



**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

## 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 des Sujets d'Examens  
Réseau Canope  
Ministère de l'Enseignement Professionnel

## 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 à 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 variation de la pression et de la température  
 Fréquence des démarrages et des arrêts modérée  
 Conditions d'utilisation normale  
 Surveillance de 2 personnes en permanence  
 Mesures périodiques toutes les 2 semaines  
 15 pages et 1 double avertisseur  
 Corrosion élevée de la paroi interne de la valve  
 Faible possibilité de dégradation liée à la température  
 Risque carpiels en cas de fuite de fluide et mal  
 Surveillance de 2 personnes, autres personnes occasionnelle  
 La présence d'autres personnes reste occasionnelle  
 L'incubation de cette nouvelle installation reste modérée  
 Défaillances importantes pour l'appareil voisin

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

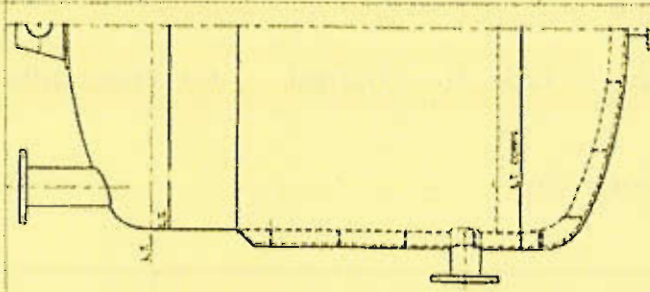
4 Moyenne

Question 1.1

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel  
Réseau Canopé

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)		Sur la paroi interne de la virole $\phi 1200$	Sur la paroi externe de la virole $\phi 1200$	Pression relative = Pression de calcul *	Corrosion totale sur la paroi	Amincissement en cours de fabrication	Tolérance sur l'épaisseur des tôles	Epaisseur utile
		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 : B<sub>1</sub>

## 3) Vérification de l'épaisseur du fond torisphérique :

### 3.1) Condition d'application :

$$R \leq D_e$$

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

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

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

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

$$r \geq 2e$$

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

$$D_e \geq 12,5e$$

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

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



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

### 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 $\beta$ : (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.

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

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

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

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

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

### 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  $Dm = 1300 - 6,5 = 1293,5 \text{ mm}$

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

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

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

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

(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  $x_p$   $x = 100 \text{ mm}$

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

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

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

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

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

Calcul de  $S_t$  :

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

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

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

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

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

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

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

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

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 reufort.

**CORRIGÉ**  
**DE**  
**MECANIQUE**

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel  
Réseau Opé

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel  
Réseau Canopé

## TRAVERSE B

(1)

### 2.1.1 Actions en B et C

Application PFS a la poutre OE

$$0) \sum \vec{F} = \vec{0} \quad \left[ \begin{array}{l} \|\vec{Q}\| = 5,6 (1917 + 1935 + 1022) \\ = 27294,4 \text{ N} \end{array} \right.$$
$$\vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{O} + \vec{B} + \vec{C} = \vec{0}$$

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

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

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

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

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

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

### 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

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

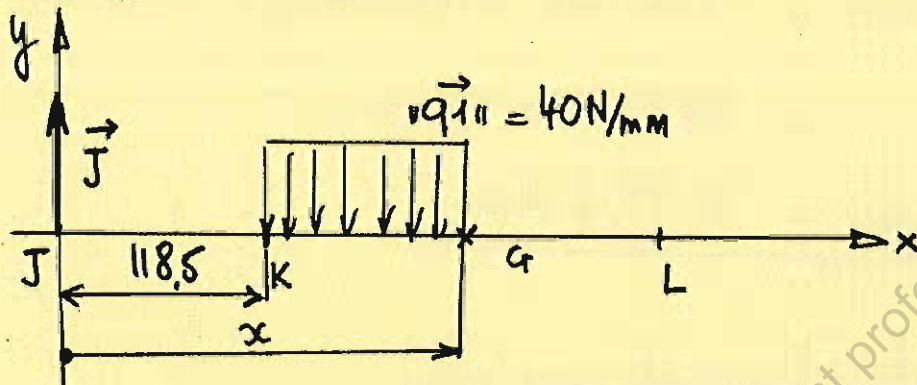
symétrie

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

### 2.2.3 Torseur de cohésion dans la zone KL

(2)

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



$$\vec{R} = \vec{J} + \vec{Q}$$

$$\|\vec{Q}\| = 40(x - 118,5)$$

$$= \begin{vmatrix} 0 \\ 12600 \\ 0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 \\ -40(x - 118,5) \\ 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ 17340 - 40x \\ 0 \end{vmatrix}$$

$$\vec{\Pi}_G = \vec{GJ} \wedge \vec{J} + \frac{\vec{GK}}{2} \wedge \vec{Q}$$

$$= \begin{vmatrix} -x \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \wedge \begin{vmatrix} 0 \\ 12600 \\ 0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \frac{-x + 118,5}{2} \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \wedge \begin{vmatrix} 0 \\ -40(x - 118,5) \\ 0 \end{vmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 20x^2 - 17340x + 280845 \end{vmatrix}$$

soit

$$\left\{ \begin{array}{l} N = 0 \\ T_y = 40x - 17340 \\ T_z = 0 \end{array} \right\}_G \quad \left\{ \begin{array}{l} \Pi_t = 0 \\ \Pi_f_y = 0 \\ \Pi_f_z = -20x^2 + 17340x - 280845 \end{array} \right\}$$

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

(3)

$$M_{fz} \text{ max} = -20 \times 433,5^2 + 17340 \times 433,5 - 280845$$
$$= 3477600 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

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

### 2.2.4 Contrainte normale maximum

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

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

### Conclusion

contrainte admissible

$$62,95 < 235 \text{ MPa}$$

### 3) OREILLE DE LEVAGE

3-1 Effort sur une oreille.



$$\frac{18350}{2}$$

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

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



### 3.2 Vérification soudure ovale / coudée.

(4)

Considérons 1 cordon.

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

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

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

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

Vérification

$$\text{a) } \sqrt{8,1^2 + 3(8,1^2 + 6,7^2)} \leq \frac{460}{0,9 \times 1,25}$$
$$19,93 \lll 408,8 \text{ MPa}$$

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

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

Soudure admise.

