



**LE RÉSEAU DE CRÉATION
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES**

**Ce document a été mis en ligne par le Canopé de l'académie de Bordeaux
pour la Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
RÉALISATION D'OUVRAGES CHAUDRONNÉS
SESSION 2009

E4 - CONCEPTION DES APPAREILS

U 41 - CALCULS AVANT-PROJET

Durée : 4 heures - Coefficient : 2,5



**ÉLÉMENTS DE
CORRECTION**

CODE ÉPREUVE : ROE4CAP		EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : RÉALISATION D'OUVRAGES CHAUDRONNÉS
SESSION 2009	CORRIGE	ÉPREUVE : CONCEPTION DES APPAREILS CALCULS AVANT-PROJET – U 41	
Durée : 4h	Coefficient : 2,5	Corrigé N°06ED09	Page : 1/6

PARTIE A : CODES ET REGLEMENTS

Question A-1-1 : catégorie de construction et coefficient de soudure

- Catégorie de Risque II
- Evaluation des facteurs de défaillance : moyen

Le tableau GA5.4-1 (div 2) :

Catégorie de construction B2

Le tableau GA5.4-2 (div 2) :

Coefficient de soudure $z=0,85$:

Question A-1-2 : Contrainte nominale de calcul :

P295GH

$R_m = 460 \text{ MPa}$

$R_{p0,2}^{100} = 250 \text{ MPa}$ $R_{p0,2}^{150} = 235 \text{ MPa}$

Température de fonctionnement 120°C .

$$R_{p0,2}^{120} = R_{p0,2}^{100} - \frac{(R_{p0,2}^{100} - R_{p0,2}^{150})}{(150 - 100)}(120 - 100) = 250 - \frac{(250 - 235)}{(150 - 100)}(120 - 100) = 244 \text{ MPa}$$

$$f = f_1 = \min \left\{ \frac{R_{p0,2}'}{1,5}, \frac{R_m}{2,4} \right\} = \min \left\{ \frac{244}{1,5}, \frac{460}{2,4} \right\} = \min \left\{ 162,67 ; 191,67 \right\} = 162,67 \text{ MPa}$$

Question A-2-1 : épaisseur de la virole

$$e = \frac{p \cdot D_e}{2 \cdot f \cdot z + p} = \frac{3 \times 3100}{2 \times 160 \times 0,85 + 3} = 33,82 \text{ mm}$$

Question A-2-2 : épaisseur de commande de la virole

$$e_n \geq e + c + c_1 + c_2 = 33,82 + 2 + 0,3 + 0,5 = 36,62 \text{ mm}$$

$$e_n = 40 \text{ mm}$$

Question A-3-1 : épaisseur des fonds elliptiques NF E81-103

$D_i = D_e$

Fond elliptique en plusieurs parties $z=0,85$

$$r = 0,183 D_e = 567,3 \text{ mm}$$

$$R = 0,856 D_e = 2653,6 \text{ mm}$$

$$e_s = \frac{p \cdot R}{2 \cdot f \cdot z - 0,5p} = \frac{3 \times 2653,6}{2 \times 160 \times 0,85 - 0,5 \times 3} = 29,43 \text{ mm}$$

$$\left(0,75 + 0,2 \frac{D_i}{R}\right) \cdot \frac{p}{f} = \left(0,75 + 0,2 \frac{3100}{0,856 \times 3100}\right) \cdot \frac{3}{160} = 0,0184$$

$$\frac{r}{D_i} = \frac{0,183 \times 3100}{3100} = 0,18$$

donc $\beta = 0,55$

$$e_y = \beta \cdot (0,75R + 0,2D_i) \cdot \frac{P}{f} = 0,55 \cdot (0,75 \times 0,856 \times 3100 + 0,2 \times 3100) \frac{3}{160} = 26,92 \text{ mm}$$

- $0,005D_i = 15,5 < e_y = 26,92 \text{ mm}$ pas besoin de calculer e_b

Donc $e = \max\{(e_x), (e_y)\} = \max\{(29,43), (26,92)\} = 29,43 \text{ mm}$

Question A-3-2 : épaisseur de commande des fonds

$$e_n \geq e + c + c_1 + c_2 = 29,43 + 2 + 0,3 + 0,2 e_n = 39,66 \text{ mm}$$

$$e_n = 40 \text{ mm}$$

Question A-4-1 : vérification de l'ouverture

$$d = d_i = 406,4 - 2e_t = 406,4 - 2 \times 10 = 386,4 \text{ mm}$$

$$0,14 \sqrt{D_m \cdot e} = 0,14 \sqrt{(3100 - 38) \times 38} = 48,98$$

On a $d > 0,14 \sqrt{D_m \cdot e}$

- a) Il faut vérifier que la relation suivante est satisfaite

$$S(f - 0,5P) + S_t(f_t - 0,5P) + S_r(f_r - 0,5P) \geq P \cdot G$$

Ici $S_r = 0$ (on veut savoir s'il on a besoin d'un renfort)

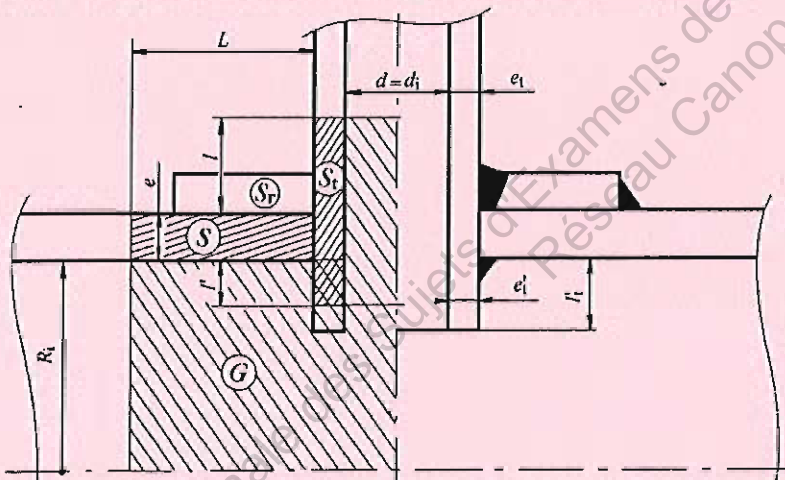


Figure C5.1.4b1 - Ouverture de tubulure soudée normale à la paroi d'une enveloppe cylindrique avec anneau-renfort rapporté et tubulure dépassante.

- b) Détermination de L, l et l

Ouverture loin d'une discontinuité de paroi

$$L = k_0 \sqrt{D_m \cdot e}$$

$$\delta = \frac{d}{\sqrt{D_m \cdot e}} = \frac{386,4}{\sqrt{3062 \times 38}} = 1,132 \Rightarrow k_0 = 1$$

$$L = 1 \sqrt{3062 \times 38} = 341,11 \text{ mm}$$

$$d_m = d_e - e_t = 406,4 - 10 = 396,4 \text{ mm}$$

$$l = \min \left\{ \left(\sqrt{d_m \cdot e_t} \right); (l) \right\} = \min \left\{ \left(\sqrt{396,4 \times 10} \right); (300) \right\} = \min \left\{ (62,96); (300) \right\} = 62,96 \text{ mm}$$

$$d'_m = d'_e - e'_t = (d_e - 2c) - e'_t = (406,4 - 2 \times 2) - 8 = 394,4 \text{ mm}$$

$$l'_t = \frac{D_e - 2e}{2} - 1400 = \frac{3100 - 2 \times 38}{2} - 1400 = 112 \text{ mm}$$

$$l' = \min \left\{ \left(0,5 \sqrt{d'_m \cdot e'_t} \right); (l'_t) \right\} = \min \left\{ \left(0,5 \sqrt{394,4 \times 8} \right); (112) \right\} = \min \left\{ (28,09); (112) \right\} = 28,09 \text{ mm}$$

c) Calcule des surfaces S , S_t et G

$$S = L \cdot e = 341,11 \times 38 = 12962,2 \text{ mm}^2$$

$$S_t = (l + e)e_t + l'e'_t = (62,92 + 38) \times 10 + 28,09 \times 8 = 1233,92 \text{ mm}^2$$

$$G = \frac{(D_e - 2e)}{2} (L + e_t + d) + (l + e_t) \frac{d}{2} = \frac{(3100 - 2 \times 38)}{2} (341,11 + 10 + 386,4) + (62,92 + 10) \frac{386,4}{2} = 1129203,26 \text{ mm}^2$$

$$\text{On a } f = f_t = 160 \text{ MPa}$$

$$S(f - 0,5P) + S_t(f_t - 0,5P) = (12962,2 + 1233,92) \times (160 - 0,5 \times 3) = 2250085,02$$

$$P \cdot G = 3 \times 1129203,26 = 3387609,78$$

$$\text{on a } S(f - 0,5P) + S_t(f_t - 0,5P) < P \cdot G \\ 2250085,02 < 3387609,78$$

On a besoin d'un renfort pour cette ouverture

d) Détermination du renfort

$$S_r \geq \frac{P \cdot G - (S + S_t)(f - 0,5P)}{(f - 0,5P)} = \frac{3 \times 1129203,26 - (12962,2 + 1233,92)(160 - 0,5 \times 3)}{(160 - 0,5 \times 3)} = 7176,81 \text{ mm}^2$$

Question A-4-1 : vérification de la boulonnerie

dt10 nous donne $b = w/8$ avec G diamètre du joint

$w = 50 \text{ mm}$ et $G = 3120 \text{ mm}$

$$b = \frac{w}{8} = \frac{50}{8} = 6,25$$

DT5 donne pour des joint métallique annulaire plein

$$m = 3 \text{ et } \gamma = 75 \text{ MPa}$$

a) Force minimale

$$W_A = \pi \cdot b \cdot G \cdot \gamma = \pi \times 6,25 \times 3150 \times 75 = 4638757,9 \text{ N}$$

b) Force de traction

$$W_p = \frac{\pi}{4} \cdot G^2 \cdot P + H_G \quad \text{avec } H_G = 2 \cdot \pi \cdot b \cdot G \cdot m \cdot P = 2 \times \pi \times 6,25 \times 3150 \times 3 \times 3 = 1\,113\,301,9 \text{ N}$$

$$W_p = \frac{\pi}{4} \cdot 3150^2 \times 3 + 1\,113\,301,9 = 24\,492\,641,7 \text{ N}$$

c) Section minimale

$$A_{b,\min} = \text{MAX} \left\{ \left[\frac{W_A}{f_{b,A}} \right], \left[\left(\frac{W_p}{f_b} \right)_{\max} \right] \right\} = \text{MAX} \left\{ \left[\frac{4\,638\,757,9}{240} \right], \left[\frac{24\,492\,641,7}{240} \right] \right\}$$

$$= \text{MAX} \left\{ [19\,328,16], [102\,052,67] \right\} = 102\,052,67 \text{ mm}^2$$

d) Section totale

$$A_b \geq A_{b,\min}$$

$$n \cdot a_b \geq A_{b,\min}$$

$$n \geq \frac{A_{b,\min}}{a_b} = \frac{102\,052,67}{1910} = 53,43$$

Les 60 boulons conviennent

PARTIE B : MECANIQUE

Question B-1-1 : Taux de charge de l'eau

$$q_{\text{eau}} = \frac{P_{\text{eau}}}{L} = \frac{g \cdot \rho_{\text{eau}} \cdot V_{\text{eau}}}{L} = \frac{g \cdot \rho_{\text{eau}} \cdot \pi \cdot D_i^2 \cdot L}{4} = \frac{10 \times 1000}{9,3} \times \frac{\pi \times 3,02^2 \times 9,3}{4} = 71\,631,45 \text{ N/m} = 71,63 \text{ kN/m}$$

Question B-1-2 : Taux de charge de virole

$$q_{\text{acier}} = \frac{P_{\text{acier}}}{L} = \frac{g \cdot \rho_{\text{acier}} \cdot V_{\text{acier}}}{L} = \frac{g \cdot \rho_{\text{acier}} \cdot \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) \cdot L}{4} = \frac{10 \times 7\,850}{9,3} \times \frac{\pi \times (3,1^2 - 3,02^2) \times 9,3}{4}$$

$$= 30\,185,68 \text{ N/m} = 30,19 \text{ kN/m}$$

Question B-1-3 : Taux de charge totale

$$q = q_{\text{eau}} + q_{\text{acier}} = 71,63 + 30,19 = 101,82 \text{ kN/m}$$

Question B-2-1 : moment fléchissant au point G

$$M_{f(G)} = - \left(M_G(B) + M_G(C) + M_G(D) + M_G(E) + M_G(F) + M_G(\text{Charge}_{AG}) \right)$$

$$M_{f(G)} = - \left(160\,000 \times (3650 - 1030) - 380\,000 \times (3650 - 1100) - 200\,000 \times (3650 - 2150) + \right.$$

$$\left. 160\,000 \times (3650 - 2270) + 160\,000 \times (3650 - 3210) + \frac{100 \times 3650^2}{2} \right)$$

$$M_{f(G)} = -107\,525\,000 \text{ N.mm}$$

Question B-2-2 : contrainte de flexion au point G

$$\sigma_f(G) = \frac{M_{f(G)}}{I_{Gz}} \cdot y = \frac{M_{f(G)}}{\frac{\pi(D_e^4 - D_i^4)}{64}} \cdot \frac{D_e}{2} = \frac{100\,000\,000}{\pi(3100^4 - 3020^4)} \cdot \frac{3100}{2} = 0,344 \text{ MPa}$$

Question B-2-3 : contrainte pression

$$\sigma_x = \frac{P \cdot d}{4 \cdot e} = \frac{3 \times 3\,020}{4 \times 40} = 56,625 \text{ MPa}$$

Question B-2-4 : contrainte normale totale

$$\sigma = \sigma_f(G) + \sigma_x = 0,344 + 56,625 = 56,969 \text{ MPa}$$

Cette contrainte est admissible $\sigma \leq 295 \text{ MPa}$

Remarque la contrainte de flexion est négligeable par rapport à la contrainte due à la pression

Question B-3-1 : action sur l'élingue

$$T = \frac{P}{2 \cos 30} = \frac{200\,000}{2 \cos 30} = 115\,475 \text{ N}$$



Question B-3-1 : longueur de soudure

$$\sigma_w = \frac{\beta_w F}{S_u} \sqrt{3 - \sin^2 \alpha} \leq \frac{f_u}{\gamma_{MW}}$$

$$S_u = a \cdot l \quad \text{et} \quad F = K_p \cdot T$$

$$l \geq \frac{\beta_w \cdot \gamma_{MW} \cdot F \cdot \sqrt{3 - \sin^2 \alpha}}{a \cdot f_u} = \frac{0,85 \times 1,3 \times (1,5 \times 180\,000) \times \sqrt{3 - \sin^2 60}}{10 \times 460} = 97,29 \text{ mm}^2$$

