

XII.12.2.1. Armatures passives longitudinales

Elles sont déterminées par le résultat la plus sévère des exigences d'armatures suivantes :

- Les armatures de peau ;
- Les armatures des zones tendues.

☞ Armatures de peau :

Pour toutes les pièces dont la plus grande dimension transversale excède 80 cm, on devra disposer des armatures de peau.

Les armatures de peau sont destinés à limiter les fissures probables sous l'action des phénomènes tels que le retrait différentiel avant la mise en précontrainte de la poutre. Elles sont disposées dans le sens parallèle à la fibre moyenne.

La section de ces armatures est calculée par la relation suivante :

$$A_p = \max \left(3\text{cm}^2; \frac{0,1.S}{100} \right)$$

Où $S = 87,15\text{cm}^2$: Aire de la section brute de la poutre.

$$\text{Donc : } A_p = \max \left(3\text{cm}^2; \frac{0,1.8715}{100} \right) = 8,71\text{cm}^2$$

☞ Armatures des zones tendues

Il est toujours nécessaire de disposer une section d'armatures minimale dans les parties de la section où le béton est tendu.

$$\text{Elles s'expriment par : } A_s = \frac{B_t}{1000} + \frac{N_{bt}.f_{tj}}{f_e.\sigma_{bt}}$$

Avec : B_t surface du béton tendu ; N_{bt} Effort normal dans la partie du béton tendu ; f_{tj} contraintes de traction du béton ; f_e limite d'élasticité de l'armature passive ; σ_{bt} correspond au valeur absolue de contrainte maximale de traction.

Notons que les valeurs des contraintes normales calculées dans la vérification de ces derniers montrent que toutes les sections sont presque tous comprimées, alors les armatures des zones tendues ne seront pas utiles.

Par suite, nous avons $A_l = A_p = 8,71\text{cm}^2$. Prenons 6HA14=9,24cm²

XII.12.2.2. Minimum d'armatures transversales

On disposera ce minimum d'armatures transversales, pour éviter une rupture fragile

due à l'effort tranchant qui doivent satisfaire la condition suivante : $\frac{A_t}{S_t} \geq \frac{0,6 \cdot b_0 \cdot \gamma_s}{f_e}$

L'écartement maximal S_t entre les armatures transversales doit vérifier la condition

suivante : $S_t \leq \min(0,8h_t; 3b_0; 1m)$

Avec : b_0 : épaisseur brute minimum de l'âme ;

$\gamma_s = 1,15$: limite d'élasticité de l'armature passive ;

$h_t = 2,1 m$: hauteur totale de la poutre.

En zone d'about : $b_0 = 0,30m$; $S_t = 0,90m$ et $A_t = 4,14cm^2$. Prenons 4HA12 = 4,52cm²

En zone médiane : $b_0 = 0,20m$; $S_t = 0,60m$ et $A_t = 2,76cm^2$. Prenons 4HA10 = 3,14cm²

XII.12.2.3. Vérification de la résistance des armatures transversales

L'effort tranchant est maximal dans la section d'about, donc on prévoit des armatures transversales suffisantes pour absorber les contraintes dues à ces efforts

Les règles BPEL imposent un minimum d'armatures d'âmes dans toutes les zones des de la poutre. Il est donné par la condition que :

$$\tau_{red,u} \leq \bar{\tau} = \frac{A_t}{b_n \cdot S_t} \cdot \frac{f_e}{\gamma_s \cdot \tan \beta} + \frac{f_{tj}}{3}$$

Calcul de $\tau_{red,u}$

Elle est obtenu par : $\tau_{red,u} = \frac{V_{red,u} \cdot S}{I_n \cdot b_n}$ avec $V_{red,u} = |V_u - \sum P_i \cdot \sin \alpha_i|$

Avec : $S = 0,36m^3$; $I_n = 0,52m^4$; $b_n = 0,30m$; $\sum P_i \cdot \sin \alpha_i = 2,06MN$; $V_u = 1,82MN$

On a : $V_{red,u} = 0,25MN$ d'où : $\tau_{red,u} = 0,58MN$

Calcul de $\bar{\tau}$

Elle est obtenu par : $\bar{\tau} = \frac{A_t}{b_n \cdot S_t} \cdot \frac{f_e}{\gamma_s \cdot \tan \beta} + \frac{f_{tj}}{3}$

$\beta=30^\circ$ Angle d'inclinaison des bielles découpées par fissures évalué par rapport à la fibre moyenne de la poutre au niveau du centre de gravité de la section

$$\text{Et : } \tan 2\beta = \frac{2\tau_{\text{red,u}}}{\sigma_x - \sigma_t} \text{ avec } \beta < 30^\circ$$

Avec: $S_t=0,90\text{m}$; $A_t=0,000414\text{m}^2$; $b_n=0,30\text{m}$; $f_e=500\text{MPa}$; $f_{t28}=3\text{MPa}$

On a: $\bar{\tau} = 2,15\text{MPa}$

Alors les armatures transversales résistant à l'effort tranchant.

XII.12.3. Justification des bielles comprimées de béton.

Cette condition est traduite, pour éviter tout calcul complémentaire, en une vérification de la contrainte de cisaillement agissant sur les sections droites de l'ouvrage.

$$\text{Il faut que : } \tau_{\text{red,u}} < \frac{0,85f_{cj}}{3\gamma_b} \cdot \sin 2\beta \text{ avec } \tau_{\text{red,u}} = \frac{V_{\text{red,u}} \cdot S}{I_n \cdot b_n}$$

$$\text{Pour } f_{c28}=40\text{MPa et } \gamma_b=1,5, \beta=30^\circ ; \text{ on a : } \tau_{\text{red,u}} = 0,58\text{MN} < \frac{0,85f_{cj}}{3\gamma_b} \cdot \sin 2\beta = 6,54\text{MN}$$

La condition est belle et bien vérifiée.

Chapitre XIII. Etude des appareils d'appui en élastomères frettés

Les tabliers de pont reposent sur leurs appuis par l'intermédiaire d'appareil d'appui, conçus pour transmettre les efforts essentiellement verticaux ou accompagnés d'efforts horizontaux. Il existe essentiellement quatre types d'appareils d'appui qui sont :

- ☞ Les articulations en béton ;
- ☞ Les appareils d'appui en élastomère fretté ;
- ☞ Les appareils d'appui spéciaux ;
- ☞ Les appareils d'appui métalliques.

Dans ce projet, on choisit des appareils d'appui en élastomère frettés (ces frettes sont en acier inoxydable).

XIII.1. Caractéristiques de l'Appareil d'appui

Les appareils d'appui sont généralement rectangulaires, les grands côtés étant perpendiculaires à l'axe longitudinal des poutres

Leurs principales dimensions et caractéristiques géométriques sont les suivantes :

- ☞ La surface en plan « A » et pouvant aller jusqu'à 100 x 100 mm² à 700 x 700 m
- ☞ La dimension longitudinale « a » ;
- ☞ La dimension transversale « b » ;
- ☞ Le nombre de feuillets intermédiaires « n » ;
- ☞ L'épaisseur « t_i » des feuillets d'élastomère : 8mm/10mm/12mm/16mm ;
- ☞ L'épaisseur des frettes : $1\text{mm} \leq t_s \leq 3\text{mm}$;
- ☞ Les enrobages extérieurs « e » prise égale à 2,5 mm ;
- ☞ L'épaisseur nominale totale de l'appareil d'appui "T_b"
- ☞ Le nombre des appareils d'appuis: "n' "
- ☞ Coefficient de forme C_f des appareils d'appui, donné par : $C_f = \frac{a.b}{2.t_i(a+b)}$

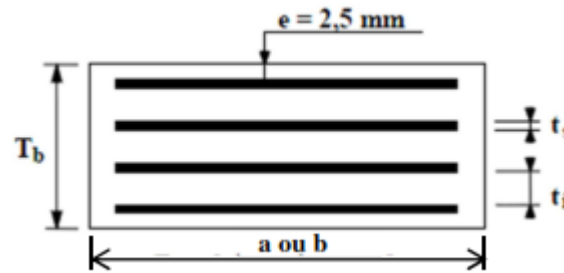


Figure 46. Schéma de l'appareil d'appui

Pour le calcul, on va choisir un appareil parmi la gamme des produits disponibles et effectuer les vérifications nécessaires pour cet appareil d'appui :

$$a = 400\text{mm}; b = 550\text{mm}; t_i = 12\text{mm}; t_s = 3\text{mm}; n = 4; n' = 3; T_b = 60\text{mm} \text{ et } C_f = \frac{a \cdot b}{2 \cdot t_i \cdot (a + b)} = 11,57$$

XIII.2. Coefficient de souplesse de chaque appui

XIII.2.1. Calcul du coefficient de souplesse de la pile

Pour les calculs, on a :

$f_{c28} = 25\text{MPa}$: Résistance minimale à la compression du béton

$E_{i28} = 11000 \cdot \sqrt[3]{f_{c28}} = 32164,19\text{MPa}$: Module d'élasticité instantané du béton

$E_{v28} = \frac{E_{i28}}{3} = 10721,39\text{MPa}$: Module d'élasticité différé du béton.

Pour les colonnes : $\frac{1}{K_{\text{colonne}}} = \frac{h_{\text{col}}^3}{3 \cdot n_{\text{col}} \cdot E \cdot I}$

→ $\Phi = 1,0\text{m}$: diamètre de la colonne

→ $I = \frac{\pi \Phi^4}{64} = 0,02\text{m}^4$: Moment d'inertie d'une colonne de la pile

→ $h_{\text{col}} = 8,45\text{m}$: la hauteur d'une colonne

→ $n_{\text{col}} = 3$: le nombre de colonne pour une pile

D'où : Instantanée : $\frac{1}{K_{\text{colonne}}} = 0,04\text{m/MN}$ et Différée : $\frac{1}{K_{\text{colonne}}} = 0,13\text{m/MN}$

Pour les chevêtres : $\frac{1}{K_{\text{chevêtre}}} = \frac{(h_{\text{ch}} + h_{\text{col}})^3 - h_{\text{col}}^3}{3 \cdot n_{\text{ch}} \cdot E \cdot I}$

→ $h_{\text{ch}} = 0,8\text{m}$: hauteur du chevrete

→ $b_{\text{ch}} = 1,2\text{m}$: Largeur du chevrete

→ $I = \frac{b_{\text{ch}} h_{\text{ch}}^3}{12} = 0,051\text{m}^4$: Moment d'inertie d'un chevrete

→ $n_{ch} = 1$: nombre chevette dans une pile

D'où : Instantanée : $\frac{1}{K_{chevette}} = 0,04 \text{ m/MN}$ et Différée : $\frac{1}{K_{chevette}} = 0,11 \text{ m/MN}$

Pour les appareils d'appui : $\frac{1}{K_{appui}} = \frac{T_b}{n' \cdot G \cdot a \cdot b}$

→ $G_i = 1,8 \text{ Mpa}$: module de cisaillement conventionnel instantané

→ $G_v = 0,9 \text{ MPa}$: module de cisaillement conventionnel différé

→ $n' = 3$; $a = 0,4 \text{ m}$; $b = 0,55 \text{ m}$; $T_b = 0,06 \text{ m}$

D'où : Instantanée : $\frac{1}{K_{appui}} = 0,05 \text{ m/MN}$ et Différée : $\frac{1}{K_{appui}} = 0,10 \text{ m/MN}$

Le coefficient de la pile est alors la somme du coefficient de souplesse des colonnes, du chevette et des appareils d'appui :

PILE		
Coefficient de souplesse $1/K_p$ en m/MN	Instantané	0,131
	Différé	0,343

Tableau 132. Coefficient de souplesse de la pile

XIII.2.2. Calcul du coefficient de souplesse de la culée

Le coefficient de souplesse de la culée demeure la même que celui des appareils d'appui.

CULEE		
Coefficient de souplesse $1/K_p$ en m/MN	Instantané	0,051
	Différé	0,101

Tableau 133. Coefficient de souplesse de la culée

XIII.3. Distributions des efforts horizontaux aux appuis

Les culées sont infiniment rigides, seuls les appareils d'appuis en élastomères se déforment.

Pour les piles seules les déformations des colonnes, chevette et appareil d'appui seront à considérer.

Les charges de chaussées, des systèmes $A(l)$ et B_c sont susceptibles de développer les réactions de freinage, effort s'exerçant sur la surface de la chaussée dans l'un ou l'autre sens de circulation.

XIII.3.1. Effort de freinage

☞ Du a la surcharge $A(l)$

Il s'exprime par : $H_A = \frac{1}{20+0,0035(L \times l_c)} [A(l) \times L \times l_c]$

☞ Due à la surcharge B_c

Chaque essieu du système B_c peut développer un effort de freinage égal à son poids. Supposons qu'un seul camion freine parmi les camions de système B_c qui se trouve sur le pont. L'effort de freinage n'est pas affecté de coefficient de majoration dynamique.

$$H_{Bc} = 30 T$$

L'effort de freinage agissant sur un appui sera : $H_i = \frac{K_i}{\sum K_i} \cdot H$

☞ Récapitulation des valeurs des efforts de freinage.

Designation	Instantanée			
	Répartition $A(l)$		Répartition B_c	
	Pile	Culée	Pile	Culée
$1/K_i(m/MN)$	0,131	0,051	0,131	0,051
$K_i(MN/m)$	7,631	19,800	7,631	19,800
Effort developpé $H(MN)$	0,122	0,122	0,300	0,300
Effort d freinage $H_i(MN)$	0,034	0,088	0,083	0,217

Tableau 134. Valeurs des efforts de freinage sur l'appareil d'appui

XIII.3.2. Efforts dus au fluage, au retrait et à la variation de la température

λ représente les valeurs des déformations relatives du tablier et on distingue :

- $\lambda_{fl} = 3.10^{-04} m/m$: la déformation due au fluage ;
- $\lambda_r = 3.10^{-04} m/m$: la déformation due au retrait du béton ;
- $\lambda_{\theta l} = 3.10^{-04} m/m$: la déformation due à la variation de la température à long terme ;
- $\lambda_{\theta c} = 2.10^{-04} m/m$: la déformation due à la variation de la température à court terme

On calcule le raccourcissement du tablier au niveau de l'appui i calculé par : $d_i = \lambda_i \cdot x_i$

Avec x_i : L'abscisse de l'appui considéré en prenant la culée comme origine.

L'expression de la formule donnant l'effort dans chaque appui considéré est : $H_i = K_i \cdot U_i$

Pour la culée :

$U_c = - \frac{\sum K_i \cdot d_i}{\sum K_i}$: Le déplacement relatif de la culée par rapport à l'appui du gauche.

Pour la pile :

$U_p = -\frac{\sum K_i d_i}{\sum K_i} + d_i$: Le déplacement relatif de la pile par rapport à l'appui du gauche.

Le tableau suivant donne cette valeur de distribution des efforts :

	Retrait et fluage (Différée)		Température			
			A court terme(Instantanée)		A long terme (différée)	
	Pile	Culée	Pile	Culée	Pile	Culée
1/Ki (m/MN)	0,34	0,10	0,13	0,05	0,34	0,10
Ki(MN/m)	2,92	9,90	7,63	19,80	2,92	9,90
xi(m)	39,21	0,00	39,21	0,00	39,21	0,00
li(m/m)	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0003	0,0003
di(m)	0,0118	0,0000	0,0078	0,0000	0,0118	0,0000
Ui(m)	0,0093	-0,0024	0,0054	-0,0024	0,0093	-0,0024
Hi(MN)	0,027	-0,024	0,041	-0,048	0,027	-0,024

Tableau 135. Efforts dus au fluage, au retrait et à la variation de la température sur l'appareil d'appui

XIII.4. Distributions des efforts verticaux aux appuis

Avec : L= 39,21m : Longueur de calcul de la travée ;

$n' = 3$: nombre des appareils d'appui dans un appui

On a les charges suivantes :

→ Charge permanente due au poids propre du tablier : N_g

Avec $g_t = 146,1 \text{ kN/ml}$: poids propre du tablier, on a : $N_g = \frac{g_t \cdot L}{2n'} = 933,2 \text{ kN}$

→ Surcharge A(l) : $N_{A(l)}$

Avec $l_c = 7 \text{ m}$: Largeur de la chaussée et $A(l) = 0,93 \text{ T/m}^2$: Surcharge de la chaussée,

On a : $N_{A(l)} = \frac{A(l) \cdot l_c \cdot L}{2n'} = 426,8 \text{ kN}$

→ Surcharge des deux trottoirs chargés : $N_{A(t)}$

Avec $l_t = 0,75 \text{ m}$: Largeur du trottoir et $A(t) = 0,15 \text{ T/m}^2$: Surcharge du trottoir,

On a : $N_{A(t)} = 2 \frac{A(t) \cdot l_t \cdot L}{2n'} = 14,7 \text{ kN}$

→ Surcharge B_c : N_{B_c}

Avec $\delta = 1,08$: Coefficient de majoration dynamique et $\sum P_i y_i = 984,2 \text{ kN}$: effort maximal du

système B_c en appui, on a : $N_{B_c} = \frac{\delta \sum P_i y_i}{2n'} = 176,8 \text{ kN}$

XIII.5. Combinaison d'actions

Combinaison d'actions horizontales :

$$\text{A l'ELU : } H_U = 1,35 \cdot H_G + 1,5 \cdot 1,07 \cdot \max\{H_{Bc}; H_{A(l)}\} + 0,8[H_{\text{retrait et fluage}} + H_{\text{Temp}}]$$

$$\text{A l'ELS : } H_S = H_G + 1,20 \cdot \max\{H_{Bc}; H_{A(l)}\} + 0,5[H_{\text{retrait et fluage}} + H_{\text{Temp}}]$$

Combinaison d'actions verticales :

$$\text{A l'ELU : } N_U = 1,35N_g + 1,5 \cdot 1,07 \cdot (N_{A(t)} + \max\{N_{Bc}; N_{A(l)}\})$$

$$\text{A l'ELS : } N_S = N_g + 1,20 \cdot (N_{A(t)} + \max\{N_{Bc}; N_{A(l)}\})$$

	Charges verticales(kN)		Charges horizontales (kN)		
				Sur pile	Sur culée
ELU	Nu=	1997,1	Hu=	188,9	309,2
ELS	Ns=	1484,2	Hs=	1345	235,9

Tableau 136. Combinaison d'actions sur l'appareil d'appui

XIII.6. Vérifications des appareils d'appui

Pour la vérification des appareils d'appui, on rappelle que:

$$a = 400\text{mm}; b = 550\text{mm}; T_b = 60\text{mm}; C_f = 11,57$$

On va alors passer aux vérifications suivantes :

A l'ELS :

- Condition de non glissement
- Condition de non cheminement
- Condition de non écrasement (La limitation de contrainte moyenne de compression)
- Vérification de l'épaisseur frette
- La distorsion due aux seuls déplacements horizontaux
- La distorsion totale ou la somme des distorsions dues à l'effort verticale, à l'effort horizontal et à la rotation

A l'ELU : La stabilité au flambement

☞ Condition de non glissement

Elle est vérifiée si : $H_S < f \cdot N_S$

Avec : $f = 0,1 + \frac{0,6}{\sigma_{vs}}$: Coefficient de frottement et $\sigma_{vs} = \frac{N_s}{a.b}$: La contrainte verticale

Comme $N_s = 1,48\text{MN}$; alors on a : $\sigma_{vs} = 6,74\text{MPa}$ et $f = 0,19$

Pour la pile : $H_s = 0,13\text{MN} < f.N_s = 0,28\text{MN}$ Pas de glissement

Pour la culée : $H_s = 0,23\text{MN} < f.N_s = 0,28\text{MN}$ Pas de glissement

☞ Condition de non cheminement

Elle est vérifiée si : $\sigma_{vs} = \frac{N_s}{a.b} \geq 2\text{MPa}$

Comme on a : $\sigma_{vs} = 6,74\text{MPa} > 2\text{MPa}$ donc la condition est vérifiée.

☞ Condition de non écrasement (La limitation de contrainte moyenne de compression)

Elle est vérifiée si : $\sigma_{vs} = \frac{N_s}{a.b} \leq 15\text{MPa}$

Comme on a : $\sigma_{vs} = 6,74\text{MPa} < 15\text{MPa}$ donc la condition est vérifiée.

☞ Vérification de l'épaisseur frette

L'épaisseur des frettes doit remplir : $t_s \geq \max\left(\frac{a.\sigma_{vs}}{C_f.\sigma_e}; 2\text{mm}\right)$

Avec : $\sigma_e = 245\text{MPa}$: Limite d'élasticité en traction de l'acier constitutif de la frette métallique;

On trouve : $\frac{a.\sigma_{vs}}{C_f.\sigma_e} = 0,95\text{mm}$ alors $t_s = 3\text{mm} \geq \max(0,95\text{mm}; 2\text{mm})$: C'est vérifiée.

☞ La distorsion due aux seuls déplacements horizontaux

On doit vérifier si : $\frac{\tau_H}{G} \leq 0,7$

Ou : G : Module de cisaillement tel que :

$G = G_d = 0,9\text{MPa}$: sous efforts soutenus,

$G = G_i = 1,8\text{MPa}$: sous efforts instantanés.

$\tau_H = \tau_{H1} + \tau_{H2}$: Contrainte de cisaillement due aux efforts horizontaux.

$\tau_{H1} = \frac{G.U_1}{T_b}$: Contrainte de cisaillement due au retrait, au fluage et à la variation

de la température dont : $G \cdot U_i = G_d(U_{\text{retr\&fluage}} + U_{\theta l}) + G_i \cdot U_{\theta c}$

$\tau_{H2} = \frac{H_{\text{freinnee}}}{a \cdot b} = \frac{\max\{H_{BC}; H_{A(l)}\}}{a \cdot b}$: Contrainte de cisaillement due à l'effort de freinage.

Pour la pile :

Instantanée : $\tau_{H1} = 0,44\text{MPa}$; $\tau_{H2} = 0,32\text{MPa}$; alors $\frac{\tau_H}{G} = 0,45 \leq 0,7$: Vérifiée.

Différée : $\tau_{H1} = 0,28\text{MPa}$; alors $\frac{\tau_H}{G} = 0,31 \leq 0,7$: Vérifiée.

Pour la culée :

Instantanée : $\tau_{H1} = -0,14\text{MPa}$; $\tau_{H2} = 0,98\text{MPa}$; alors $\frac{\tau_H}{G} = 0,46 \leq 0,7$: Vérifiée.

Différée : $\tau_{H1} = 0,05\text{MPa}$; alors $\frac{\tau_H}{G} = 0,48 \leq 0,7$: Vérifiée.

☞ La distorsion totale ou la somme des distorsions dues à l'effort verticale, à l'effort horizontal

Il faut que : $\frac{\tau_N + \tau_H + \tau_\varphi}{G} < 5$

Avec :

$\tau_N = \frac{1,5}{C_f} \sigma_{vs} = \frac{1,5 N_s}{C_f \cdot a \cdot b}$: contrainte de cisaillement due à l'effort verticale N_s ;

$\tau_H = \tau_{H1} + \tau_{H2}$: contrainte de cisaillement due aux efforts horizontaux ;

$\tau_\varphi = \frac{G}{2 \cdot \left(\frac{a}{b}\right)^2} \varphi_t$: la contrainte de cisaillement due à la rotation dont $\varphi_t = \frac{\varphi}{n}$

$\varphi = 0,009 \text{ rad}$ angle de rotation totale pendant la mise en service (sa valeur la plus défavorable est de $0,009\text{rad}$)

Pour la pile :

Instantanée : $\frac{\tau_N}{G} = 0,97$; $\frac{\tau_H}{G} = 0,45$; $\frac{\tau_\varphi}{G} = 0,002$ alors : $\frac{\tau_N + \tau_H + \tau_\varphi}{G} = 1,43 < 5$ Vérifiée

Différée : $\frac{\tau_H}{G} = 0,31$; alors : $\frac{\tau_N + \tau_H + \tau_\varphi}{G} = \frac{\tau_H}{G} = 0,31 < 5$ Vérifiée

Pour la culée :

Instantanée : $\frac{\tau_N}{G} = 0,97$; $\frac{\tau_H}{G} = 0,46$; $\frac{\tau_\varphi}{G} = 0,002$ alors : $\frac{\tau_N + \tau_H + \tau_\varphi}{G} = 1,44 < 5$ Verifiée

Différée : $\frac{\tau_H}{G} = 0,48$; alors : $\frac{\tau_N + \tau_H + \tau_\varphi}{G} = \frac{\tau_H}{G} = 0,48 < 5$ Verifiée

☞ La stabilité au flambement : à l'ELU

A l'ELU, la stabilité au flambement doit être assurée c'est à dire que la contrainte verticale ou la pression moyenne ne doit pas dépasser la pression limite.

$$\sigma_{vu} \leq \sigma_{lim} = \frac{2a \cdot G \cdot C_f}{3 \cdot T_b}$$

Avec : $\sigma_{lim} = \frac{2a \cdot G \cdot C_f}{3 \cdot T_b}$: La pression limite

Pour la pression limite instantanée ($G=G_i = 1,8$ MPa) :

Pour la pression limite différée ($G=G_d = 0,9$ MPa) :

$$\sigma_{vu} = \frac{N_u}{a \cdot b} : \text{ La pression moyenne}$$

On a :

Instantanée : $N_U = 1,99$ MN et $G_i=1,8$ MPa donc $\sigma_{vu} = 9,07$ MPa $\leq \sigma_{lim} = 92,63$ MPa

Différée : $N_U = 1,99$ MN et $G_d=0,9$ MPa donc $\sigma_{vu} = 9,07$ MPa $\leq \sigma_{lim} = 46,31$ MPa