



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Campagne 2012

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

CONCEPTION ET RÉALISATION EN CHAUDRONNERIE INDUSTRIELLE

SESSION 2012

E4 – CONCEPTION ET RÉALISATION EN
CHAUDRONNERIE INDUSTRIELLE

U 41 – DIMENSIONNEMENT ET
VÉRIFICATION D'OUVRAGES

Durée : 4 heures - Coefficient : 3

Éléments de correction

CODE ÉPREUVE : CLE4DVO	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : CONCEPTION ET RÉALISATION EN CHAUDRONNERIE INDUSTRIELLE	
SESSION 2012	CORRIGE	ÉPREUVE : ÉTUDE ET RÉALISATION D'UN ENSEMBLE CHAUDRONNÉ, DE TÔLERIE OU DE TUYAUTERIE U 41- DIMENSIONNEMENT ET VÉRIFICATION D'OUVRAGES	
Durée : 4h	Coefficient : 3	Corrigé N°28ED11	Page : 1 / 15

CORRIGÉ

DU

CODAP

Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN

Facteurs potentiels et conséquences d'une défaillance éventuelle de l'appareil.

Pour l'évaluation des niveaux, entourez les bonnes réponses

justifier vos réponses ci-dessous
en reportant les mots clés du texte

CRITÈRES	ÉVALUATION DES NIVEAUX			
	faible	modérée	importante	très importante
5 - La variabilité des sollicitations autour des points de consigne est-elle ?	faible	modérée	importante	très importante
6 - La fréquence des démarrages et des arrêts est-elle ?	faible	modérée	importante	très importante
7 - La variabilité très brutale de température ou de pression est-elle ?	faible	normale	importante	très importante
9 - La surveillance de l'appareil en service est-elle ?	continue	périodique et systématique	occasionnelle	inexistante ou impossible
10 - L'inspection de l'appareil en service est-elle ?	continue	périodique et systématique	occasionnelle	impossible ou non prévue
11 - La complexité de l'appareil est-elle ?	faible	moyenne	grande	très grande
12 - La possibilité de dégradation liée à la corrosion et ou l'érosion est-elle ?	faible	moyenne	élevée	très élevée
13 - La possibilité de dégradation en service liée à la température est-elle ?	faible	moyenne	élevée	très élevée
14 - La température du produit, en cas de fuite, présente-t-elle un danger pour le personnel ?	nul	faible	moyen	important
15 - La population concernée en cas de défaillance est-elle ?	très faible	faible	importante	très importante
16 - La présence du personnel d'exploitation à proximité de l'appareil est-elle ?	rare	occasionnelle	fréquente	permanente
17 - L'incidence économique d'une défaillance serait-elle ?	faible	modérée	importante	très importante
18 - La défaillance de l'appareil peut-elle entraîner la défaillance d'un appareil voisin dont les conséquences seraient ?	faible	moyenne	importante	très importante

Faible variabilité de la pression et de la T°
 Fréquence des démarrages et des arrêts élevée
 Conditions d'utilisation normale
 Surveillance de 2 personnes en permanence
 Mesures périodiques toutes les 2 semaines
 15 passages à travers un tube
 Corrosion élevée sur la paroi interne de la valve
 Faible possibilité de dégradation liée à la T°
 Risque caribels en cas de fuite de fluide est nul
 Surveillance de 2 personnes, autres personnes occasionnelle
 la présence d'autres personnes reste exceptionnelle
 L'impact économique de cette nouvelle installation reste négligeable
 Défaillances importantes sur l'appareil voisin

Donner ci-dessous le niveau global d'évaluation des conséquences d'une défaillance éventuelle (faire la moyenne des réponses visuelles) :

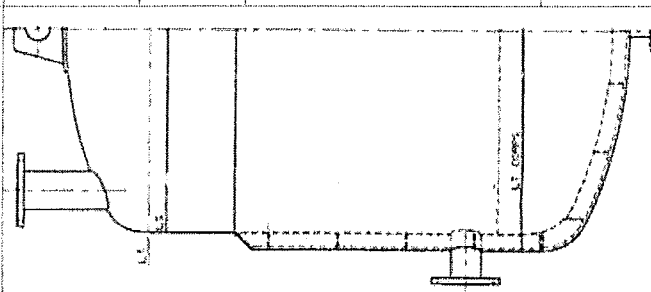
4
Poyeu

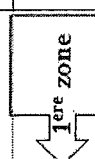
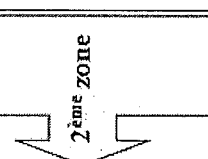
Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN

Question 1.1

Question 2.1 et 2.2 Complétez le tableau en donnant pour chaque zone :

- la pression effective intérieure et extérieure de l'appareil (prendre la pression de calcul)
- la pression de calcul
- la corrosion, l'amincissement en cours de fabrication, la tolérance sur l'épaisseur des tôles afin de calculer l'épaisseur utile.



Attention on étudiera uniquement la tôle constituant le corps de l'appareil (virole $\Phi 1200$)							
	Pression effective (en MPa)		Pression relative = Pression de calcul *	Corrosion totale sur la paroi	Amincissement en cours de fabrication	Tolérance sur l'épaisseur des tôles	Epaisseur utile
	Sur la paroi interne de la virole $\Phi 1200$	Sur la paroi externe de la virole $\Phi 1200$					
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>1^{ère} zone</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>2^{ème} zone</p> </div> </div>	0,6	0	0,6 int	5	0,3	0,6	9,1
	0,6	0,75	0,15 ext	5+1	0,3	0,6	8,1

*Indiquer s'il s'agit d'une pression de calcul intérieure ou d'une pression de calcul extérieure (exemple : 0,6 MPa intérieure)

1.2) Détermination de la catégorie de risque et de la catégorie de construction :

Les facteurs potentiels et conséquences d'une défaillance éventuelle de l'appareil = **Moyen**

Catégorie de risque :

- Pour la partie corps de l'appareil :
 - Type de fluides = gaz groupe 1
 - Pression PS = 4 Bar
 - Volume = 1990 litres

Catégorie de risque IV

- pour la partie double enveloppe :
 - Type de fluides = liquide groupe 2
 - Pression PS = 5 Bar
 - Volume = 265 litres

Sans catégorie de risque

Catégorie de construction (tableau G A5.4-1 Division 2)

Catégorie de construction : B₁

3) Vérification de l'épaisseur du fond torisphérique :

3.1) Condition d'application :

$$R \leq D_e$$

$$1200 \leq 1200 \text{ mm} \quad \text{Condition vérifiée}$$

$$0,06 \cdot D_i \leq r \leq 0,2 D_i$$

$$0,06 \cdot 1178 \leq 120 \leq 0,2 \cdot 1178$$

$$70,68 \leq 120 \leq 235,6 \text{ mm} \quad \text{Condition vérifiée}$$

$$r \geq 2 e$$

$$120 \geq 2 \cdot 11 = 22 \text{ mm} \quad \text{Condition vérifiée}$$

$$D_e \geq 12,5 e$$

$$1200 \geq 12,5 \cdot 11 = 137,5 \text{ mm} \quad \text{Condition vérifiée}$$

$$e_u \geq 0,001 \cdot D_e$$

$$11 \geq 0,001 \cdot 1200 = 1,2 \text{ mm} \quad \text{Condition vérifiée}$$

3.2) Vérification du fond GRC

Épaisseur minimale nécessaire (C3.1.5.1a)

$$e = \text{MAX} [(es) ; (ey) ; (eb)]$$

Calcul de es : (C3.1.5.1b)

$$es = \frac{P \cdot R}{2 \cdot f \cdot z - 0,5 \cdot P} = \frac{0,6 \cdot 1200}{2 \cdot 150 \cdot 1 - 0,5 \cdot 0,6} \quad \boxed{es = 2,4 \text{ mm}}$$

Calcul de ey : (C3.1.5.1c)

$$ey = \beta (0,75 \cdot R + 0,2 \cdot Di) \cdot \frac{P}{f}$$

Calcul de β : (graphique C3.1.5)

$$\frac{r}{Di} = \frac{1200}{1178} = 0,1018$$

$$(0,75 + 0,2 \cdot \frac{Di}{R}) \cdot \frac{P}{f} = (0,75 + 0,2 \cdot \frac{1178}{1200}) \cdot \frac{0,6}{150} = 0,003785$$

$$\beta = 1,02$$

$$\text{Donc } ey = 1,02 \cdot (0,75 \cdot 1200 + 0,2 \cdot 1178) \cdot \frac{0,6}{150} \quad \boxed{ey = 4,63 \text{ mm}}$$

Calcul de eb : (C3.1.5.1d)

Comparaison de $ey = 4,63 \text{ mm}$ et $0,005 \cdot Di = 0,005 \cdot 1178 = 5,89 \text{ mm}$

$ey < 0,005 \cdot Di$ d'où calcul de eb.

$$eb = 0,0433 \cdot (0,75 \cdot R + 0,2 \cdot Di) \cdot (\frac{Di}{r})^{0,55} \cdot (\frac{P}{f})^{0,667}$$

$$eb = 0,433 \cdot (0,75 \cdot 1200 + 0,2 \cdot 1178) \cdot (\frac{1178}{120})^{0,55} \cdot (\frac{0,6}{150})^{0,667}$$

$$\boxed{eb = 4,34 \text{ mm}}$$

$$e = \text{MAX} [(es) ; (ey) ; (eb)] = \text{MAX} [(2,4) ; (4,63) ; (4,34)]$$

Épaisseur minimale nécessaire du fond : $\boxed{e = 4,63 \text{ mm}}$

3.3) Conclusion :

ep. minimale nécessaire du Fond = 4,63mm < ep. Admise = 11mm

L'épaisseur choisie par le constructeur convient.

4) Vérification de l'ouverture du trou d'homme

4.1) Calcul de Dm $Dm = 1300 - 6,5 = 1293,5$ mm

4.2) Condition d'application des règles pour :

Le diamètre de l'ouverture : (C5.1.2.1)

$$d \leq \min (Dm ; 16 \sqrt{(Dm \cdot e)})$$
$$(508 - 20) \leq \min (1293,5 ; 16 \sqrt{(1293,5 \cdot 6,5)})$$
$$488 \leq 1293,5 \text{ mm condition vérifiée}$$

La position de l'ouverture : (tableau C5.1.2.2)

$$x - x_0 \geq \max \{ (0,2 \sqrt{(Dm \cdot e)} ; (3 e) \}$$
$$100 \geq \max \{ (0,2 \sqrt{(1293,5 \cdot 6,5)} ; (3 \cdot 6,5) \}$$
$$100 \geq \max \{ (18,34) ; (19,5) \} \text{ condition vérifiée}$$

La tubulure :

(C5.1.2.3a) La tubulure est perpendiculaire à la virole condition vérifiée

(C5.1.2.3b) $e_t \leq k_t \cdot e$ et $e'_t \leq k_t \cdot e$

(graphique C5.1.2.3b) $\frac{d}{Dm} = \frac{488}{1293,5} = 0,377$ d'où $k_t = 2,5 \cdot (1 - \frac{d}{Dm}) = 1,55$

Donc $e_t \leq k_t \cdot e$
 $10 \leq 1,55 \cdot 6,5 = 10,075$ mm condition vérifiée

Donc $e'_t \leq k_t \cdot e$
 $9 \leq 1,55 \cdot 6,5 = 10,075$ mm condition vérifiée

4.3) Vérification de la règle de la résistance de l'enveloppe :

Comparaison de $d = 488$ mm et $0,14 \cdot \sqrt{(Dm \cdot e)} = 0,14 \cdot \sqrt{(1293,5 \cdot 6,5)} = 12,84$ mm

(C.5.1.4.b1) $d \geq 0,14 \cdot \sqrt{(Dm \cdot e)}$ donc vérification de la relation (C.5.1.4.b2)

Calcul de S :

Comparaison de x et x_p $x = 100$ mm

(tableau C5.1.3) $x_p = k_0 \cdot \sqrt{(Dm \cdot e)}$

$$(graphique C5.1.3) \quad \delta = \frac{d}{\sqrt{Dm \cdot e}} = \frac{488}{\sqrt{1293,5 \cdot 6,5}} = 5,32 \quad \text{et} \quad k_o = \frac{13}{12} - \frac{\delta}{48} = 0,972$$

$$x_p = 0,972 \sqrt{(1293,5 \cdot 6,5)} = 89,12 \text{ mm}$$

$$x > x_p \quad \text{alors} \quad L = k_o \cdot \sqrt{(Dm \cdot e)} = 89,12 \text{ mm}$$

$$S = L \cdot e = 89,12 \cdot 6,5 \quad \underline{S = 579,28 \text{ mm}^2}$$

Calcul de S_t :

$$(C.5.1.3.7) \quad l = \min \{(\sqrt{(dm \cdot e)}); (l_t)\}$$

$$l_t = 150 - 15 = 135 \text{ mm}$$

$$l = \min \{(\sqrt{(508 - 10) \cdot 10}); (135)\} = \min \{(70,57); (135)\} \quad l = 70,57 \text{ mm}$$

$$(C.5.1.3.8) \quad l' = \min \{(0,5\sqrt{(d'm \cdot e_t')}); (l_t')\}$$

$$l_t' = 50 \text{ mm}$$

$$l' = \min \{(0,5\sqrt{(497 \cdot 9)}); (50)\} = \{(33,44); (50)\} \quad l' = 33,44 \text{ mm}$$

$$S_t = (l + e) \cdot e_t + l' \cdot e_t' = (70,57 + 6,5) \cdot 10 + (33,44 \cdot 9)$$

$$\underline{S_t = 1071,6 \text{ mm}^2}$$

Calcul de G :

$$G = (L + d/2 + e_t) \cdot (D_i/2) + (l + e) \cdot d/2$$

$$G = (89,12 + 488/2 + 10) \cdot (1287/2) + (70,57 + 6,5) \cdot 488/2$$

$$\underline{G = 239\,602,8 \text{ mm}^2}$$

Vérification de la relation C.5.1.4.b2 sans anneau renfort :

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

$$579,28(150 - 0,5 \cdot 0,75) + 1071,6(150 - 0,5 \cdot 0,75) \geq 0,75 \cdot 239\,602,8$$

$$\underline{247012,9 \geq 179\,702 \text{ N}}$$

4.4) Conclusion : Condition vérifiée, il ne faudra pas d'anneau renfort.

CORRIGÉ

DE

MECANIQUE

Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau CEREN

Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN

TRAVERSE B

(1)

2.1.1 Actions en B et C.

Application PFS a la poutre OE

$$0.) \sum \vec{F} = \vec{0}$$
$$\vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{O} + \vec{B} + \vec{C} = \vec{0}$$

$$\|\vec{Q}\| = 5,6 (1917 + 1935 + 1022)$$
$$= 27294,4 \text{ N}$$

$$\underbrace{-2530 - 1360 - 27294,4}_{-31184,4} + Y_B + Y_C = 0$$

$$b) \sum \vec{\Pi}/_O = \vec{0}$$

$$2145 \times Y_B + 4080 \times Y_C + 5215 \times (-1360) + 2665 \times (-27294,4) = 0$$

$$2145 \times Y_B + 4080 \times Y_C - 79831976 = 0$$

$$Y_B = 24496,3 \text{ N}$$

$$Y_C = 6688,1 \text{ N}$$

2.2.1 Taux charge de la travée B

$$q_1 = \frac{24500}{630} = \underline{\underline{38,9 \text{ N/mm}}}$$

2.2.2 Actions mécaniques en J et M

$$\vec{J} = \vec{M}$$

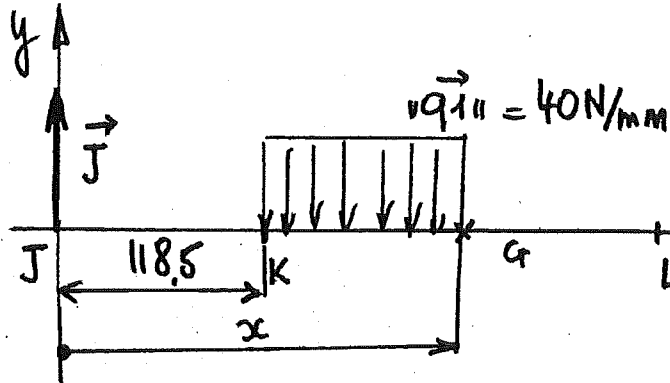
symétrie

$$\|\vec{J}\| = \|\vec{M}\| = q_1 \cdot \frac{KL}{2} = \frac{40 \times 630}{2} = \underline{\underline{12600 \text{ N}}}$$

2.2.3 Torque de cohésion dans la zone KL

(2)

$$118,5 \leq x \leq 748,5 \text{ mm}$$



$$\begin{aligned} \vec{R} &= \vec{J} + \vec{Q} & \|\vec{Q}\| &= 40(x - 118,5) \\ &= \begin{vmatrix} 0 \\ 12600 \\ 0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 \\ -40(x - 118,5) \\ 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ 17340 - 40x \\ 0 \end{vmatrix} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \pi_G &= G\vec{J} \wedge \vec{J} + \frac{G\vec{K}}{2} \wedge \vec{Q} \\ &= \begin{vmatrix} -x \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \wedge \begin{vmatrix} 0 \\ 12600 \\ 0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} -x + 118,5 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \wedge \begin{vmatrix} 0 \\ -40(x - 118,5) \\ 0 \end{vmatrix} \\ &= \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 20x^2 - 17340x + 280845 \end{vmatrix} \end{aligned}$$

soit

$$\left. \begin{aligned} \left\{ \begin{aligned} N &= 0 \\ T_y &= 40x - 17340 \\ T_z &= 0 \end{aligned} \right\}_G & \left\{ \begin{aligned} \pi_t &= 0 \\ \pi_{fy} &= 0 \\ \pi_{fz} &= -20x^2 + 17340x - 280845 \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

(3)

$$\underline{M_{fz} \text{ max à } x = 433,5 \text{ mm}}$$

$$M_{fz} \text{ max} = -20 \times 433,5^2 + 17340 \times 433,5 - 280845$$

$$= 3477600 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$\underline{M_{fz} \text{ max} = 3477,6 \text{ N}\cdot\text{m}}$$

2.2.4 Contrainte normale maximum

$$\sigma_{\text{Max}} = \frac{M_{fz} \text{ max}}{\left(\frac{IG_z}{r}\right)} \quad \frac{IG_z}{r} = 55,6 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{3500000}{55600} = \underline{62,95 \text{ MPa}}$$

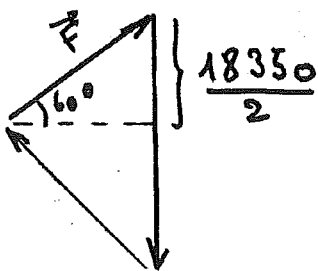
Conclusion

contrainte admissible

$$62,5 < 235 \text{ MPa}$$

3) OREILLE DE LEVAGE

3-1 Effort sur une oreille.



$$|\vec{F}| = \frac{18350}{2 \times \sin 60^\circ}$$

$$= 10594,4 \text{ N}$$

3.2 Vérification soudure ovale / colandre.

Considérons 1 cordon.

$$\|\vec{T}\| = \frac{10600 \times 1,5}{2} \times \cos 60^\circ = 3975 \text{ N}$$

$$\|\vec{N}\| = \|\vec{T}_\perp\| = \frac{10600 \times 1,5}{2} \times \sin 60^\circ \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 4868,4 \text{ N}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{\|\vec{T}\|}{a.l} = \frac{3975}{6 \times 100} = 6,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_\perp = \tau_\perp = \frac{4868,4}{6 \times 100} = 8,1 \text{ MPa}$$

Vérification

$$a) \sqrt{8,1^2 + 3(8,1^2 + 6,7^2)} \leq \frac{460}{0,9 \times 1,25}$$

19,93 <<< 408,8 MPa

$$b) \sigma_\perp \leq 0,9 \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$8,1 \lll 0,9 \frac{460}{1,25} = 331,2 \text{ MPa}$$

Soudure admise.