

# 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.**

Session 2006

0606 - REA ST A

**EPREUVE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE**  
**SOUS EPREUVE A1 - ETUDE D'UN OUVRAGE**

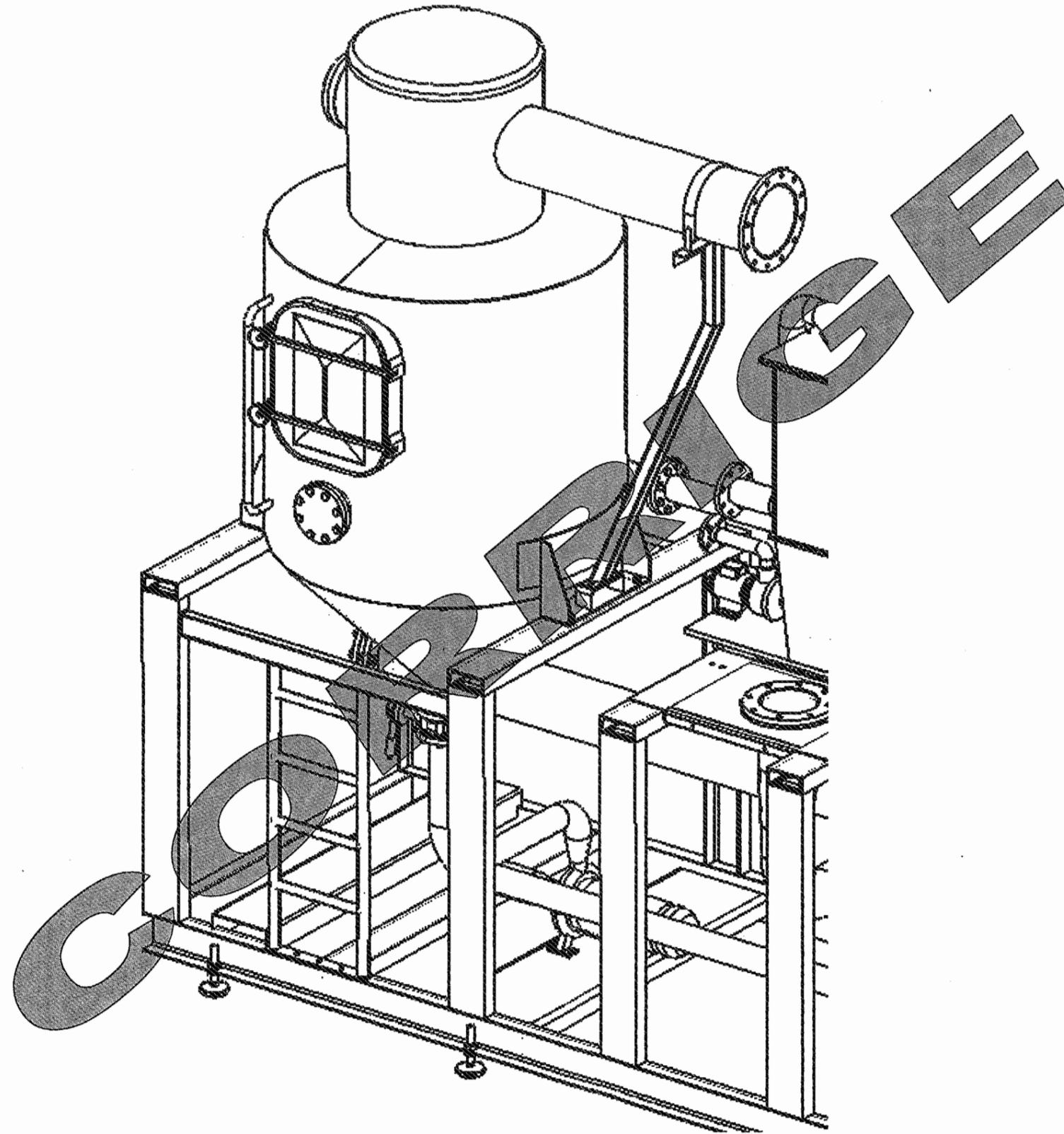
**U 11**

Durée : 4 heures - Coefficient : 2

**PROPOSITION DE CORRIGE**

Nombre de documents : 11

<b>CONTRAT ECRIT U11</b>				
<b>ON DONNE</b>	<b>Sur feuille :</b>	<b>ON DEMANDE :</b>	<b>ON EXIGE :</b>	<b>NOTE :</b>
- le plan de mise en situation FOLIO DR 2/11 - les documents techniques DT 1/4, DT 2/4 et DT 3/4	FOLIO 3/11 DR	<b>CALCUL D'ÉPAISSEUR</b> <b>Question n°1</b> : Choisir la bonne formule et l'encadrer. <b>Question n°2</b> : Calculer l'épaisseur minimale $e$ de la virole.	La formule est correctement choisie et encadrée. La formule utilisée est écrite. La réponse est justifiée par les calculs. L'unité est indiquée.	/ 4 pts
- le plan de mise en situation FOLIO DR 2/11 - les documents techniques DT 1/4, DT 2/4 et DT 3/4	FOLIO 4/11 DR	<b>CALCUL DE POIDS</b> <b>Question n° 3</b> : Calculer la masse de la virole. <b>Question n° 4</b> : Calculer la masse de l'échangeur rempli. <b>Question n° 5</b> : Calculer le poids de l'échangeur rempli.	Les formules utilisées sont écrites. Les réponses sont justifiées par les calculs. Les unités sont indiquées.	/ 8 pts
- le plan de mise en situation FOLIO DR 2/11 - les documents techniques DT 1/4, DT 2/4 et DT 3/4	FOLIO 5/11 DR et FOLIO 6/11 DR	<b>MECANIQUE</b> <b>Question n° 6</b> : Modéliser les actions mécaniques. <b>Question n° 7</b> : Faire le bilan des actions mécaniques. <b>Question n° 8</b> : Déterminer les caractéristiques inconnues des actions mécaniques. Choisir la méthode : graphiquement ou par calcul.	Les actions mécaniques sont modélisées sur le schéma. Les caractéristiques connues sont indiquées dans le tableau. <b>Graphiquement</b> : les résultats seront admis à 5% près. <b>Par calcul</b> : la démarche est exprimée.	/ 10 pts
- le plan de mise en situation FOLIO 2/11 DR - les documents techniques 1/4 DT, 2/4 DT, 3/4 DT et 4/4 DT	FOLIO 7/11 DR	<b>RESISTANCE DES MATERIAUX : FLEXION</b> <b>Question n° 9</b> : Déterminer le moment de flexion maxi. <b>Question n° 10</b> : Déterminer le module de flexion de la traverse. <b>Question n° 11</b> : Calculer la Résistance pratique à l'extension $R_{pe}$ . <b>Question n° 12</b> : Calculer la contrainte normale maxi $\sigma_{maxi}$ . <b>Question n° 13</b> : Vérifier la condition de résistance.	Le module de flexion est correctement choisi. Le diagramme des moments fléchissant est correct. Le moment de flexion maxi est identifié. Les résultats sont indiqués avec leurs unités. La condition de résistance est justifiée.	/ 10 pts
- le plan de mise en situation FOLIO DR 2/11 - les documents techniques DT 1/4, DT 2/4 et DT 3/4	FOLIO 8/11 DR	<b>RESISTANCE DES MATERIAUX : CISAILLEMENT</b> <b>Question n° 14</b> : Calculer la Résistance pratique au cisaillement $R_{pg}$ . <b>Question n° 15</b> : Ecrire la Contrainte normale maxi $\tau_{maxi}$ . Ecrire l'aire de la section des soudures cisailées. Ecrire la condition de résistance et calculer la longueur $l$ des soudures.	La résistance pratique au cisaillement est correcte. Le résultat est justifié par les calculs. L'équation de la contrainte normale maxi est écrite, ainsi que l'aire des sections cisailées. La condition de résistance est clairement exprimée et la longueur des soudures est correcte.	/ 8 pts
- le plan de mise en situation FOLIO DR 9/11 - les documents techniques DT 1/4, DT 2/4, DT 3/4 et DT 4/4	FOLIO 10/11 DR et FOLIO 11/11 DR	<b>DESSIN TECHNIQUE :</b> <b>Question 16</b> : Définir et représenter le pied à l'échelle 1 : 5 en 3 vues : - Vue de face - Vue de gauche en coupe A-A - Vue de dessus en coupe B-B Indiquer les symboles de soudure.  Définir les positionnement géométrique de perpendicularité entre les renforts et la platine inférieure.	Le soin apporté au travail est satisfaisant. La conception est en adéquation avec le problème posé. Les formes de la pièce sont clairement définies sur les 3 vues. Les soudures sont clairement définies. Le système de réglage est clairement défini et coté. Le positionnement géométrique des renforts par rapport à la platine inférieure est correctement exprimé.	/ 30 pts
			Total	/ 70 pts
			Total	/ 20 pts



**CALCUL D'ÉPAISSEUR :** l'objectif de cette partie est de déterminer les caractéristiques de la virole constituant l'évaporateur.

- Documents à utiliser :
- le plan de mise en situation FOLIO DR 2/11
  - les documents techniques DT 1/4, DT 2/4 et DT 3/4
  - le document réponse FOLIO DR 3/11

Afin de déterminer l'épaisseur de la tôle qui est utilisée pour réaliser la virole de l'évaporateur, on demande d'appliquer le CODAP (Code des Appareils à Pression).

Données : L'évaporateur est un appareil classé en catégorie B. Le CODAP prévoit pour les vérifications des appareils les règles suivantes :

- Une situation normale de fonctionnement ou de service :

Pression de service = 12 bars

La contrainte nominale de calcul est  $f = \frac{Re}{1,6}$

Le coefficient de soudure  $z = 1$

- Une situation exceptionnelle de fonctionnement :

La pression = 14 bars

La contrainte nominale de calcul est  $f = \frac{Rm}{2,7}$

- Une situation d'épreuve :

La pression d'épreuve est 1,3 fois la pression de service

La contrainte nominale de calcul est  $f = \frac{Re}{1,6}$

Le coefficient de soudure  $z = 1$

Le constructeur devra confier l'appareil à un organisme de vérification pour lui faire passer les tests de pression. L'acier inoxydable constituant la cuve est du X 5 Cr Ni Mo 17-12-2 dont la limite élastique est  $Re = 340$  Mpa et une résistance moyenne de  $Rm = 620$  Mpa.

On prendra 1 Mpa = 10 bars

- Notations :
- $e$  = épaisseur minimale de l'enveloppe en mm
  - $Di$  = diamètre intérieur de l'enveloppe en mm
  - $Dm$  = diamètre moyen de l'enveloppe en mm
  - $De$  = diamètre extérieur de l'enveloppe en mm
  - $f$  = contrainte nominale de calcul du matériau de l'enveloppe
  - $P$  = pression de calcul en Mpa
  - $Z$  = coefficient de soudure

**Question 1 :**

En vous aidant des données précédentes et des caractéristiques de la virole de l'évaporateur représentée en DT 3/4, **CHOISIR** la bonne formule et l'**ENCADRER**.

$$e = \frac{P \cdot Di}{2f \cdot z - P}$$

$$e = \frac{P \cdot Dm}{2f \cdot z}$$

$$e = \frac{P \cdot De}{2f \cdot z + P}$$

/ 2

**Question 2 :**

**CALCULER** l'épaisseur minimale  $e$  de la virole constituant l'évaporateur à partir de la pression d'épreuve.

Cas le plus défavorable : Cas n°3 : Situation d'épreuve

$$e = \frac{P \cdot De}{2f \cdot z + P}$$

$$p = 1,3 \times 12 \text{ (} p = 1,3 \times \text{pression de service)} = 15,6 \text{ bars}$$

$$f = Re/1,6 = 340/1,6 = 212,5$$

$$e = \frac{1,56 \times 1300}{2 \times 212,5 + 1,56} = 4,75$$

→ Il faudra choisir une épaisseur de tôle pour la virole de 5 mm.

$e = 5 \text{ mm}$

/ 2

**Total feuille 3/11 : / 4**

**CALCUL DE POIDS:** l'objectif de cette partie est de déterminer le poids de l'évaporateur en fonctionnement.

Documents à utiliser :  
 - le plan de mise en situation FOLIO DR 2/11  
 - les documents techniques DT 1/4, DT 2/4 et DT 3/4  
 - le document réponse FOLIO DR 4/11

On se propose de rechercher le poids des différents éléments constituant l'évaporateur dans le but de calculer son poids total.

**Données :** Pour chaque élément on donne les caractéristiques suivantes :  
 - La virole **rep. B01** : masse  $M_1$  = masse à calculer (voir doc. tech. DT 3/4), masse volumique de l'acier inoxydable :  $\rho_{\text{acier inox}} = 7,81 \text{ Kg/dm}^3$ , épaisseur de la tôle  $e=5 \text{ mm}$   
 - L'ensemble {Tronc de cône inférieur **rep. B02+ B03** + bride **rep. B10**} : masse  $M_2 = 70 \text{ Kg}$   
 - L'ensemble {Trou d'homme **rep. B0101** + accessoires (molettes + tiges renforts + axes portes + poignée + bride pleine)} : masse  $M_3 = 45 \text{ Kg}$   
 - Le Tronc de cône supérieur **rep. B04** : masse  $M_4 = 30 \text{ Kg}$   
 - L'ensemble {virole supérieur **rep. B05** + Fond GRC **rep. B06**} : masse  $M_5 = 45 \text{ Kg}$   
 - L'ensemble {tubulure  $\varnothing 273$  **rep. B07** + bride **rep. B09** + bouchon **rep. B08**} : masse  $M_6 = 90 \text{ Kg}$

L'évaporateur est rempli d'environ 320 Litres d'eau : la masse de l'eau est donc :  
 $M_7 = 320 \text{ kg}$ .

**Hypothèses :** - Pour le calcul de la masse de la virole **rep. B01**, on ne tient pas compte du trou d'homme.  
 - On prendra :  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

### Question 3 :

3a : CALCULER le volume de la virole **rep. B01** repéré  $V_1$  :

$$V_1 = \pi \cdot (R^2 - r^2) \cdot h$$

$$V_1 = \pi \times (650^2 - 645^2) \times 1200$$

$$V_1 = \pi \times 6475 \times 1200$$

$$V_1 = 24410174,9 \text{ mm}^3$$

$$V_1 = 24,41 \text{ dm}^3$$

/ 2

3b : CALCULER le masse de la virole **rep. B01** repéré  $M_1$  :

$$M_1 = \rho \times V_1$$

$$M_1 = 7,81 \times 24,41$$

$$M_1 = 190,64 \text{ kg}$$

$$M_1 = 190,64 \text{ kg}$$

/ 1

### Question 4 :

Pour la suite du calcul, on prend comme masse de la virole **rep. B01** :  $M_1 = 200 \text{ kg}$

CALCULER la masse totale du système  $M$

$$M = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6 + M_7$$

$$M = 200 + 70 + 45 + 30 + 45 + 90 + 320$$

$$M = 800 \text{ kg}$$

$$M = 800 \text{ kg}$$

/ 3

### Question 5 :

CALCULER le poids total de l'évaporateur rempli d'intensité  $\vec{P}$  :

$$\vec{P} = M \times g$$

$$\vec{P} = 800 \times 9,81 = 7848 \text{ N}$$

$$\vec{P} = 784,8 \text{ daN}$$

/ 2

Total feuille 4/11 : / 8



## 8-b : Par calculs

8b-1 : **EXPRIMER** sur l'axe y la condition  $\sum \vec{F}_{ext/A4} = \vec{0}$  (somme des forces extérieures appliquées sur la traverse **rep. A4** = 0)

$$\sum \vec{F}_{ext/A4} = \vec{0}$$

$$\vec{A}_{A3/A4} + \vec{P} + \vec{B}_{A3/A4} = \vec{0}$$

Projection / y

$$\|\vec{A}_{A3/A4}\| - \|\vec{P}\| + \|\vec{B}_{A3/A4}\| = 0$$

$$\|\vec{A}_{A3/A4}\| + \|\vec{B}_{A3/A4}\| = \|\vec{P}\|$$

8b-2 : **EXPRIMER** la condition  $\sum \vec{M}_B(\vec{F}_{ext/A4}) = \vec{0}$  (somme des moments par rapport au point B des forces extérieures appliquées sur la traverse **rep. A4** = 0)

$$\sum \vec{M}_B(\vec{F}_{ext/A4}) = \vec{0}$$

$$\vec{M}_B(\vec{A}_{A3/A4}) + \vec{M}_B(\vec{P}) + \vec{M}_B(\vec{B}_{A3/A4}) = \vec{0}$$

Projection / z

$$-AB \times \|\vec{A}_{A3/A4}\| + BC \times \|\vec{P}\| + 0 = 0$$

$$\|\vec{A}_{A3/A4}\| = \|\vec{P}\| \times \frac{BC}{AB}$$

8b-3 : En **DEDUIRE** les modules des actions aux points A et B

$$\|\vec{A}_{A3/A4}\| = \|\vec{P}\| \times \frac{BC}{AB} = 400 \times \frac{840}{1540} = 218.18 \text{ daN}$$

$$\|\vec{B}_{A3/A4}\| = \|\vec{P}\| - \|\vec{A}_{A3/A4}\| = 400 - 218.18 = 181.81 \text{ daN}$$

$$\|\vec{A}_{A3/A4}\| = 218.18 \text{ daN}$$

$$\|\vec{B}_{A3/A4}\| = 181.81 \text{ daN}$$

## FORMULAIRE

**FLEXION :**

Condition de résistance :  $\sigma_{\max} \leq R_{pe}$

Contrainte normale maxi :  $\sigma_{\max} = \frac{Mf_{\max}}{I_{Gz}}$

Avec  $Mf_{\max}$  = moment de flexion maxi en N.mm

$\frac{I_{Gz}}{v}$  = module de flexion en  $\text{mm}^3$

$\sigma$  = en Mpa

Résistance pratique à l'extension :  $R_{pe} = \frac{R_e}{n}$  avec  $R_e$  = limite minimale élastique  
 $n$  = coefficient de sécurité

**CISAILLEMENT :**

Condition de résistance :  $\tau_{\max} \leq R_{pg}$

Contrainte tangentielle Le dessin du sous ensemble **rep. B11** et la patte **rep. B16** en tenant compte des données définie précédemment permettra la réalisation du support à l'atelier. Ceci est l'objet de la **question 16**.

$$\tau = \frac{T}{S}$$

Avec  $T$  = Effort tranchant en N

$S$  = Aire de la section droite en  $\text{mm}^2$

$\tau$  = en Mpa

Résistance pratique au cisaillement :  $R_{pg} = \frac{R_g}{n}$  avec  $R_g$  = limite au glissement =  $\frac{R_e}{2}$   
 $n$  = coefficient de sécurité

**RESISTANCE DES MATERIAUX :** l'objectif de cette partie est de vérifier les caractéristiques dimensionnelles des traverses Rep. A4 du bâti.

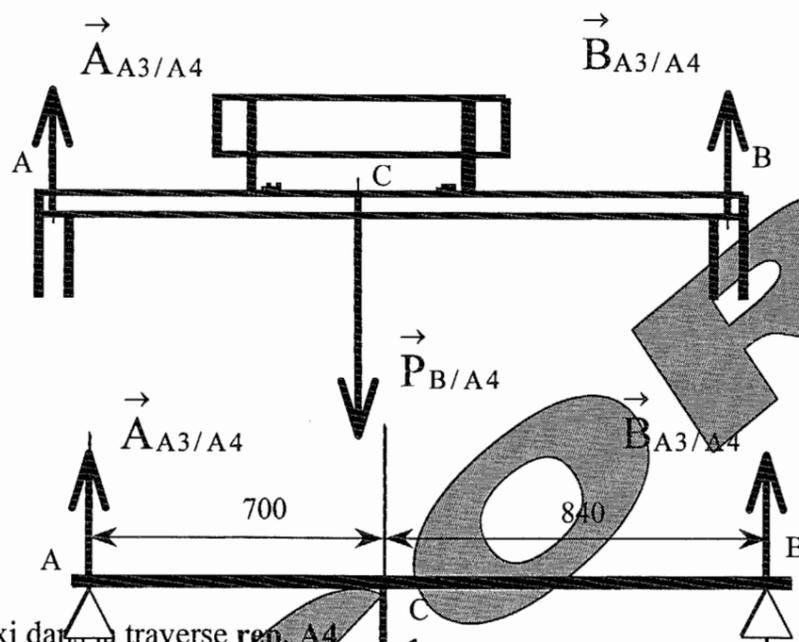
- Documents à utiliser :
- le plan de mise en situation FOLIO 2/11 DR
  - les documents techniques 1/4 DT, 2/4 DT, 3/4 DT et 4/4 DT
  - les documents réponses FOLIO 7/11 DR

**FLEXION**

**Etude des traverses rep. A4 :** Pour cette étude nous allons considérer le cas le plus défavorable, c'est-à-dire, une charge concentrée au point C engendrée par le poids de l'évaporateur rep. B en fonctionnement (évaporateur + eau). Les traverses rep. A4 sont réalisées en UPN 160

- Hypothèses :**
- Le problème sera assimilé à un problème plan pour des raisons de symétrie.
  - Les liaisons sont supposées parfaites.
  - La traverse rep. A4 sera considérée comme liaison ponctuelle avec les poteaux rep. A3 en A et B.

- Données :**
- $\vec{P}_{B/A4} = 400 \text{ daN}$
  - $\vec{A}_{A3/A4} = 220 \text{ daN}$
  - $\vec{B}_{A3/A4} = 180 \text{ daN}$

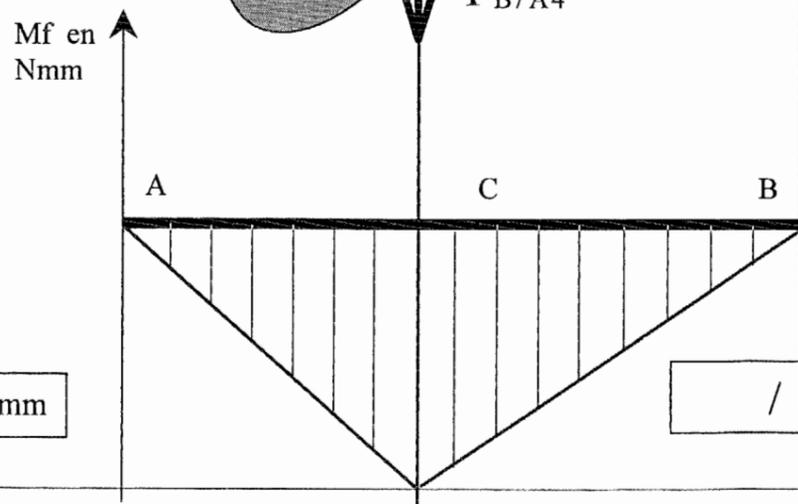


**Question 9 :**

Détermination du moment de flexion maxi dans la traverse rep. A4

$M_{f_{\max}} = 2200 \times 700 = 1540000 \text{ Nmm}$

9a : TRACER ci-contre le diagramme des moments flechissants.



Echelle : 1mm → 200000 Nmm

/ 3

9b : En DEDUIRE le moment fléchissant maxi.

$M_{f_{\max}} = 1540000 \text{ Nmm}$

/ 1

**Question 10 :**

En vous aidant du tableau décrivant les caractéristiques des poutres UPN,

DETERMINER le module de flexion  $\frac{I_{Gz}}{v}$  de la traverse rep. A4

Dans le tableau, on repère  $\frac{I_{Gz}}{v} = 116 \text{ cm}^3$

$\frac{I_{Gz}}{v} = 116 \text{ mm}^3$

/ 1

**Question 11 :**

Le matériau utilisé pour la réalisation de la traverse rep. A4 est du X2 Cr Ni Mo 17-12-2 (limite minimale élastique  $R_e = 340 \text{ Mpa}$ ). On prendra un coefficient de sécurité  $n = 4$ .

CALCULER Résistance pratique à l'extension Rpe

/ 1

$R_{pe} = \frac{R_e}{n} = \frac{340}{4} = 85 \text{ MPa}$

$R_{pe} = 85 \text{ MPa}$

/ 1

**Question 12 :**

CALCULER la contrainte normale maxi  $\sigma_{\max}$  (préciser les calculs)

$\sigma_{\max} = \frac{1540000}{116000} = 13.2 \text{ Mpa}$

$\sigma_{\max} = 13.2 \text{ MPa}$

/ 2

**Question 13 :**

VERIFIER la condition de résistance de la traverse rep. A4. JUSTIFIER votre réponse.

La condition de résistance est :  $\sigma_{\max} \leq R_{pe}$ .

Or on a :  $13.2 \text{ MPa} < 85 \text{ Mpa}$ . On peut donc conclure que la traverse tiendra.

/ 2

**Total feuille 7/11: / 10**

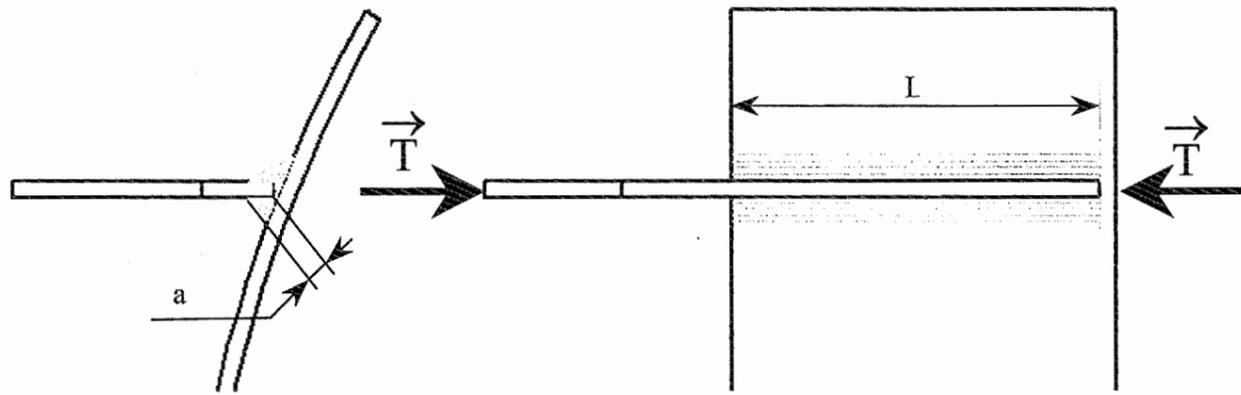
**RESISTANCE DES MATERIAUX (suite)** : l'objectif de cette partie est de déterminer la longueur des soudures permettant de fixer les pieds Rep. B11 sur la virole de l'évaporateur.

- Documents à utiliser :
- le plan de mise en situation FOLIO DR 2/11
  - les documents techniques DT 1/4, DT 2/4 et DT 3/4
  - les documents réponses FOLIO DR 8/11

**CISAILLEMENT**

Etude des soudures de fixation les pieds Rep. B11 :

Nous allons considérer que les pieds sont soumis à un effort  $\vec{T}$  tel que  $\|\vec{T}\| = 800 \text{ daN}$



**Question 14 :**

Le métal d'apport utilisé pour la soudure a une résistance limite élastique  $R_e = 320 \text{ MPa}$ .  
On adopte un coefficient de sécurité  $n = 4$ .

**14a : CALCULER** la limite au glissement  $R_g$

$$R_g = \frac{R_e}{2} = \frac{320}{2} = 160 \text{ MPa}$$

**Rg = 160 MPa**

/ 1

**14b : CALCULER** la Résistance pratique au cisaillement  $R_{pg}$

$$R_{pg} = \frac{R_g}{n} = \frac{160}{4} = 40 \text{ MPa}$$

**Rpg = 40 MPa**

/ 2

**Question 15 :**

Vérification de la condition de résistance dans le but de déterminer la longueur des soudures.

**15a : ECRIRE** l'équation de la Contrainte normale maxi  $\tau_{\text{maxi}}$ .

$$\tau_{\text{maxi}} = \frac{T}{S}$$

/ 1

Sachant qu'il y a 4 soudures d'épaisseur  $a = 8 \text{ mm}$  et de longueur  $L$  :

**15b : ECRIRE** l'aire de la section des soudures cisillée en fonction de  $a$  et  $L$

$$S = 2 \times a \times L$$

/ 1

**15c : REMPLACER**  $S$  dans l'équation de la Contrainte tangentielle  $\tau$

$$\tau = \frac{T}{4 \times a \times L}$$

/ 1

**15d : ECRIRE** la condition de résistance des soudures et **CALCULER** la longueur  $L$  des soudures.

$$\tau_{\text{maxi}} \leq R_{pg}$$

$$\frac{T}{4 \times a \times L} \leq R_{pg}$$

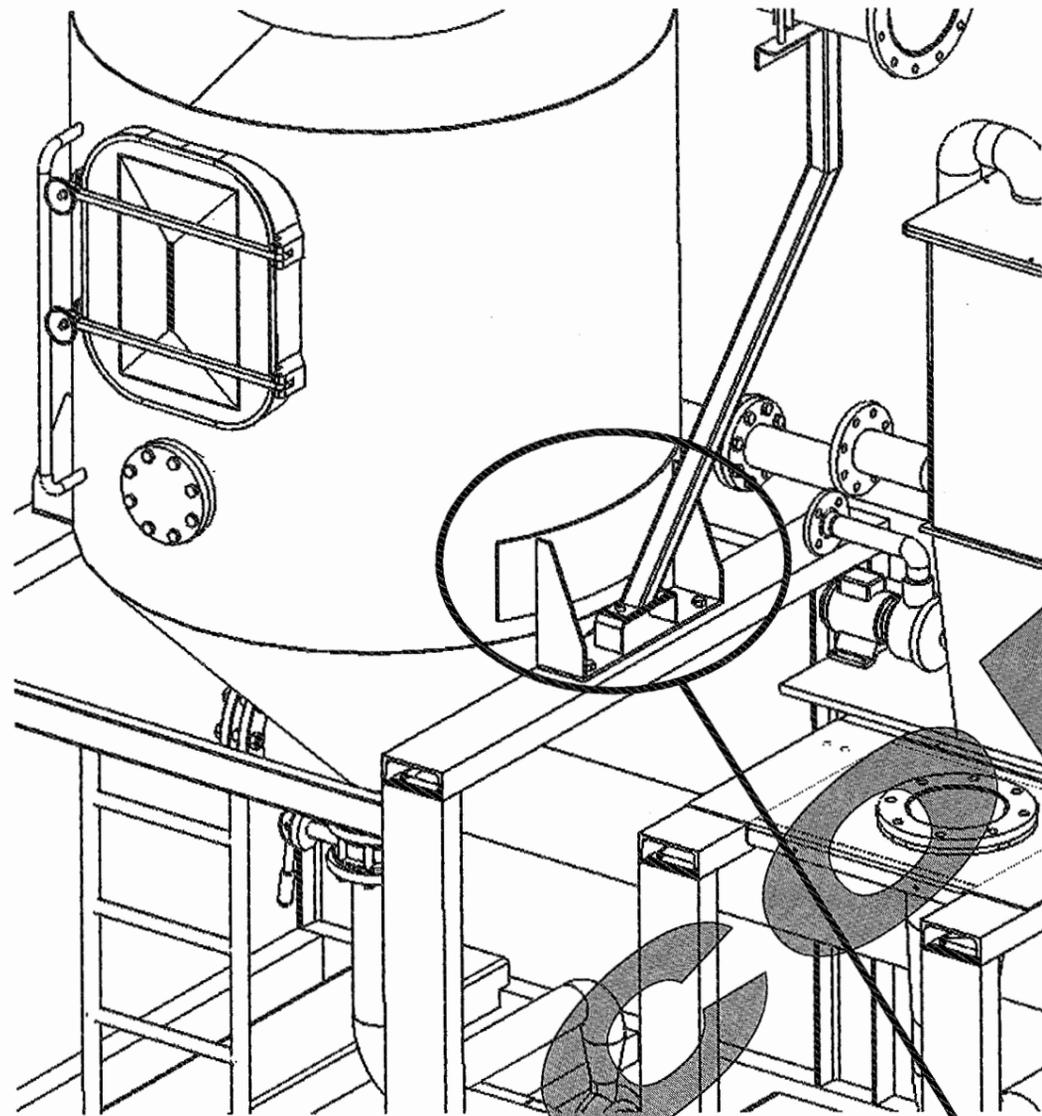
$$L \geq \frac{T}{4 \times a \times R_{pg}}$$

$$L \geq \frac{8000}{4 \times 8 \times 40} \rightarrow L \geq 6.25$$

**L = 6.25 mm**

/ 2

**Total feuille 8/11 : / 8**



Pieds Rep. B11

### MISE EN SITUATION DESSIN TECHNIQUE

La fixation de l'évaporateur sur le bâti est réalisée par 2 pattes soudées à la virole.

L'étude consistera à concevoir les pattes de fixation. elles sont réalisées à l'aide d'une tôle et de 2 renforts soudés sur une tôle cintrée, elle-même soudée à la virole de l'évaporateur. Elles comportent également un support en **U** permettant la fixation du support en té **rep. B16**. Le dessin du sous ensemble **rep. B11** et la patte **rep. B16** tiendra compte des données définies précédemment.

**DESSIN TECHNIQUE** : l'étude portera sur les pieds de fixation **Rep. B11** de l'évaporateur.

Documents à utiliser :

- le plan de mise en situation FOLIO DR 9/11
- les documents techniques DT 1/4, DT 2/4, DT 3/4 et DT 4/4
- les documents réponses FOLIO DR 11/11

Données : Les pieds de fixation **Rep. B11** sont constitués :

- D'une platine inférieure en tôle d'épaisseur **8 mm** de longueur **600 mm** soudée aux renforts et percée pour permettre la fixation sur les traverses **rep. A4** (un réglage de la position de l'échangeur devra être possible).
- De 2 renforts d'épaisseur **8 mm**, soudés à une platine cintrée et à la platine inférieure, de forme à définir.  
Espace entre les 2 renforts : **500 mm**.  
Longueur de soudure des renforts : **170 mm** minimum.
- D'une platine cintrée d'épaisseur **8 mm** soudée à la virole de l'évaporateur représentée sur le sujet.
- De 4 vis de fixation à définir.  
Rappel : Il faut également prévoir une forme dans la platine inférieure pour le réglage de la position de l'échangeur.
- D'un support en U d'épaisseur **8 mm** pour fixer le support en té **rep. B16**.  
Nota : Les cotes manquantes seront relevées sur le document **3/4DT** et remises à l'échelle : **1/5**

**Question 16 :**

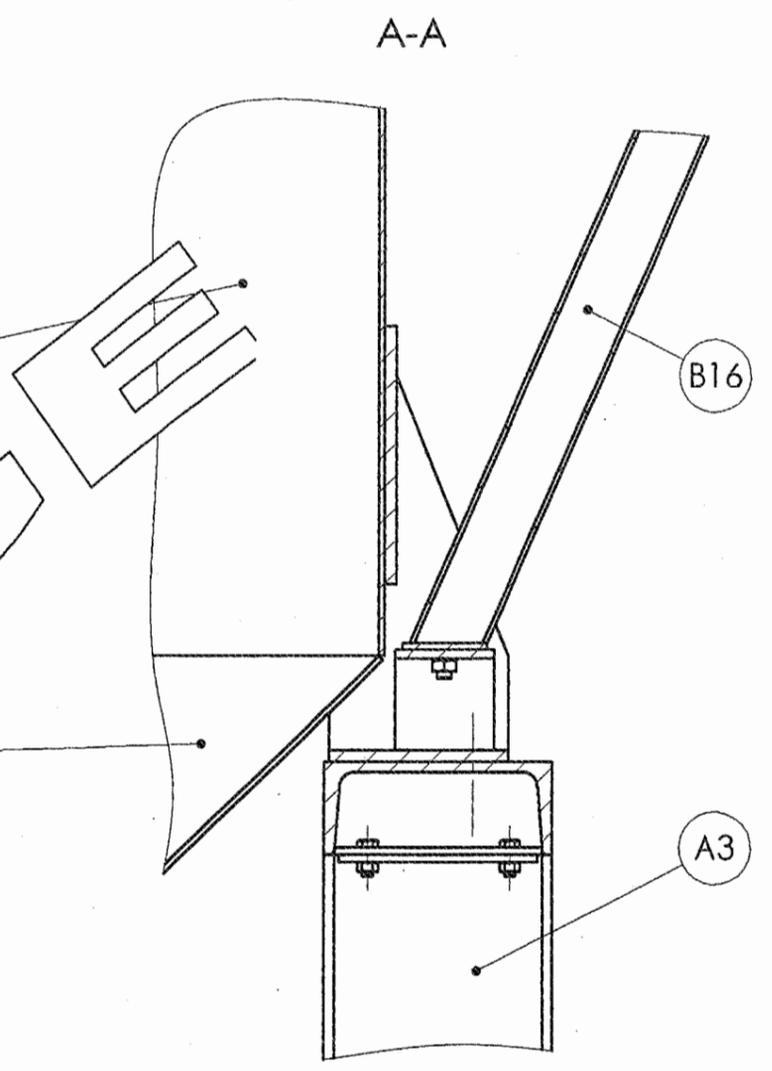
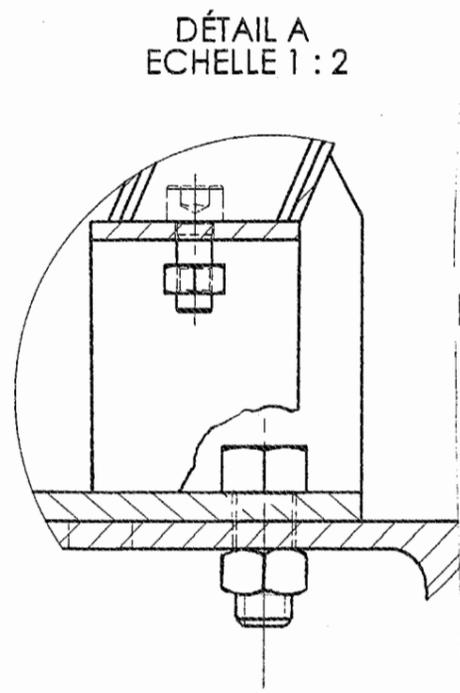
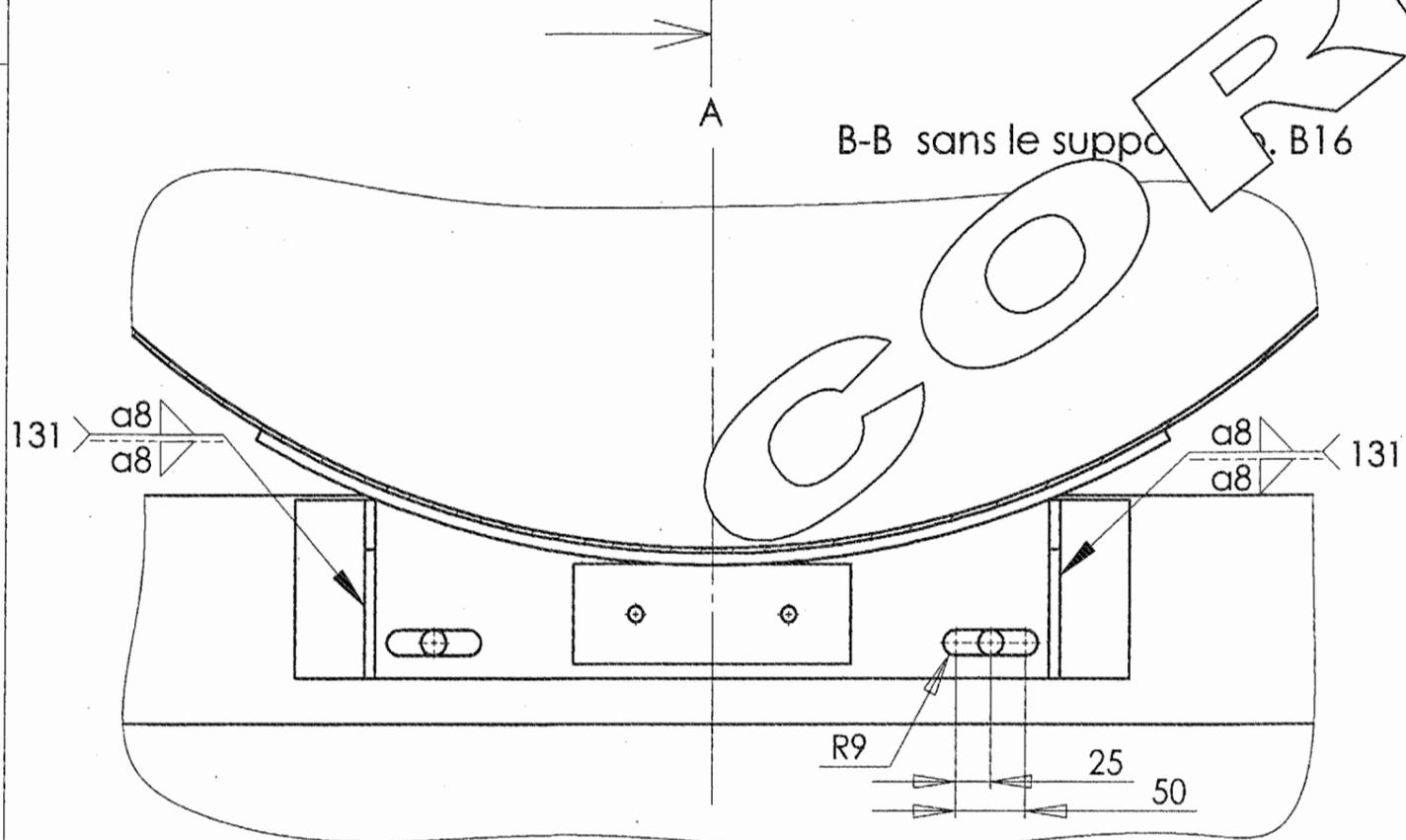
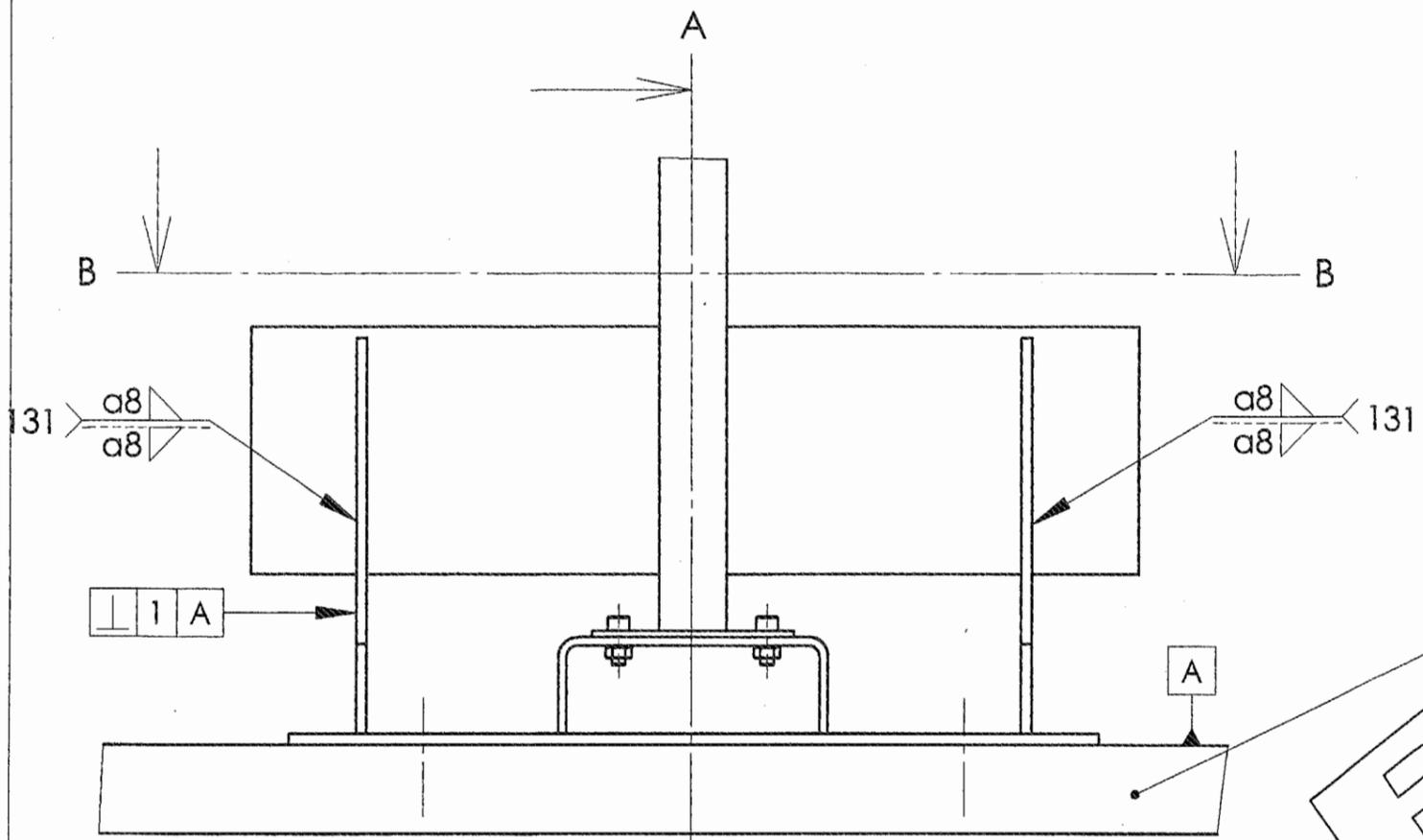
**16a : DEFINIR et REPRESENTER** le pied à l'échelle 1 : 5 en :

- Vue de face ;
- Vue de dessus en coupe A-A sans le support **rep. B16** ;
- Vue de gauche en coupe B-B.

**16b : INDIQUER** les symboles de soudures (procédé : soudage électrique à l'arc Gaz inerte, électrode fusible ; épaisseur de soudure : 8 mm).

**16c : DEFINIR** les positionnement géométrique de perpendicularité entre les renfort et la platine inférieure (IT = 1).

CORRIGEE



Barème de notation

Qualité du dessin	/2
La conception est rationnelle	/5
Vue de face	/5
VUE de gauche en coupe AA	/5
VUE de dessus en coupe B-B	/5
Symbolisation des soudures	/4
Cotation du système De réglage.	/2
Tolérances géométriques	/2
Total	/30

**Nota :** Les vis de fixation seront représentées par des traits d'axe sur les 3 vues et représentées entièrement sur la vue de détail A

Licence d'éducation SolidWorks  
A titre éducatif uniquement

**A3**  
Echelle 1 : 5

**PIEDS DE FIXATION**

00  
**11 / 11 DR**