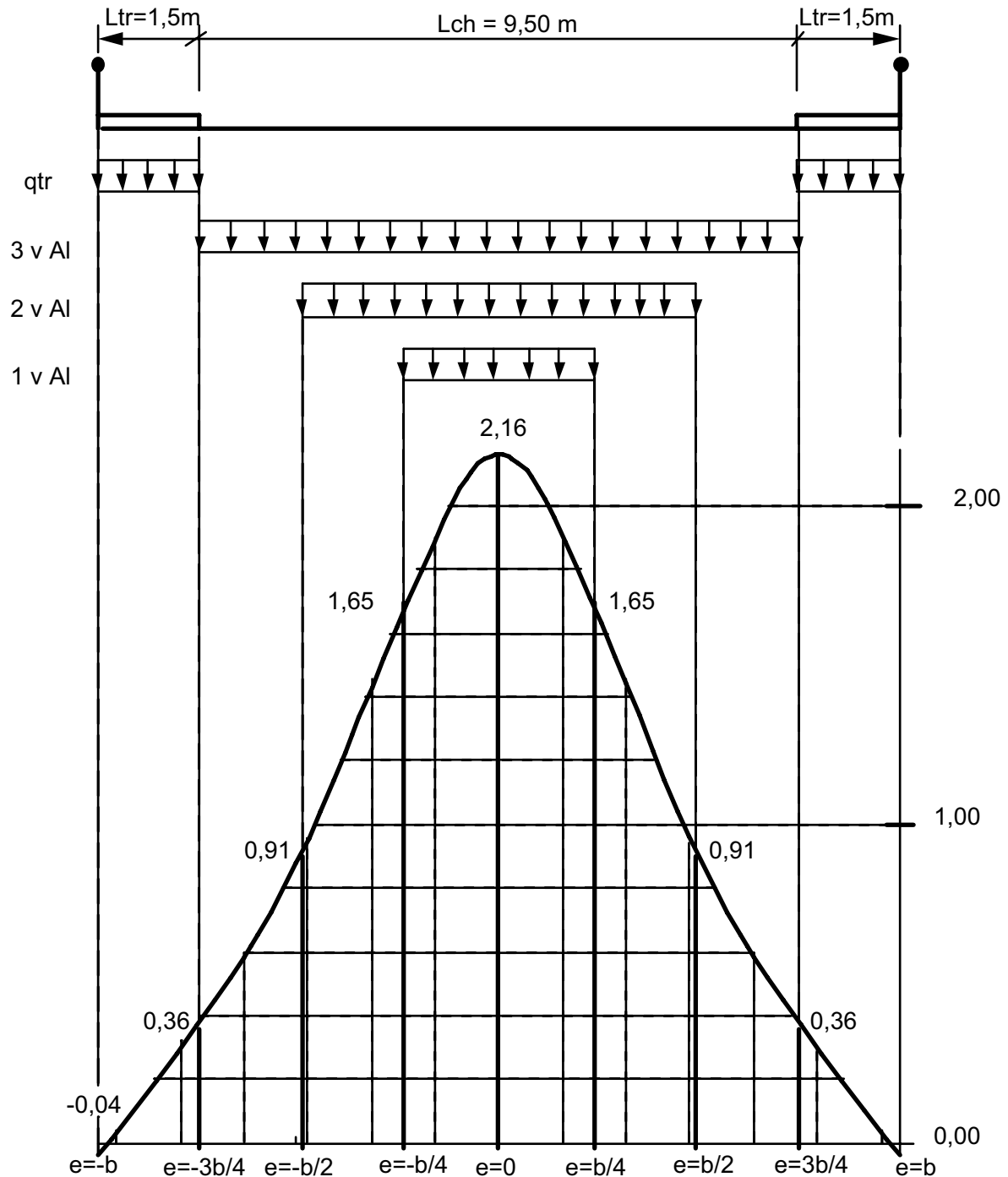


Figure 15: Chargement de Al et de qtr sur la Li de K pour la poutre N°3.

2^{ème} cas: 2 voies chargées $L_{Al} = 6,33 \text{ m}$ $1 \text{ V} = 3,17 \text{ m}$ $a_1 = 1$

$$\begin{aligned} K_{Al} &= \frac{\omega_{Al}}{L_{Al}} = 2 \frac{1}{L_{Al}} \left[\frac{1}{2} \left(K(e=0) + K(e=\frac{b}{4}) \right) \frac{b}{4} + \frac{1}{2} \left(K(e=\frac{b}{4}) + K(e=V) \right) \left(V - \frac{b}{4} \right) \right] \\ &= 2 \frac{1}{L_{Al}} \left[\frac{1}{2} K(e=0) + K(e=\frac{b}{4}) + \frac{1}{2} K(e=\frac{b}{2}) \right] \frac{b}{4} \\ &= 2 \frac{1}{6,33} \left[\frac{1}{2} 2,16 + 1,65 + \frac{1}{2} 0,91 \right] \frac{6,25}{4} = 1,57 \end{aligned}$$

$$\eta_{Al} = \frac{K_{Al}}{n} = \frac{1,57}{5} = 0,31$$

$$a_1 \cdot \eta_{Al} \cdot L_{Al} = 1 \cdot 0,31 \cdot 6,33 = 1,96$$

3^{ème} cas: 3 voies chargées $L_{AI} = L_{ch} = 9,50 \text{ m}$ $a_1 = 0,9$

$$K_{AI} = \frac{\omega_{AI}}{L_{AI}}$$

$$= 2 \frac{1}{L_{AI}} \left[\frac{1}{2} K(e=0) + K(e=\frac{b}{4}) + K(e=\frac{b}{2}) + \frac{1}{2} K(e=\frac{3b}{4}) \right] \frac{b}{4}$$

$$= 2 \frac{1}{9,5} \left[\frac{1}{2} 2,16 + 1,65 + 0,91 + \frac{1}{2} 0,36 \right] \frac{6,25}{4}$$

$$= 1,26$$

$$\eta_{AI} = \frac{K_{AI}}{n} = \frac{1,26}{5} = 0,25$$

$$a_1 \cdot \eta_{AI} \cdot L_{AI} = 0,9 \cdot 0,25 \cdot 9,50 = 2,14$$

Il est clair que ce dernier cas est le plus défavorable. Donc à retenir:

$$\boxed{\eta_{AI} = 0,25 \quad \text{avec} \quad L_{AI} = 9,50 \text{ m} \quad \text{et} \quad a_1 = 0,90}$$

➤ Charge q_{tr} (figure 15)

Les deux trottoirs sont tous chargés

$$K_{tr} = \frac{\omega_{tr}}{L_{tr}} = 2 \frac{1}{L_{tr}} \left[K(e=b) + K(e=b-L_{tr}) \right] \frac{L_{tr}}{L_{tr}} = K(e=b) + K(e=3b/4) = -0,04 + 0,36 = 0,32$$

Le CRT η_{tr} est:

$$\eta_{tr} = \frac{K_{tr}}{n} = \frac{0,32}{5} = 0,06$$

$$\boxed{\eta_{tr} = 0,06 \text{ avec } L_{tr} = 1,50 \text{ m.}}$$

➤ Charge B_c (figure 16)

C'est le cas le plus difficile à traiter. Tout d'abord, comme pour la poutre N°1, le coefficient bc dépend du nombre de files de camions à placer (chapitre 2).

Pont de la 1 ^{ère} classe	1 file	$bc=1,2$
	2 files	$bc=1,1$
	3 files	$bc=0,95$

En plus de cette variation de bc , le choix de l'emplacement des files est essentiel pour avoir le cas le plus défavorable parce que la maximum de la courbe de K est sur l'axe centrale ($e=0$); dans chaque cas de n files de B_c , il faut trouver la position la plus défavorable.

1^{er} cas: 1 file de B_c $bc = 1,2$

Il suffit de vérifier 2 dispositions:

- Une file de roues placée sur l'axe centrale
- Deux files symétriques par rapport à l'axe central.

1^{ère} disposition: 1 file de roues placée sur l'axe centrale, l'autre file distant de 2,00 m est placée à droite (ou à gauche) de la première file.

$$K_{Bc} = \frac{1}{2} (K_1 + K_2) = \frac{1}{2} (2,16 + 1,44) = 1,80$$

$$\eta_{Bc} = \frac{K_{Bc}}{n} = \frac{1,80}{5} = 0,36$$

$$bc \cdot \eta_{Bc} = 1,2 \cdot 0,36 = 0,43$$

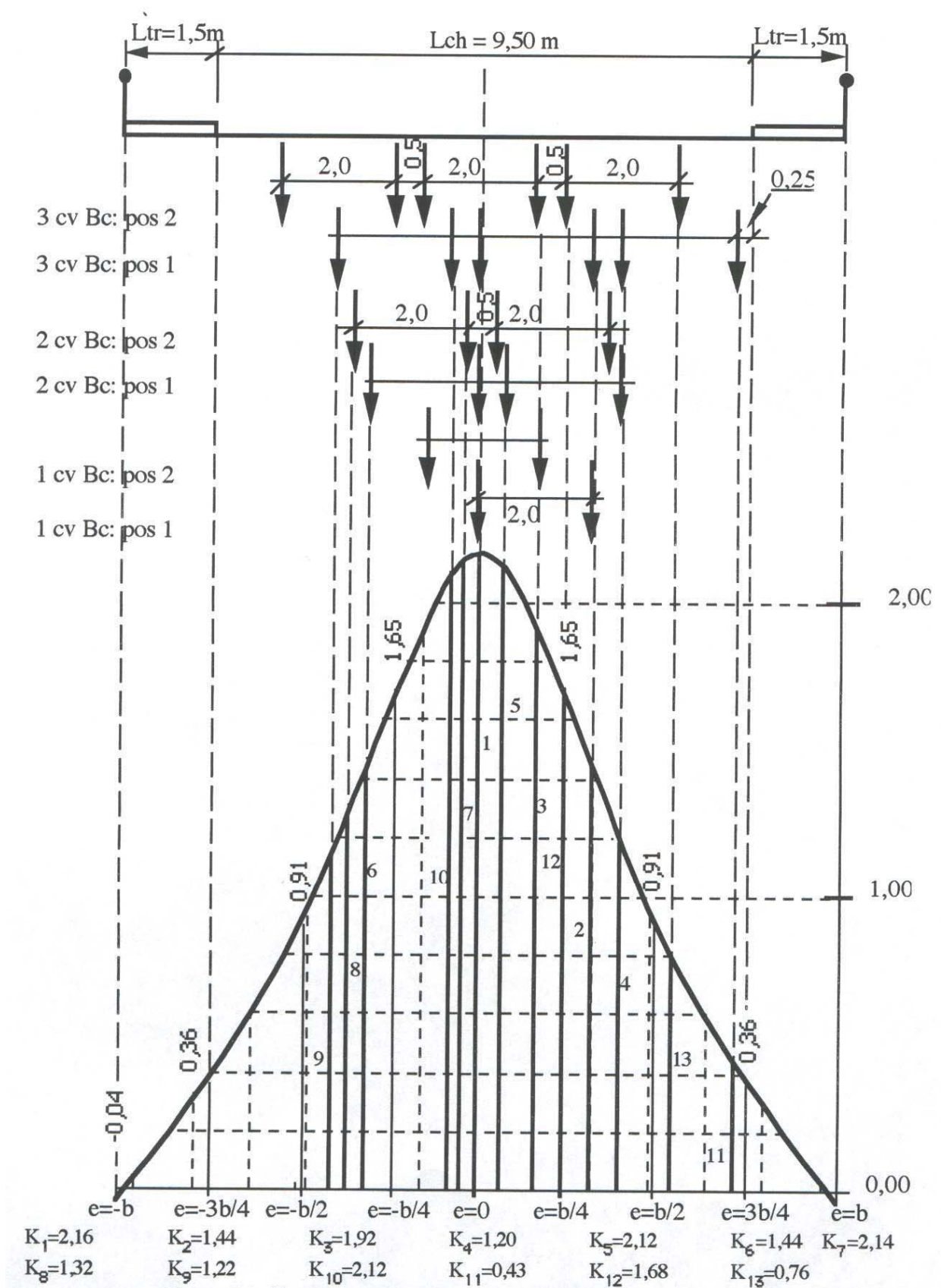


Figure 16: Chargement de Bc sur la Li de la poutre centrale (N°3)

2ème disposition: 2 files de roues placées symétriquement par rapport à l'axe centrale.

$$K_{Bc} = 2 \frac{1}{2} K_3 = K_3 = 1,94$$

$$\eta_{Bc} = \frac{K_{Bc}}{n} = \frac{1,94}{5} = 0,39$$

$$bc \cdot \eta_{Bc} = 1,2 \cdot 0,39 = 0,46$$

A retenir pour le 1er cas $bc \cdot \eta_{Bc} = 0,46$

2ème cas: 2 files de Bc $bc = 1,1$

On vérifie 2 dispositions les plus logiques:

- Une des files de roues adjacente au 2ème camion est placée sur l'axe central
- les 2 convois de Bc placés symétriquement par rapport à l'axe central.

1ère disposition: Une des files de roues adjacente au 2ème camion est placée sur l'axe centrale

$$K_{Bc} = \frac{1}{2} (K_4 + K_5 + K_1 + K_6) = \frac{1}{2} (1,20 + 2,12 + 2,16 + 1,44) = 3,46$$

$$\eta_{Bc} = \frac{K_{Bc}}{n} = \frac{3,46}{5} = 0,69$$

$$bc \cdot \eta_{Bc} = 1,1 \cdot 0,69 = 0,76$$

2ème disposition: les 2 convois de Bc placés symétriquement par rapport à l'axe centrale

$$K_{Bc} = 2 \frac{1}{2} (K_7 + K_8) = K_7 + K_8 = 2,14 + 1,32 = 3,46$$

$$\eta_{Bc} = \frac{K_{Bc}}{n} = \frac{3,46}{5} = 0,69$$

$$bc \cdot \eta_{Bc} = 1,1 \cdot 0,69 = 0,76 \quad \text{même résultat que la 1ère disposition}$$

A retenir pour le 2ème cas $bc \cdot \eta_{Bc} = 0,76$

3ème cas: 3 files de Bc $bc = 0,95$

On vérifie 2 dispositions les plus logiques:

- Une des files de roues adjacente à un camion est placée sur l'axe central
- Les 3 convois de Bc placés symétriquement par rapport à l'axe central.

1ère disposition: Une des files de roues adjacente à un camion est placée sur l'axe centrale

$$K_{Bc} = \frac{1}{2} (K_9 + K_{10} + K_1 + K_2 + K_4 + K_{11})$$
$$= \frac{1}{2} (1,22 + 2,12 + 2,16 + 1,44 + 1,20 + 0,43) = 4,28$$

$$\eta_{Bc} = \frac{K_{Bc}}{n} = \frac{4,28}{5} = 0,86$$

$$bc \cdot \eta_{Bc} = 0,95 \cdot 0,86 = 0,82$$

2ème disposition: Les 3 convois de Bc placés symétriquement par rapport à l'axe centrale.

$$K_{Bc} = 2 \frac{1}{2} (K_3 + K_{12} + K_{13}) = 1,92 + 1,68 + 0,76 = 4,36$$

$$\eta_{Bc} = \frac{K_{Bc}}{n} = \frac{4,36}{5} = 0,87$$

$$bc \cdot \eta_{Bc} = 0,95 \cdot 0,87 = 0,83$$

A retenir pour le 3ème cas $bc \cdot \eta_{Bc} = 0,83$

Donc le cas le plus défavorable est déterminé d'après le 3ème cas avec sa 2ème disposition qui donne un CRT pour la charge Bc: $\eta_{Bc} = 0,87$ avec $bc = 0,95$

*Charge Mc80

1er cas: Une chenille dont l'extrémité est sur l'axe central, l'autre à 1,95 m.

$$K_{Mc} = \frac{1}{4}(K_1 + K_2 + K_3 + K_4) = \frac{1}{4}(2,16 + 2,00 + 1,06 + 0,70) = 1,48$$

$$\eta_{Mc} = \frac{K_{Mc}}{n} = \frac{1,48}{5} = 0,30$$

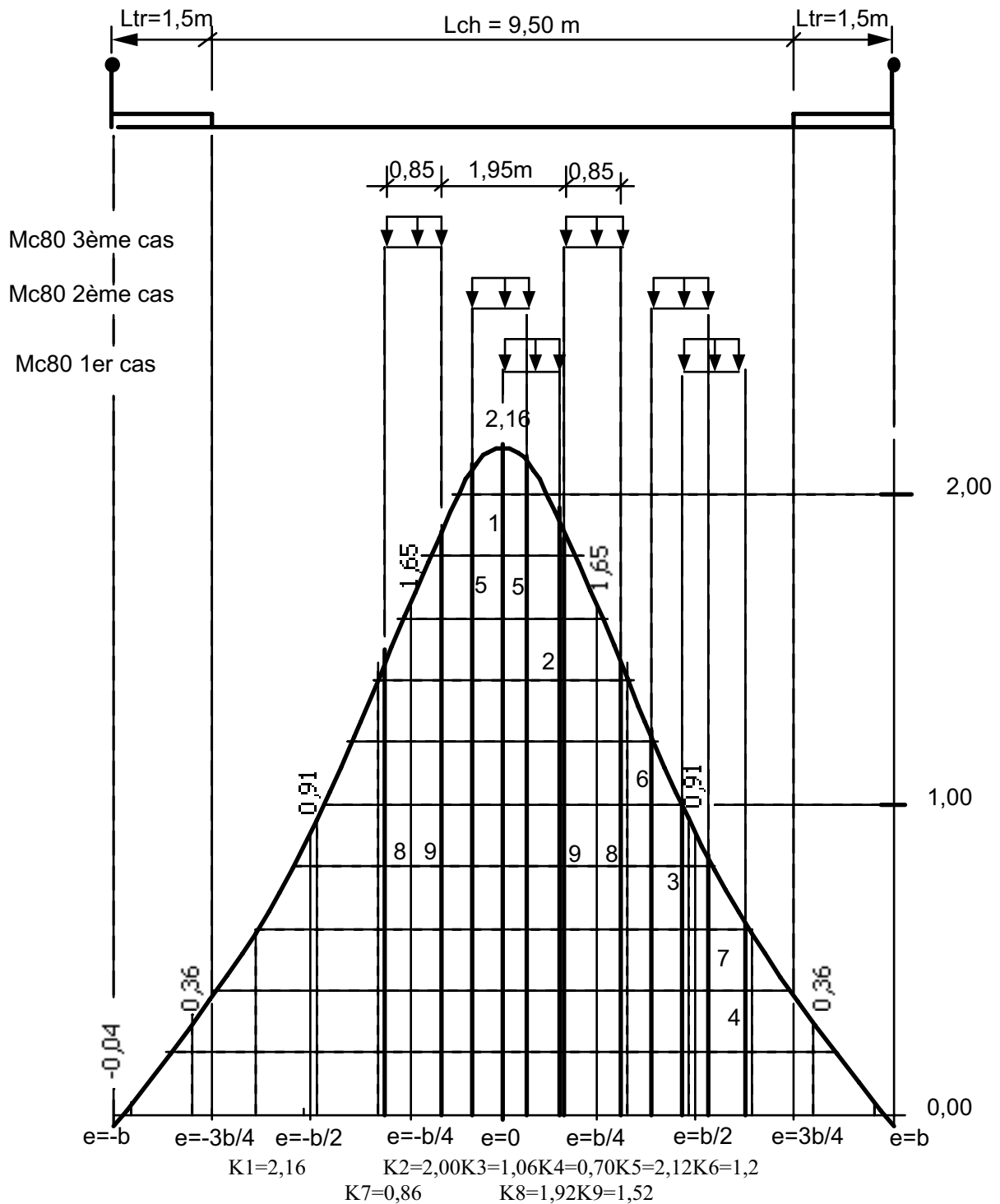


Figure 17: Chargement par Mc80 sur la Li de la poutre centrale (N°3)

2ème cas: Une chenille sur l'axe centrale, l'autre à 1,95 m

$$K_{Mc} = \frac{1}{4}(2 K_5 + K_6 + K_7) = \frac{1}{4}(2 \cdot 2,12 + 1,28 + 0,86) = 1,595$$

$$\eta_{Mc} = \frac{K_{Mc}}{n} = \frac{1,595}{5} = 0,32$$

3ème cas: 2 chenilles symétriques

$$K_{Mc} = 2 \frac{1}{4} (K_8 + K_9) = \frac{1}{2} (K_8 + K_9) = \frac{1}{2} (1,92 + 1,52) = 1,72$$

$$\eta_{Mc} = \frac{K_{Mc}}{n} = \frac{1,72}{5} = 0,34$$

Le cas le plus défavorable est le 3ème cas. A retenir

$$\eta_{Mc} = 0,34 \quad \text{avec} \quad \text{longitudinalement, } P=72t \quad \text{et} \quad L_{Mc}=0,85 \text{ m}$$

Tableau de comparaison des CRT pour les deux poutres.

Charge	Poutre de rive N°1	Poutre centrale N°3
Al ($a_1 \cdot \eta_{Al} \cdot L_{Al}$)	1,38	2,14
qtr (η_{tr})	0,72	0,06
Bc ($bc \cdot \eta_{Bc}$)	0,55	0,83
Mc80	0,35	0,34

Sauf pour le cas de la charge des trottoirs, la poutre centrale (N°3) prend plus de charge que la poutre de rive (N°1).

Nous choisissons les valeurs les plus défavorables pour calculer une poutre unique (poutre modèle). Ainsi, **toutes les poutres auront le même ferrailage.**

Remarque : Cette méthode de Guyon-Massonnet est aussi employée en Angleterre et aux USA [13].

Références relatives à l'Annexe 1 du chapitre 3

- [1] Y. Guyon, "Calcul des Ponts Large à Poutres Multiples Solidarisées par des Entretoises", Annales des Ponts et Chaussées de France, 1946. pp 553-612.
- [2] Ch. Massonnet, "Contribution au Calcul des Ponts à Poutres Multiples", Annales des Travaux Publics de Belgique. Juin, Oct et Déc 1950, pp 374-424, 749-800, 927-964.
- [3] Ch. Massonnet, "Compléments à la Méthode de Calcul des Ponts à Poutres Multiples", Annales de l'ITBTP, N°169, Jan 1962, pp 1-36.
- [4] R. Bares et Ch. Massonnet, "le Calcul des Grillages de Poutres et Dalles Orthotropes", Dunod, Paris 1966. Code ENIT: D13.
- [6] G. Pissarenko et al., "Aide-mémoire de Résistance Des Matériaux", 1975. Traduit du russe par M. Segasayo, Ed. Mir Moscou. 1979. pp 62-64. Code ENIT: C896.
- [7] SETRA, "VIPP: Viaduc à travée Indépendante à Poutres de béton Précontraint", Calcul automatique, Pièce: 2.5, Méthode de calcul, 2ème partie: Calcul des efforts. pp 9-28.
- [8] A. Sâada, "Elasticity: Theory and Application", Ed. Pergamon Press Inc, NY, USA, 1974. p 289-295. (en Anglais).
- [9] K. Sattler, "Betrachtungen zum Berechnungsverfahren von Guyon-Massonnet für freiliegende Trägerroste und Erweiterung dieses Verfahrens auf Beliebig Systeme", Bauingenieur 30, N°3. 1955. (en Allemand).
- [10] J. A. Calgaro, "Calcul Pratique des Dalles Minces", Master Ouvrages d'Art, ENPC, 1987. pp 21-37
- [11] J.A. Calgaro et M. Virlogeux, "Projet et Construction des Ponts: Analyse des Tabliers des Ponts", Presses de l'ENPC, Paris, 1988. pp 162-169. Code ENIT: D1430.
- [12] Réunion des Ingénieurs, "Cours de Ponts", Eyrolles, Collection cours chez soi, 1977. Code ENIT: D270.
- [13] R.A. Cuseus et R.P. Pama, "Bridge Deck Analysis", Chap 2-4, ed. J.Wiley & Sons, London, NY, 1975. pp 29-132 (en Anglais). Code ENIT: D1187.

ANNEXE 2 au Chapitre 2

Tables de Guyon-Massonnet

pour le calcul du CRT

Les valeurs de K_0 et K_1 peuvent être calculées à l'aide des formules suivantes [3]:

$$K_0 = 2 \lambda b \frac{1}{\text{sh}^2(2.\lambda b) - \sin^2(2.\lambda b)} [a'.A + b'.(B_1 + B_2)]$$

$$a' = 2 \text{ch}(\lambda(y+b)) \cos(\lambda(y+b))$$

$$A = \text{sh}(2.\lambda b) \cos(\lambda(b+e)) \text{ch}(\lambda(b-e)) - \sin(2.\lambda b) \text{ch}(\lambda(b+e)) \cos(\lambda(b-e))$$

$$b' = \text{ch}(\lambda(y+b)) \sin(\lambda(y+b)) + \text{sh}(\lambda(y+b)) \cos(\lambda(y+b))$$

$$B_1 = \text{sh}(2.\lambda b) [\sin(\lambda(b+e)) \text{ch}(\lambda(b-e)) - \cos(\lambda(b+e)) \text{sh}(\lambda(b-e))]]$$

$$B_2 = \sin(2.\lambda b) [\text{sh}(\lambda(b+e)) \cos(\lambda(b-e)) - \text{ch}(\lambda(b+e)) \sin(\lambda(b-e))]]$$

$$\lambda = \frac{\pi}{L\sqrt{2}} \sqrt[4]{\frac{\rho_P}{\rho_E}}$$

$$K_1 = \frac{\sigma}{2.\text{sh}^2(\sigma)} [C - D + E + F]$$

Avec C, D, E et F les fonctions suivantes:

$$C = \text{ch}(\theta.\chi) (\sigma \text{ch}(\sigma) + \text{sh}(\sigma)).$$

$$D = \theta \chi \text{sh}(\sigma) \text{sh}(\theta \chi)$$

$$E = \frac{R_\beta \cdot R_\psi}{3 \text{sh}(\sigma) \text{ch}(\sigma) - \sigma}$$

$$F = \frac{Q_\beta \cdot Q_\psi}{3 \text{sh}(\sigma) \text{ch}(\sigma) + \sigma}$$

En posant

$$R_u = \text{ch}(\theta u) (\sigma \text{ch}(\sigma) - \text{sh}(\sigma)) - \theta u \text{sh}(\sigma) \text{sh}(\theta u)$$

$$Q_u = \text{sh}(\theta u) (2 \text{sh}(\sigma) + \sigma \text{ch}(\sigma)) - \theta u \text{sh}(\sigma) \text{ch}(\theta u)$$

u: indice remplaçant β ou ψ .

$$\text{et } \theta = \frac{b}{L} \sqrt[4]{\frac{\rho_P}{\rho_E}} \quad \psi = \frac{\pi e}{b} \quad \beta = \frac{\pi y}{b} \quad \sigma = \theta \pi \quad \text{et} \quad \chi = \pi - |\beta - \psi|$$

Remarque importante: Pour le calcul de K_0 , lorsque $e \leq y$ changer y en -y et e en -e.

Ces formules sont très utiles lors d'une programmation pour un calcul informatique. En effet, il existe pas de programme de calcul dans certains bureaux d'études de type « fait-maison » qui calcule directement le CRT (tel que programme Guyon ou Transv). Mais pour les calculs à la main, il vaut mieux utiliser les tables suivantes établies par Massonnet [3].

$\theta=0,05$		$\alpha = 0 \Rightarrow K_0$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
b/4	0,2500	0,4375	0,6249	0,8125	1,0000	1,1876	1,3750	1,5626	1,7501
b/2	- 0,5001	0,1250	0,2499	0,6249	1,0000	1,3751	1,7502	2,1251	2,5001
3b/4	- 1,2501	- 0,6876	- 0,1251	- 0,4374	1,0000	1,5626	2,1252	2,6877	3,2503
b	- 2,0001	- 1,2501	- 0,5001	0,2499	1,0000	1,7501	2,5002	3,2502	4,0003
$\theta=0,05$		$\alpha = 1 \Rightarrow K_1$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
b/4	0,9969	0,9978	0,9985	0,9992	1,0000	1,0008	1,0015	1,0023	1,0030
b/2	0,9938	0,9954	0,9969	0,9985	1,0000	1,0015	1,0031	1,0046	1,0061
3b/4	0,9908	0,9931	0,9954	0,9978	1,0000	1,0023	1,0046	1,0069	1,0092
b	0,9878	0,9908	0,9938	0,9969	1,0000	1,0030	1,0061	1,0092	1,0124

$\theta=0,10$		$\alpha = 0 \Rightarrow K_0$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,9993	0,9997	1,0001	1,0003	1,0005	1,0003	1,0001	0,9997	0,9993
b/4	0,2495	0,4373	0,6250	0,8127	1,0004	1,1879	1,3751	1,5622	1,7493
b/2	- 0,5000	- 0,1250	0,2500	0,6250	1,0001	1,3751	1,7501	2,1249	2,4997
3b/4	- 1,2494	- 0,6872	- 0,1250	0,4373	0,9997	1,5622	2,1249	2,6877	3,2505
b	- 1,9988	- 1,2494	- 0,5000	0,2495	0,9993	1,7493	2,4997	3,2505	4,0014
$\theta=0,10$		$\alpha = 1 \Rightarrow K_1$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,9993	0,9997	1,0001	1,0003	1,0005	1,0003	1,0001	0,9997	0,9993
b/4	0,9873	0,9906	0,9938	0,9971	1,0003	1,0034	1,0063	1,0090	1,0116
b/2	0,9756	0,9816	0,9877	0,9938	1,0001	1,0063	1,0124	1,0183	1,0241
3b/4	0,9641	0,9728	0,9816	0,9906	0,9997	1,0090	1,0183	1,0276	1,0369
b	0,9527	0,9641	0,9756	0,9873	0,9993	1,0116	1,0241	1,0369	1,0498

$\theta=0,15$		$\alpha = 0 \Rightarrow K_0$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,9963	0,9983	1,0003	1,0018	1,0025	1,0018	1,0003	0,9983	0,9963
b/4	0,2475	0,4362	0,6250	0,8136	1,0018	1,1892	1,3755	1,5612	1,7466
b/2	- 0,5003	- 0,1252	0,2499	0,6250	1,0003	1,3755	1,7504	2,1247	2,4988
3b/4	- 1,2474	- 0,6864	- 0,1252	0,4363	0,9984	1,5612	2,1247	2,6887	3,2526
b	- 1,9944	- 1,2474	- 0,5003	0,2475	0,9963	1,7466	2,4988	3,2526	4,0075
$\theta=0,15$		$\alpha = 1 \Rightarrow K_1$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,9969	0,9986	1,0002	1,0016	1,0021	1,0016	1,0002	0,9986	0,9969
b/4	0,9708	0,9784	0,9862	0,9940	1,0016	1,0084	1,0143	1,0194	1,0243
b/2	0,9459	0,9590	0,9724	0,9862	1,0002	1,0143	1,0279	1,0406	1,0529
3b/4	0,9219	0,9403	0,9590	0,9784	0,9986	1,0194	1,0406	1,0617	1,0825
b	0,8985	0,9219	0,9459	0,9708	0,9969	1,0243	1,0529	1,0825	1,1126

$\theta=0,20$		$\alpha = 0 \Rightarrow K_0$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,9884	0,9948	1,0009	1,0057	1,0078	1,0057	1,0009	0,9948	0,9884
b/4	0,2421	0,4337	0,6251	0,8160	1,0057	1,1929	1,3767	1,5584	1,7394
b/2	-0,5008	-0,1257	0,2496	0,6251	1,0009	1,3767	1,7514	2,1242	2,4961
3b/4	-1,2418	-0,6839	-0,1257	0,4336	0,9948	1,5583	2,1242	2,6912	3,2581
b	-1,9823	-1,2418	-0,5008	0,2421	0,9884	1,7394	2,4961	3,2581	4,0236
$\theta=0,20$		$\alpha = 1 \Rightarrow K_1$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,9912	0,9960	1,0006	1,0044	1,0061	1,0044	1,0006	0,9960	0,9912
b/4	0,9468	0,9610	0,9755	0,9902	1,0044	1,0167	1,0257	1,0328	1,0392
b/2	0,9058	0,9281	0,9513	0,9755	1,0006	1,0257	1,0496	1,0708	1,0906
3b/4	0,8674	0,8972	0,9281	0,9610	0,9960	1,0320	1,0708	1,1086	1,1449
b	0,8305	0,8674	0,9058	0,9468	0,9912	1,0392	1,0906	1,1449	1,2009

$\theta=0,25$		$\alpha = 0 \Rightarrow K_0$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,9718	0,9874	1,0021	1,0138	1,0188	1,0138	1,0021	0,9874	0,9718
b/4	0,2309	0,4281	0,6251	0,8210	1,0138	1,2007	1,3791	1,5524	1,7244
b/2	-0,5019	-0,1267	0,2489	0,6251	1,0021	1,3791	1,7535	2,1230	2,4905
3b/4	-1,2302	-0,6789	-0,1267	0,4281	0,9874	1,5524	2,1230	2,6966	3,2696
b	-1,9571	-1,2302	-0,5019	0,2309	0,9718	1,7244	2,4905	3,2696	4,0574
$\theta=0,25$		$\alpha = 1 \Rightarrow K_1$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,9812	0,9912	1,0012	1,0095	1,0133	1,0095	1,0012	0,9912	0,9812
b/4	0,9156	0,9382	0,9619	0,9862	1,0095	1,0287	1,0407	1,0484	1,0546
b/2	0,8569	0,8899	0,9246	0,9619	1,0012	1,0407	1,0773	1,1079	1,1354
3b/4	0,8038	0,8456	0,8899	0,9382	0,9912	1,0484	1,1079	1,1669	1,2225
b	0,7539	0,8038	0,8569	0,9156	0,9812	1,0546	1,1354	1,2225	1,3133

$\theta=0,30$		$\alpha = 0 \Rightarrow K_0$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,9423	0,9742	1,0044	1,0283	1,0385	1,0283	1,0044	0,9742	0,9423
b/4	0,2109	0,4183	0,6252	0,8289	1,0283	1,2146	1,3833	1,5419	1,6975
b/2	-0,5038	-0,1284	0,2477	0,6252	1,0044	1,3833	1,7572	2,1209	2,4805
3b/4	-1,2094	-0,6698	-0,1284	0,4183	0,9742	1,5419	2,1209	2,7062	3,2901
b	-1,9123	-1,2095	-0,5038	0,2109	0,9423	1,6974	2,4805	3,2901	4,1177
$\theta=0,30$		$\alpha = 1 \Rightarrow K_1$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,9664	0,9840	1,0018	1,0173	1,0244	1,0173	1,0018	0,9840	0,9664
b/4	0,8776	0,9104	0,9453	0,9820	1,0173	1,0451	1,0591	1,0652	1,0689
b/2	0,8012	0,8453	0,8929	0,9453	1,0018	1,0591	1,1108	1,1508	1,1849
3b/4	0,7345	0,7876	0,8453	0,9104	0,9840	1,0652	1,1508	1,2351	1,3126
b	0,6733	0,7345	0,8012	0,8776	0,9664	1,0689	1,1849	1,3126	1,4474

$\theta=0,35$		$\alpha = 0 \Rightarrow K_0$								
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b	
0	0,8954	0,9532	1,0079	1,0514	1,0700	1,0514	1,0079	0,9532	0,8954	
b/4	0,1793	0,4027	0,6252	0,8437	1,0514	1,2369	1,3903	1,5250	1,6545	
b/2	-0,5067	-0,1311	0,2457	0,6252	1,0079	1,3903	1,7633	2,1176	2,4642	
3b/4	-1,1765	-0,6554	-0,1311	0,4027	0,9532	1,5250	2,1176	2,7215	3,3228	
b	-1,8411	-1,1765	-0,5067	0,1793	0,8954	1,6545	2,4642	3,3228	4,2142	
$\theta=0,35$		$\alpha = 1 \Rightarrow K_1$								
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b	
0	0,9466	0,9741	1,0025	1,0279	1,0399	1,0279	1,0025	0,9741	0,9466	
b/4	0,8340	0,8781	0,9261	0,9777	1,0279	1,0659	1,0807	1,0824	1,0808	
b/2	0,7408	0,7958	0,8568	0,9261	1,0025	1,0807	1,1496	1,1983	1,2369	
3b/4	0,6624	0,7255	0,7958	0,8781	0,9741	1,0824	1,1983	1,3115	1,4123	
b	0,5926	0,6624	0,7408	0,8340	0,9466	1,0808	1,2369	1,4123	1,6001	

$\theta=0,40$		$\alpha = 0 \Rightarrow K_0$								
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b	
0	0,8273	0,9225	1,0129	1,0851	1,1160	1,0851	1,0129	0,9225	0,8273	
b/4	0,1337	0,3801	0,6250	0,8637	1,0851	1,2696	1,4005	1,5005	1,5916	
b/2	-0,5106	-0,1350	0,2426	0,6250	1,0129	1,4005	1,7725	2,1128	2,4400	
3b/4	-1,1286	-0,6344	-0,1350	0,3801	0,9225	1,5005	2,1128	2,7438	3,3702	
b	-1,7381	-1,1286	-0,5106	0,1337	0,8273	1,5916	2,4400	3,3702	4,3560	
$\theta=0,40$		$\alpha = 1 \Rightarrow K_1$								
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b	
0	0,9220	0,9613	1,0031	1,0414	1,0601	1,0414	1,0031	0,9613	0,9220	
b/4	0,7862	0,8420	0,9043	0,9733	1,0414	1,0914	1,1051	1,0994	1,0893	
b/2	0,6778	0,7429	0,8171	0,9043	1,0031	1,1051	1,1931	1,2489	1,2893	
3b/4	0,5903	0,6613	0,7429	0,8420	0,9613	1,0994	1,2489	1,3940	1,5188	
b	0,5148	0,5903	0,6778	0,7862	0,9220	1,0893	1,2893	1,5188	1,7680	

$\theta=0,45$		$\alpha = 0 \Rightarrow K_0$								
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b	
0	0,7355	0,8811	1,0194	1,1304	1,1783	1,1304	1,0194	0,8811	0,7355	
b/4	0,0730	0,3495	0,6242	0,8902	1,1305	1,3144	1,4148	1,4671	1,5059	
b/2	-0,5152	-0,1402	0,2380	0,6242	1,0194	1,4148	1,7857	2,1063	2,4061	
3b/4	-1,0640	-0,6060	-0,1402	0,3495	0,8811	1,4671	2,1063	2,7708	3,4340	
b	-1,6003	-1,0640	-0,5152	0,0730	0,7355	1,5059	2,4061	3,4340	4,5496	
$\theta=0,45$		$\alpha = 1 \Rightarrow K_1$								
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b	
0	0,8933	0,9458	1,0032	1,0577	1,0850	1,0577	1,0032	0,9458	0,8933	
b/4	0,7355	0,8029	0,8804	0,9688	1,0577	1,1214	1,1318	1,1152	1,0938	
b/2	0,6142	0,6881	0,7748	0,8804	1,0032	1,1318	1,2405	1,3013	1,3400	
3b/4	0,5202	0,5969	0,6881	0,8029	0,9458	1,1152	1,3013	1,4809	1,6291	
b	0,4418	0,5202	0,6142	0,7355	0,8933	1,0938	1,3400	1,6291	1,9476	

$\theta=0,50$		$\alpha = 0 \Rightarrow K_0$								
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b	
0	0,6203	0,8288	1,0273	1,1877	1,2575	1,1877	1,0273	0,8288	0,6203	
b/4	-0,0021	0,3111	0,6223	0,9226	1,1877	1,3721	1,4336	1,4250	1,3968	
b/2	-0,5198	-0,1466	0,2317	0,6223	1,0273	1,4336	1,8038	2,0981	2,3613	
3b/4	-0,9828	-0,5703	-0,1466	0,3111	0,8288	1,4250	2,0981	2,8125	3,5140	
b	-1,4286	-0,9828	-0,5198	-0,0021	0,6203	1,3968	2,3613	3,5140	4,7981	
$\theta=0,50$		$\alpha = 1 \Rightarrow K_1$								
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b	
0	0,8609	0,9276	1,0028	1,0767	1,1146	1,0767	1,0028	0,9276	0,8609	
b/4	0,6834	0,7617	0,8547	0,9642	1,0767	1,1557	1,1603	1,1293	1,0937	
b/2	0,5516	0,6326	0,7308	0,8547	1,0028	1,1603	1,2911	1,3544	1,3376	
3b/4	0,4538	0,5340	0,6326	0,7617	0,9276	1,1293	1,3544	1,5704	1,7409	
b	0,3751	0,4538	0,5516	0,6834	0,8609	1,0937	1,3876	1,7409	2,1362	

$\theta=0,55$		$\alpha = 0 \Rightarrow K_0$								
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b	
0	0,4848	0,7666	1,0360	1,2556	1,3521	1,2556	1,0360	0,7666	0,4848	
b/4	-0,0883	0,2657	0,6183	0,9592	1,2556	1,4423	1,4571	1,3746	1,2654	
b/2	-0,5233	-0,1538	0,2230	0,6185	1,0360	1,4571	1,8274	2,0885	2,3046	
3b/4	-0,8871	-0,5279	-0,1538	0,2657	0,7666	1,3746	2,0885	2,8585	3,6081	
b	-1,2289	-0,8871	-0,5233	-0,0883	0,4848	1,2654	2,3046	3,6081	5,0997	
$\theta=0,55$		$\alpha = 1 \Rightarrow K_1$								
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b	
0	0,8255	0,9069	1,0016	1,0981	1,1489	1,0981	1,0016	0,9069	0,8255	
b/4	0,6309	0,7192	0,8275	0,9595	1,0981	1,1940	1,1902	1,1411	1,0889	
b/2	0,4916	0,5777	0,6859	0,8275	1,0016	1,1902	1,3443	1,4071	1,4308	
3b/4	0,3922	0,4737	0,5777	0,7192	0,9069	1,1411	1,4071	1,6611	1,8520	
b	0,3153	0,3922	0,4916	0,6309	0,8255	1,0889	1,4308	1,8520	2,3314	

$\theta=0,60$		$\alpha = 0 \Rightarrow K_0$								
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b	
0	0,3347	0,6968	1,0447	1,3316	1,4594	1,3316	1,0447	0,6968	0,3347	
b/4	-0,1808	0,2154	0,6119	0,9977	1,3316	1,5237	1,4853	1,3177	1,1155	
b/2	-0,5241	-0,1615	0,2117	0,6119	1,0447	1,4853	1,8575	2,0778	2,2358	
3b/4	-0,7808	-0,4806	-0,1615	0,2154	0,6968	1,3177	2,0778	2,9106	3,7122	
b	-1,0112	-0,7808	-0,5241	-0,1808	0,3347	1,1155	2,2358	3,7122	5,4480	
$\theta=0,60$		$\alpha = 1 \Rightarrow K_1$								
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b	
0	0,7878	0,8839	0,9996	1,1215	1,1878	1,1215	0,9996	0,8839	0,7878	
b/4	0,5792	0,6761	0,7992	0,9545	1,1215	1,2361	1,2207	1,1510	1,0792	
b/2	0,4349	0,5243	0,6410	0,7992	0,9996	1,2207	1,3994	1,4582	1,4686	
3b/4	0,3362	0,4171	0,5243	0,6761	0,8839	1,1510	1,4582	1,7518	1,9607	
b	0,2627	0,3362	0,4349	0,5792	0,7878	1,0792	1,4686	1,9607	2,5312	

$\theta=0,65$		$\alpha = 0 \Rightarrow K_0$								
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b	
0	0,1776	0,6223	1,0524	1,4121	1,5752	1,4121	1,0524	0,6223	0,1776	
b/4	-0,2731	0,1624	0,6014	1,0347	1,4121	1,6143	1,5180	1,2565	0,9520	
b/2	-0,5207	-0,1690	0,1974	0,6014	1,0524	1,5180	1,8946	2,0666	2,1547	
3b/4	-0,6691	-0,4303	-0,1690	0,1624	0,6223	1,2565	2,0666	2,9669	3,8208	
b	-0,7883	-0,6691	-0,5207	-0,2731	0,1776	0,9520	2,1547	3,8208	5,8338	
$\theta=0,65$		$\alpha = 1 \Rightarrow K_1$								
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b	
0	0,7485	0,8588	0,9965	1,1468	1,2310	1,1468	0,9965	0,8588	0,7485	
b/4	0,5289	0,6330	0,7702	0,9493	1,1468	1,2818	1,2516	1,1561	1,0648	
b/2	0,3823	0,4734	0,5966	0,7702	0,9965	1,2516	1,4559	1,5073	1,5005	
3b/4	0,2860	0,3648	0,4734	0,6330	0,8588	1,1561	1,5073	1,8418	2,0659	
b	0,2171	0,2860	0,3823	0,5289	0,7485	1,0648	1,5005	2,0659	2,7342	

$\theta=0,70$		$\alpha = 0 \Rightarrow K_0$								
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b	
0	0,0216	0,5464	1,0580	1,4938	1,6955	1,4938	1,0580	0,5464	0,0216	
b/4	-0,3589	0,1095	0,5862	1,0670	1,4938	1,7118	1,5548	1,1934	0,7809	
b/2	-0,5114	-0,1756	0,1798	0,5862	1,0580	1,5548	1,9393	2,0554	2,0618	
3b/4	-0,5575	-0,3794	-0,1756	0,1095	0,5464	1,1934	2,0554	3,0254	3,9282	
b	-0,5733	-0,5575	-0,5114	-0,3589	0,0216	0,7809	2,0618	3,9282	6,2464	
$\theta=0,70$		$\alpha = 1 \Rightarrow K_1$								
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b	
0	0,7080	0,8319	0,9923	1,1737	1,2783	1,1737	0,9923	0,8319	0,7080	
b/4	0,4808	0,5905	0,7407	0,9437	1,1737	1,3307	1,2824	0,1589	1,0461	
b/2	0,3342	0,4253	0,5535	0,7407	0,9923	1,2824	1,5134	1,5539	1,5262	
3b/4	0,2417	0,3171	0,4253	0,5905	0,8319	1,1589	1,5539	1,9305	2,1668	
b	0,1782	0,2417	0,3342	0,4808	0,7080	1,0461	1,5262	2,1668	2,9395	

$\theta=0,75$		$\alpha = 0 \Rightarrow K_0$								
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b	
0	-0,1260	0,4719	1,0606	1,5732	1,8138	1,5732	1,0606	0,4719	-0,1260	
b/4	-0,4324	0,0588	0,5657	1,0920	1,5732	1,8140	1,5951	1,1305	0,6074	
b/2	-0,4953	-0,1809	0,1589	0,5657	1,0606	1,5951	1,9919	2,0449	1,9577	
3b/4	-0,4508	-0,3299	-0,1809	0,0588	0,4719	1,1305	2,0449	3,0841	4,0292	
b	-0,3776	-0,4508	-0,4953	-0,4324	-0,1260	0,6074	1,9577	4,0292	6,6762	
$\theta=0,75$		$\alpha = 1 \Rightarrow K_1$								
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b	
0	0,6670	0,8035	0,9869	1,2018	1,3294	1,2018	0,9869	0,8035	0,6670	
b/4	0,4351	0,5490	0,7110	0,9377	1,2018	1,3825	1,3128	1,1584	1,0233	
b/2	0,2906	0,3804	0,5118	0,7110	0,9869	1,3128	1,5717	1,5976	1,5456	
3b/4	0,2030	0,2741	0,3804	0,5490	0,8035	1,1584	1,5976	2,0174	2,2628	
b	0,1452	0,2030	0,2906	0,4351	0,6670	1,0233	1,5456	2,2628	3,1462	

$\theta=0,80$		$\alpha = 0 \Rightarrow K_0$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	-0,2595	0,4010	1,0595	1,6478	1,9348	1,6478	1,0595	0,4010	-0,2595
b/4	-0,4898	0,0123	0,5394	1,1076	1,6478	1,9191	1,6383	1,0694	0,4362
b/2	-0,4719	-0,1844	0,1348	0,5394	1,0595	1,6383	2,0526	2,0353	1,8428
3b/4	-0,3530	-0,2834	-0,1844	0,0123	0,4010	1,0694	2,0353	3,1419	4,1195
b	-0,2094	-0,3530	-0,4719	-0,4898	-0,2595	0,4362	1,8428	4,1195	7,1154
$\theta=0,80$		$\alpha = 1 \Rightarrow K_1$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,6259	0,7738	0,9802	1,2308	1,3841	1,2308	0,9802	0,7738	0,6259
b/4	0,3923	0,5089	0,6812	0,9313	1,2308	1,4371	1,3426	1,1547	0,9971
b/2	0,2516	0,3389	0,4720	0,6812	0,9802	1,3426	1,6305	1,6381	1,5588
3b/4	0,1695	0,2358	0,3389	0,5089	0,7738	1,1547	1,6381	2,1023	2,3534
b	0,1177	0,1695	0,2516	0,3923	0,6259	0,9971	1,5588	2,3534	3,3539

$\theta=0,85$		$\alpha = 0 \Rightarrow K_0$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	-0,3753	0,3351	1,0539	1,7161	2,0493	1,7161	1,0539	0,3351	-0,3753
b/4	-0,5289	-0,0290	0,5074	1,1126	1,7161	2,0259	1,6839	1,0113	0,2705
b/2	-0,4412	-0,1858	0,1081	0,5074	1,0539	1,6839	2,1214	2,0271	1,7181
3b/4	-0,2663	-0,2409	-0,1858	-0,0290	0,3351	1,0113	2,0271	3,1979	4,1963
b	-0,0733	-0,2663	-0,4412	-0,5289	-0,3753	0,2705	1,7181	4,1963	7,5588
$\theta=0,85$		$\alpha = 1 \Rightarrow K_1$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,5852	0,7432	0,9723	1,2604	1,4420	1,2604	0,9723	0,7432	0,5852
b/4	0,3524	0,4703	0,6517	0,9242	1,2604	1,4941	1,3716	1,1478	0,9678
b/2	0,2170	0,3009	0,4343	0,6517	0,9723	1,3716	1,6897	1,6753	1,5660
3b/4	0,1409	0,2019	0,3009	0,4703	0,7432	1,1478	1,6753	2,1851	2,4385
b	0,0949	0,1409	0,2170	0,3524	0,5852	0,9678	1,5660	2,4385	3,5623

$\theta=0,90$		$\alpha = 0 \Rightarrow K_0$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	-0,4715	0,2749	1,0436	1,7771	2,1592	1,7771	1,0436	0,2749	-0,4715
b/4	-0,5493	-0,0646	0,4700	1,1070	1,7771	2,1334	1,7309	0,9565	0,1129
b/2	-0,4042	-0,1851	0,0792	0,4700	1,0436	1,7309	2,1980	2,0203	1,5843
3b/4	-0,1919	-0,2028	-0,1851	-0,0646	0,2749	0,9565	2,0203	3,2519	4,2579
b	0,0299	-0,1919	-0,4042	-0,5493	-0,4715	0,1129	1,5843	4,2579	8,0034
$\theta=0,90$		$\alpha = 1 \Rightarrow K_1$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,5452	0,7119	0,9631	1,2903	1,5028	1,2903	0,9631	0,7119	0,5452
b/4	0,3155	0,4335	0,6224	0,9164	1,2903	1,5534	1,3996	1,1380	0,9359
b/2	0,1864	0,2663	0,3987	0,6224	0,9631	1,3996	1,7493	1,7094	1,5677
3b/4	0,1166	0,1722	0,2663	0,4335	0,7119	1,1380	1,7094	2,2658	2,5180
b	0,0762	0,1166	0,1864	0,3155	0,5452	0,9359	1,5677	2,5180	3,7710

$\theta=0,95$		$\alpha = 0 \Rightarrow K_0$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	-0,5476	0,2205	1,0283	1,8308	2,2647	1,8308	1,0283	0,2205	-0,5476
b/4	-0,5520	-0,0942	0,4281	1,0911	1,8308	2,2413	1,7788	0,9051	-0,0352
b/2	-0,3619	-0,1823	0,0490	0,4281	1,0283	1,7788	2,2821	2,0152	1,4425
3b/4	-0,1299	-0,1694	-0,1823	-0,0942	0,2205	0,9051	2,0152	3,3040	4,3036
b	0,1017	-0,1299	-0,3619	-0,5520	-0,5476	-0,0352	1,4425	4,3036	8,4478
$\theta=0,95$		$\alpha = 1 \Rightarrow K_1$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,5064	0,6801	0,9526	1,3202	1,5662	1,3202	0,9526	0,6801	0,5064
b/4	0,2816	0,3985	0,5936	0,9079	1,3202	1,6148	1,4265	1,1255	0,9021
b/2	0,1596	0,2351	0,3654	0,5936	0,9526	1,4265	1,8092	1,7402	1,5641
3b/4	0,0961	0,1463	0,2351	0,3985	0,6801	1,1255	1,7402	2,3445	2,5920
b	0,0608	0,0961	0,1596	0,2316	0,5064	0,9021	1,5641	2,5920	3,9800

$\theta=1,00$		$\alpha = 0 \Rightarrow K_0$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	-0,6044	0,1715	1,0080	1,8775	2,3663	1,8775	1,0080	0,1715	-0,6044
b/4	-0,5391	-0,1183	0,3824	1,0658	1,8775	2,3492	1,8265	0,8567	-0,1726
b/2	-0,3161	-0,1774	0,0184	0,3824	1,0080	1,8265	2,3729	2,0116	1,2940
3b/4	-0,0796	-0,1402	-0,1774	-0,1183	0,1715	0,8567	2,0116	3,3546	4,3335
b	0,1460	-0,0796	-0,3161	-0,5391	-0,6044	-0,1726	1,2940	4,3335	8,8915
$\theta=1,00$		$\alpha = 1 \Rightarrow K_1$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,4688	0,6482	0,9410	1,3499	1,6320	1,3499	0,9410	0,6482	0,4688
b/4	0,2506	0,3656	0,5652	0,8985	1,3499	1,6781	1,4523	1,1105	0,8667
b/2	0,1363	0,2070	0,3342	0,5652	0,9410	1,4523	1,8696	1,7679	1,5557
3b/4	0,0789	0,1239	0,2070	0,3656	0,6482	1,1105	1,7679	2,4213	2,6605
b	0,0484	0,0789	0,1363	0,2506	0,4688	0,8667	1,5557	2,6605	4,1892

$\theta=1,10$		$\alpha = 0 \Rightarrow K_0$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	-0,6652	0,0880	0,9531	1,9518	2,5621	1,9518	0,9531	0,0880	-0,6652
b/4	-0,4770	-0,1515	0,2842	0,9925	1,9518	2,5643	1,9180	0,7675	-0,4129
b/2	-0,2209	-0,1626	-0,0403	0,2842	0,9531	1,9180	2,5717	2,0089	0,9824
3b/4	-0,0097	-0,0936	-0,1626	-0,1515	0,0880	0,7675	2,0089	3,4539	4,3474
b	0,1709	-0,0097	-0,2209	-0,4770	-0,6652	-0,4129	0,9824	4,3474	9,7780
$\theta=1,10$		$\alpha = 1 \Rightarrow K_1$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,3985	0,5848	0,9142	1,4075	1,7691	1,4075	0,9142	0,5848	0,3985
b/4	0,1969	0,3055	0,5103	0,8771	1,4075	1,8095	1,5003	1,0740	0,7931
b/2	0,0985	0,1593	0,2783	0,5103	0,9142	1,5003	1,9915	1,8145	1,5263
3b/4	0,0527	0,0882	0,1593	0,3055	0,5848	1,0740	1,8145	2,5695	2,7813
b	0,0303	0,0527	0,0985	0,1969	0,3985	0,7931	1,5263	2,7813	4,6078