

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

CONCEPTION ET RÉALISATION EN CHAUDRONNERIE INDUSTRIELLE

SESSION 2018

E4 – ÉTUDE ET RÉALISATION D'UN ENSEMBLE
CHAUDRONNÉ, DE TOLERIE OU DE
TUYAUTERIE

**U 41 – DIMENSIONNEMENT ET
VÉRIFICATION D'OUVRAGES**

Durée : 4 heures – Coefficient : 3

Éléments de correction

CODE ÉPREUVE : 1806CLE4DVO	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : CONCEPTION ET RÉALISATION EN CHAUDRONNERIE INDUSTRIELLE	
SESSION 2018	CORRIGÉ	ÉPREUVE : ÉTUDE ET RÉALISATION D'UN ENSEMBLE CHAUDRONNÉ, DE TÔLERIE OU DE TUYAUTERIE U41 – DIMENSIONNEMENT ET VÉRIFICATION D'OUVRAGES	
Durée : 4h	Coefficient : 3	SUJET N° 01ED17	Page1/6

Objectif N°1

Détermination selon le CODAP 2010 des épaisseurs de la virole et des fonds elliptiques du déminéraliseur

1.1 Volume du déminéraliseur :

$$V = V_{\text{virole}} + 2 V_{\text{fond}} = \frac{\pi \times 21^2}{4} \times 20 + 2 \times 1168,8 = 6927 + 2336,4 = 9263 \text{ litres}$$

1.2 Catégorie de risque :

Fluide = Eau = liquide groupe 2 → Tableau GA 5.2.3.4

Pression de calcul P = 12 bars et V = 10 000 litres

→ Catégorie de risque I

1.3 Catégorie de construction :

⇒ GA 5.4.1 → Catégorie C

⇒ Contrainte nominale de calcul f_2 et coefficient de soudure **Z = 0,7**

2.1 Contrainte nominale de calcul en situation normale de service :

⇒ Matière : X2 Cr Ni 18-9 = Acier inox austénitique A% ≥ 35%

$$\Rightarrow f_2 = \frac{R_{p1,0}^t}{1,6} = \frac{240}{1,6} = 150 \text{ MPa}$$

2.2 Contrainte nominale de calcul en situation d'essai :

$$\Rightarrow f_2 = 0,95 \cdot R_{p0,1}^t = 0,95 \times 240 = 228 \text{ MPa}$$

3.1 Calcul épaisseur de la virole :

$$\Rightarrow e = \frac{P \cdot D_e}{2 \cdot f \cdot Z + P} = \frac{1,5 \times 2100}{2 \times 150 \times 0,7 + 1,5} = 14,89 \text{ mm}$$

$$\text{Vérification } D_m \geq 5 \cdot e \quad D_m = 2085 > 5 \times 14,89 = 74,45 \rightarrow \text{Validé}$$

3.2 Épaisseur de commande :

$$\Rightarrow e_n > e + C + C_1 + C_2$$

$$\Rightarrow e_n > 14,89 + 0 + 0,3 + 0,1$$

$$\Rightarrow e_n > 15,29 \quad \rightarrow \text{Choix : } \underline{e_n = 16 \text{ mm}}$$

4.1 Épaisseur de la virole en situation d'essai de résistance :

$$\Rightarrow e = \frac{P \cdot D_e}{2 \cdot f \cdot Z + P} = \frac{1,8 \times 2100}{2 \times 230 \times 1 + 1,8} = 8,19 \text{ mm}$$

⇒ Cette valeur est inférieure à celle en situation normale de service.

5.1 Calcul de l'épaisseur des fonds elliptiques :

$$\Rightarrow e_s = \frac{P.R}{2.f.z-0,5.P}$$

$$\Rightarrow e_s = \frac{1,5 \times 1797,6}{2 \times 150 \times 1 - 0,5 \times 1,5}$$

$$\Rightarrow e_s = \mathbf{9,01 \text{ mm}}$$

$$\Rightarrow e_y = \beta (0,75.R + 0,2.D_i) \frac{P}{f}$$

$$D_e = D_i ; R = 0,856.D_i = 0,856 \times 2100$$

$$R = 1797,6 \text{ mm}$$

Détermination de β :

$$\left(0,75 + 0,2 \cdot \frac{D_i}{R}\right) \frac{P}{f} = \left(0,75 + 0,2 \cdot \frac{1}{0,856}\right) \frac{1,5}{150} = \mathbf{0,0098}$$

$$\Rightarrow \text{Graphique C3.1.5} \rightarrow \beta = \mathbf{0,57}$$

$$\Rightarrow e_y = 0,57 (0,75 \times 179,6 + 0,2 \times 2100) \frac{1,5}{150}$$

$$\Rightarrow e_y = \mathbf{10,08 \text{ mm}}$$

Vérification si le calcul de e_b est nécessaire :

$$0,005 \times D_i = 0,005 \times 2100 = 10,5$$

$e_y = 10,08$ n'est pas supérieur à $0,005 D_i$, donc le calcul de e_b est nécessaire.

$$e_b = 0,00433(0,75 \times 1797,6 + 0,2 \times 2100) \left(\frac{1}{0,183}\right)^{0,55} \cdot \left(\frac{1,5}{150}\right)^{0,667}$$

$$e_b = 9,029 \text{ mm}$$

$$e = \text{Max} [9,01 ; 10,08 ; 9,029] = 10,08 \text{ mm}$$

5.2 Épaisseur nominale de commande des fonds :

$$\Rightarrow e_n > \frac{e}{0,85} = \frac{10,08}{0,85} = 11,86 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \text{Choix : } \rightarrow e_n = \mathbf{12 \text{ mm}}$$

Objectif N°2

Vérification des soudures des trois oreilles de levage

1.1 Calcul de d :

$$\sin 20^\circ = \frac{d}{R+h} \Rightarrow d = (R+h) \sin 20^\circ = (1790+120) \sin 20^\circ = \mathbf{653,3 \text{ mm}}$$

1.2 Calcul des angles θ et α :

$$\sin \theta = \frac{d}{l} = \frac{653,3}{1000} = 0,6533 \quad \Rightarrow \quad \theta = \text{Arc cos}(0,6533) = 40,8^\circ$$

$$\text{Donc } \alpha = \theta + 20^\circ = 40,8 + 20 = \underline{\underline{60,8^\circ}}$$

1.3.1 Calcul de $\|\vec{R}_D\|$

$$\|\vec{R}_D\| = \|\vec{P}\| = 36000 \text{ N}$$

1.3.2 Composantes verticales :

$$\text{donc } R_{Az} = R_{Bz} = R_{Cz} = \frac{\|\vec{R}_D\|}{3} = \frac{36000}{3} = 12000 \text{ N}$$

1.3.3 Calcul de $\|\vec{R}_A\|$

$$\cos \theta = \frac{R_{Az}}{\|\vec{R}_A\|} \quad \Rightarrow \quad \|\vec{R}_A\| = \frac{R_{Az}}{\cos \theta} = \frac{12000}{\cos(40,8^\circ)} = 15852 \text{ N}$$

1.4.1 Contraintes dans les cordons de soudures :

$$\sigma = \frac{\sqrt{2} \times 24000 \times \cos 60^\circ}{4 \times 10 \times 100} = 4,24 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma = 4,24 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{24000 \times \sin 60^\circ}{2 \times 10 \times 100} = 10,4 \text{ MPa}$$

1.4.2 Condition de résistance :

$$0,95 \cdot \sqrt{4,3^2 + 3(4,3^2 + 10,5^2)} = 19,1 \text{ MPa}$$

$$\frac{R_m}{\gamma_{Mw}} = \frac{500}{1,45} = 345 \text{ MPa}$$

18,9 MPa < 345 MPa Condition de résistance vérifiée

Conclusion : Les cordons de soudure sont correctement dimensionnés.

Objectif N°3

Dimensionnement du tube de la potence de levage des éléments filtrants

1.1 Actions mécaniques en A et B : (attention changement de repère suite à relecture)

Bilan des actions mécaniques extérieures agissant sur la potence.

$$\vec{F}_C \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -2000 \end{bmatrix} \quad \vec{R}_A \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix} \quad \vec{R}_B \begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\vec{F}_C + \vec{R}_A + \vec{R}_B = \vec{0}$$

- 1) $X_A + X_B = 0$
- 2) $Y_A + Y_B = 0$
- 3) $-2000 + Z_A = 0 \rightarrow Z_A = 2000 \text{ N}$

$$\overrightarrow{M_A F_C} + \overrightarrow{M_A R_A} + \overrightarrow{M_A R_B} = \vec{0}$$

$$\overrightarrow{AC} \wedge \vec{F}_C + \overrightarrow{AB} \wedge \vec{R}_B = \vec{0}$$

$$\begin{bmatrix} 850 \\ 0 \\ 13500 \end{bmatrix} \wedge \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -2000 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1000 \end{bmatrix} \wedge \begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$4) 0 - 1000 \cdot Y_B = 0 \rightarrow Y_B = 0 \rightarrow Y_A = 0$$

$$5) 850 \times 2000 + 1000 \cdot X_B = 0 \rightarrow X_B = \frac{-850 \times 2000}{1000} = -1700 \text{ N} \Rightarrow X_A = 1700 \text{ N}$$

$$\text{Résultats : } \vec{R}_A \begin{bmatrix} 1700 \\ 0 \\ 2000 \end{bmatrix} \quad \vec{R}_B \begin{bmatrix} -1700 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

2.1 Torseur de cohésion :

Zone : A – B

N = -2000 N

T_y = 1700 N

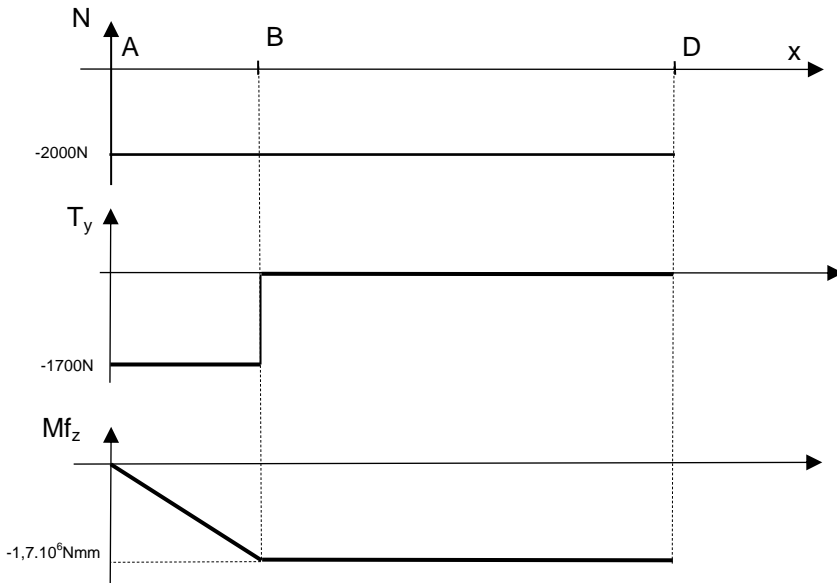
Mf_z = -1700.x

Zone : B – D

N = -2000 N

T_y = 0

Mf_y = -1700.x + 1700(x-1000) = -1,7.10⁶N.mm



2.2 Moment de flexion en B pour z = 1000 mm :

$Mf_z = -1,7.10^6 \text{ Nmm}$ et $N = -2000\text{N}$

2.3 Contrainte maxi de flexion :

$$\sigma_{\text{Maxi}} = \frac{|Mf_{y\text{Maxi}}|}{\left(\frac{I_{Gy}}{v}\right)}$$

2.4 Module de flexion :

$$\sigma_{\text{Maxi}} \leq R_{pe} = \frac{R_e}{s} = \frac{235}{1,5} = 157 \text{ MPa}$$

$$W_{ely} = \left(\frac{I_{Gy}}{v}\right) \geq \frac{|Mf_{y\text{Maxi}}|}{R_{pe}} = \frac{1,7.10^6}{157}$$

$$W_{ely} = \left(\frac{I_{Gy}}{v}\right) \geq 10828 \text{ mm}^3 = 10,828 \text{ cm}^3$$

2.5 Choix du tube :

⇒ Choix : Tube Ø 76,1 mm épaisseur 3,2 mm

2.6 Contrainte due à l'effort normal :

$$\sigma_2 = \frac{N}{S} = \frac{2000}{732,9} = 2,73 \text{ MPa}$$

2.7 Contrainte totale (Flexion + compression) :

$$\sigma_T = \sigma + \sigma_2 = \frac{1,7.10^6}{12820} + 2,73 = 135 \text{ MPa}$$

Conclusion : Cette valeur reste inférieure à $R_{pe} = 157 \text{ MPa}$, donc elle est acceptable.