

SESSION DE 2008

---

**CA/PLP**  
**CONCOURS EXTERNE ET CAFEP**

**Section : GÉNIE INDUSTRIEL**

**Option : STRUCTURES METALLIQUES**

**SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES**

Durée : 6 heures

---

Calculatrice électronique de poche, y compris programmable, alphanumérique ou à écran graphique, à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

CODAP didactique édition 2000 ou 2005 obligatoire.

L'usage de tout autre ouvrage de référence, de tout document et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

*Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.*

*De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.*

**NB : Hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.**

**Tournez la page S.V.P.**

(A)

1<sup>ère</sup> étude : étude relative au réservoir de traitement des hydrocarbures.

2<sup>ème</sup> étude : étude de la structure porteuse et des plateformes d'accès.

Il est conseillé de consacrer environ 3 heures à chaque étude.

# RESERVOIR DE TRAITEMENT DES HYDROCARBURES

Document autorisé : CODAP didactique ou CODAP 2000 ou 2005

Contenu du dossier :

- Documents sujet ( 10 formats A4):

Texte du sujet : pages DS1 à DS9.....format A4.

- Documents techniques ( 18 formats A4):

Document DT1 : dessin d'ensemble du RESERVOIR..... format A4.

Document DT2 : coupe partielle AA du trou d'homme.....format A4.

Document DT3 : caractéristiques des tourillons de levage .....format A4.

Document DT4 : caractéristiques dimensionnelles des brides  
à collerette à souder en bout PN 40..... format A4.

Document DT5 : caractéristiques dimensionnelles des  
courbes 3d.....format A4.

Document DT6 : moments fléchissants dans la potence et  
caractéristiques des tubes de construction..... format A4.

Document DT7 à DT18 : documents relatifs à la deuxième étude...format A4.

- Documents réponses (3 formats A4 + feuilles de copie):

Document DR1 : implantation d'un tourillon..... format A4.

Document DR2 : représentation en perspective isométrique..... format A4.

Document DR3 : implantation d'un anneau de levage..... format A4.

Feuilles de copie réglementaires anonymables..... format A4.

## MISE EN SITUATION

Le plan d'ensemble définit partiellement un réservoir destiné au traitement d'un mélange vapeur – liquide d'hydrocarbure avec évaporation et lavage par du méthanol liquide pulvérisé.

### 1<sup>ère</sup> étude relative au réservoir de traitement des hydrocarbures

#### DONNEES :

- code de calcul	CODAP 2000 ou 2005
- contrainte nominale de calcul pour tous les éléments intervenant dans les calculs :	120 MPa
- diamètre intérieur (Di) des fonds et de la virole	1150 mm
- coefficient de soudure	1
- surépaisseur de corrosion (intérieure)	3 mm
- pression de service	2.88 MPa
- pression de calcul en situation normale de service	3,6 MPa
- température de calcul en situation normale de service	55°C
- poids total à vide du réservoir	41600 N
- poids total de la jupe	8700 N
- volume du réservoir	2,86 m <sup>3</sup>
- tolérance en moins sur l'épaisseur de la tôle	0 mm (classe C)
- réduction d'épaisseur en cours de fabrication de la virole	0,1 mm
- tolérance en moins sur l'épaisseur du fond (compte tenu des tolérances sur les tôles et de la fabrication)	-0,15.e <sub>n</sub>

**TRAVAIL DEMANDE :** (sur feuille(s) de copie(s) et documents réponses DR1, DR2 et DR3)

#### 1) VERIFICATION DES EPAISSEURS

1.1 Vérifier l'épaisseur de la virole en situation normale de service ( $e_n = 25$ ).  
(CODAP C1.9 et C2.1)

1.2 Vérifier l'épaisseur du fond elliptique conforme à la norme NF E 81-103, en situation normale de service ( $e_n = 25$ ).  
(CODAP C1.9 et C3.1)

#### 2) ETUDE DE L'OUVERTURE

(voir coupe partielle AA sur DT2) (CODAP C5.1)

2.1 Déterminer l'épaisseur moyenne admise ( $e_t$ ) et la distance  $x_0$  avec une précision de 0,01 mm étant donné que la longueur de tubulure participant à la résistance de l'ouverture est  $l = 119,70$  mm.

*(Pour la suite des calculs, on prendra  $e_t = 27 \text{ mm}$ ,  $x_0 = 3 \text{ mm}$  et  $l = 117,7 \text{ mm}$ )*

2.2 Vérifier la résistance de l'ouverture H et dimensionner l'anneau renfort si celui-ci est nécessaire.

### 3) ETUDE DE L'IMPLANTATION DES TOURILLONS

Représenter, sur le document réponse DR1 (dans le détail A et dans la vue suivant F), l'implantation d'un des deux tourillons de levage compatible avec les caractéristiques de l'appareil complet (réservoir + jupe) à vide. Ses dimensions devront être les dimensions minimales nécessaires. Coter votre dessin. (doc. DT3)

### 4) ETUDE DE LA TUYAUTERIE DN 50

Le document réponse DR2, représente en projections orthogonales et en bifilaire à l'échelle 1:20, la tuyauterie DN 50 de raccordement allant de la sortie basse du réservoir de traitement à une bache de récupération.

4.1 Représenter sur le document DR2 la tuyauterie en perspective isométrique à l'échelle 1:15 en unifilaire (sans tenir compte du coefficient de réduction de 0,82).

4.2 Coter la perspective.

4.3 Calculer les longueurs des parties droites et les angles des courbes de cette tuyauterie en fonction des données suivantes :

- brides à collerettes à souder en bout PN40 (doc. DT4)
- courbes 3d (doc. DT5)
- jeu de soudage : 1 mm.

### 5) ETUDE DE LA POTENCE

Le document réponse DR3 représente la tuyauterie de raccordement de la sortie T à une tuyauterie horizontale. Pour des raisons de maintenance, cette tuyauterie devra être démontable, la manutention se faisant à l'aide d'une potence fixée au corps du réservoir.

5.1 Représenter l'anneau de levage (en le modifiant si nécessaire) sur le dessin de la tuyauterie de raccordement ( échelle 1:5) dans la position qui vous semble la meilleure pour faciliter le montage et le démontage de celle-ci. Le poids de la tuyauterie est de 1925 N et son point d'application (position du centre de gravité) dans le repère O,x,y,z

est le suivant :  $\vec{OG} = 340,1 \vec{x} + 309,8 \vec{z}$

5.2 Déterminer le tube vertical le mieux adapté parmi la liste proposée (DT6), sachant que la contrainte admissible dans la potence est de 80 MPa.

On utilisera la copie d'écran du diagramme des moments fléchissants (DT6) dans la potence soumise à la charge de la tuyauterie et du treuil donné par un logiciel de RDM.

## 2<sup>ème</sup> étude : structure porteuse et plateformes d'accès.

Le réservoir présenté dans le dossier technique, est équipé de deux plateformes, l'une pour un accès au trou d'homme, l'autre pour l'accès à la partie supérieure où se situe la potence, chacune des plateformes permet une circulation périphérique (voir DT7).

**NOTA : Pour les calculs de résistance, (à l'ELU), la vérification des sections pourra se faire soit en élasticité soit en plasticité. ELU : Etat Limite Ultime, ELS : Etat Limite de Service.**

### 6) ETUDE DES POTEAUX DU SUPPORT DU RESERVOIR

Chaque poteau est un UAP 175 en acier S235, *articulé* en pied et que l'on peut *supposer encastré* en tête au niveau de sa fixation par cordons de soudure sur le réservoir, (son épaisseur est en effet relativement forte). L'ensemble de l'ouvrage et de son équipement induit une force verticale **pondérée** de 11 946 daN qui se répartit *également* sur chacun des quatre poteaux, (voir Fig.1). La pression admissible sur le béton de fondation de chaque pied est de 13,3 MPa. Les dimensions horizontales de la platine sont 120 x 150.

6.1 Calculer l'effort sur un poteau et préciser la sollicitation dans celui-ci.

6.2 Vérifier un poteau vis-à-vis du flambement, voir :

DT9 article 5-3

DT8 art 4-2

DT9, DT10, DT11 et DT12.

On rappelle que pour une poutre articulée à une extrémité et encastrée parfaitement à l'autre, sans déplacement relatif de ses extrémités, la longueur de flambement  $L_K$  est  $0,7 l_0$ ,  $l_0$  étant la longueur de la poutre.

6.3 Vérifier les cordons verticaux de liaison entre le poteau et l'ouvrage. *On ne tiendra pas compte des deux cordons horizontaux*,  $K = 0,7$  (Voir DT13).

6.4 Vérifier que les dimensions 120 x 150 de la platine conviennent au point de vue de la pression sur le béton de fondation.

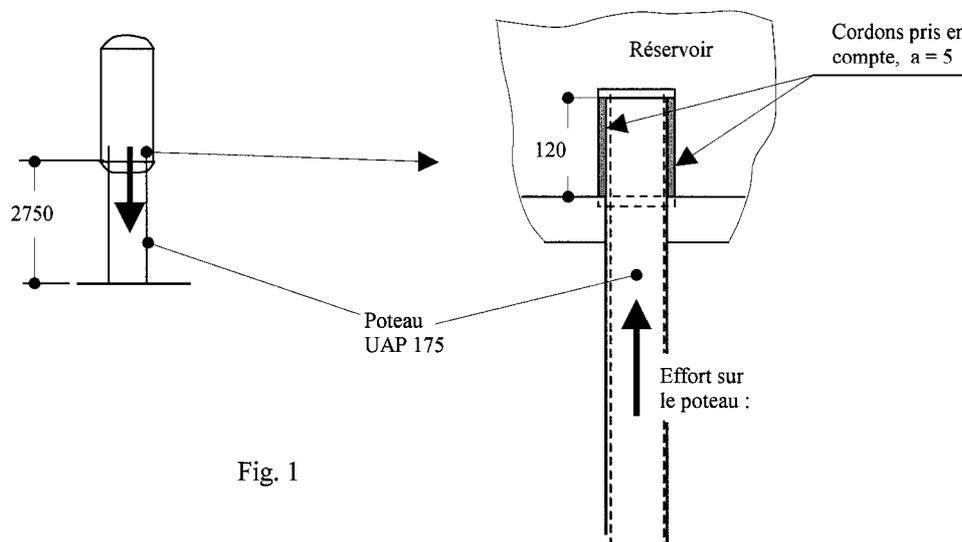


Fig. 1

## 7) ETUDE DU LONG PAN DE LA PLATEFORME BASSE

Le long pan est constitué de quatre poteaux bi articulés (1-2, 8-3, 7-4, et 6-5), de trois traverses (2-3, 3-4, et 4-5), situées entre les poteaux et de diagonales pour assurer la stabilité horizontale.

En l'absence de force horizontale effective, on peut considérer une force horizontale (fonction des charges verticales)  $F = 1400 \text{ daN}$  (voir Fig. 2).

Avec le sens indiqué de l'effort  $F$ , on considérera la diagonale 3-7 inexistante car inefficace. Toutes les poutres sont articulées en leurs extrémités.

Dans ces conditions d'étude,

7.1 Calculer (ou déterminer graphiquement) l'effort dans la diagonale 4-8.

7.2 Indiquer pourquoi *on doit* considérer la diagonale 3-7 inefficace.

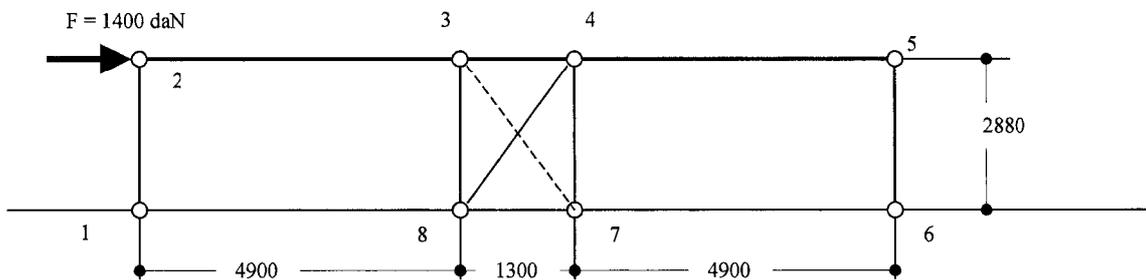


Fig. 2

7.3 Dans ce long pan la diagonale est une cornière de  $40 \times 40 \times 4$ , attachée, au poteau au moyen d'un gousset et de boulons M 12 classe 5-6 (voir Fig.3). En tenant compte de la plateforme supérieure, l'effort dans la diagonale est de  $3951 \text{ daN}$ .

Déterminer le nombre de boulons nécessaires à la fixation de la cornière sur le gousset (voir : DT14 et DT15).

7.4 Expliquer la raison pour laquelle les cordons de soudure doivent se répartir également, selon la cote « a » de part et d'autre du point G barycentre des cordons.

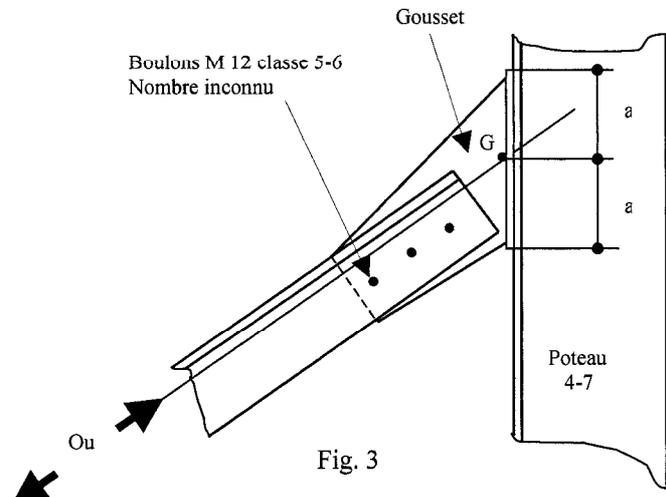


Fig. 3

## 8) ETUDE DE LA TRAVERSE

Les trois traverses du long pan peuvent être remplacées par une seule poutre, IPE 160 en acier S235 (voir DT16), s'appuyant sur les poteaux. Cette traverse est alors une poutre continue que l'on peut considérer sur quatre appuis, (voir Fig. 4).

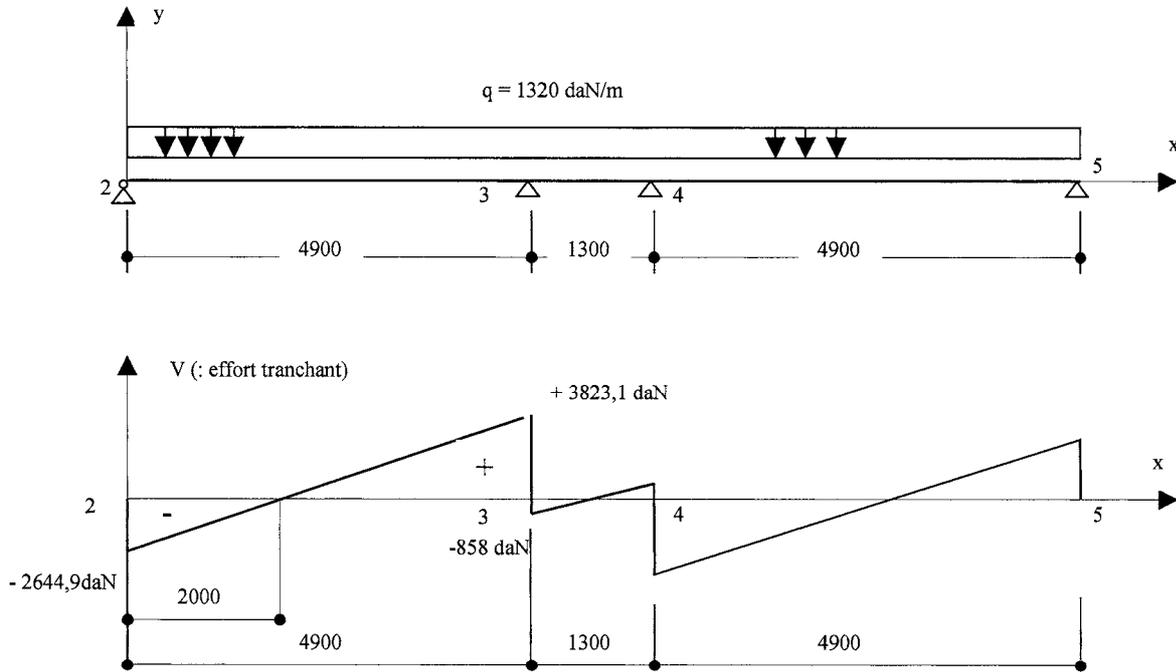


Fig. 4

### 8.1 Etude à l'ELU (Etat Limite Ultime).

La charge uniformément répartie est :  $q = 1320 \text{ daN/m}$ .

Les moments aux appuis 3 et 4 sont :  $M_3 = -2886,8 \text{ daN.m}$  et  $M_4 = -2886,8 \text{ daN.m}$ ,

Les actions de contact en 2, 3, 4, et 5 sont respectivement :

$Y_2 = +2644,9 \text{ daN}$ ,  $Y_3 = +4681 \text{ daN}$ ,  $Y_4 = +4681 \text{ daN}$ ,  $Y_5 = +2644,9 \text{ daN}$ .

Le diagramme des efforts tranchants est indiqué Fig.4.

Tracer, à partir de ces indications, le diagramme des moments fléchissants. On indiquera les valeurs particulières.

### 8.2 Etude à l'ELS (Etat Limite de Service).

La charge uniformément répartie est :  $q = 925 \text{ daN/m}$ .

La déformée de la poutre est représentée, amplifiée, Fig. 5.

La flèche admissible est  $\frac{l}{200}$ .

Après calcul on trouve que la flèche maximale est pour la section située à 2,227 m et elle a pour valeur  $-2,17 \text{ cm}$ .

Vérifier que la poutre convient à l'ELS.

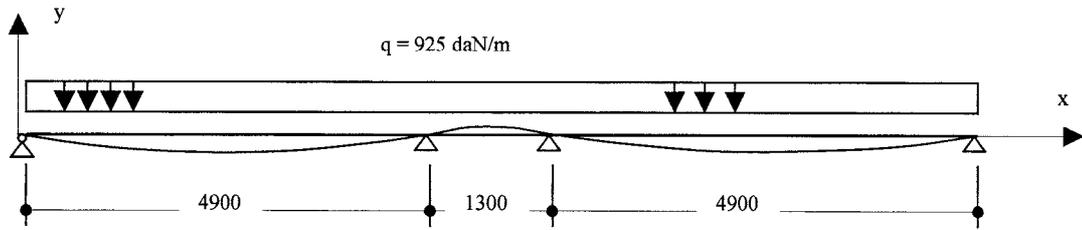


Fig. 5

9) ETUDE DE LA SOLIVE DE PLANCHER

Il s'agit de la solive située sous le départ de l'escalier, elle est constituée d'un IPE 160 en S235. La solive reçoit une charge uniformément répartie  $q = 600 \text{ daN/m}$  de la part du platelage et deux forces ponctuelles :  $P = 180 \text{ daN}$  de la part des limons de l'escalier (voir DT7).

Ces charges ne sont pas pondérées. La flèche admissible est  $\frac{l}{300}$ .

On donne, Fig. 6, la poutre avec les deux types de chargement et les résultats correspondants.

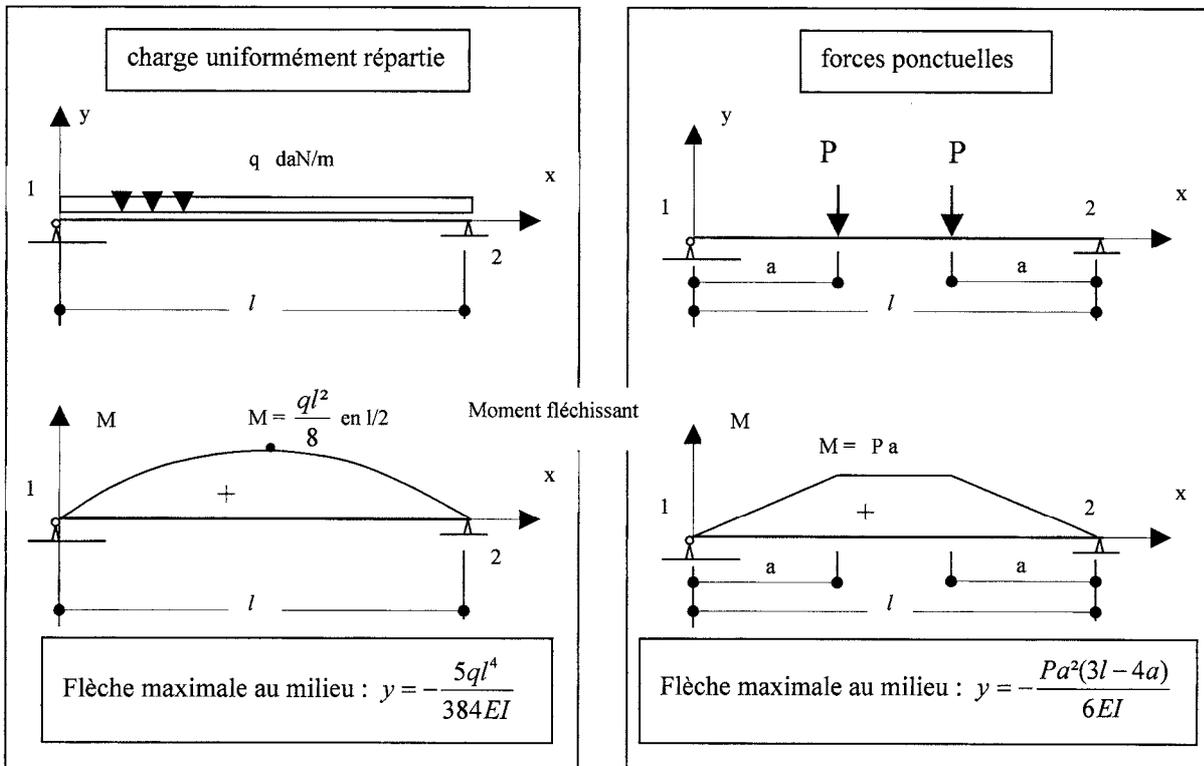


Fig. 6

$E$  est le module d'élasticité longitudinale  $2,1 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2$  ;  $a = 1200 \text{ mm}$  ;  $l = 3600 \text{ mm}$ .  
 Pour les deux questions suivantes, il est conseillé d'utiliser le principe de superposition et les DT8, DT10 et DT16.

9.1 Vérifier que la solive convient à l'ELS.

9.2 Vérifier que la solive convient à l'ELU.

Les charges précédentes sont alors pondérées et deviennent :

$$q = 900 \text{ daN/m} \text{ et } P = 270 \text{ daN.}$$

## 10) ETUDE DE LA STABILITE TRANSVERSALE

La stabilité transversale des extrémités, vue suivant Vg ou Vd (voir DT7), est assurée, non pas par une triangulation, mais par un portique à nœuds rigides, articulé en pied (voir Fig.7).

La traverse est un IPE 160 en acier S 235 (voir DT16), et le poteau un HEA 100 S235 (voir DT18).

Sous la force  $F = 1000$  daN, le diagramme des moments fléchissants est indiqué Fig.8.

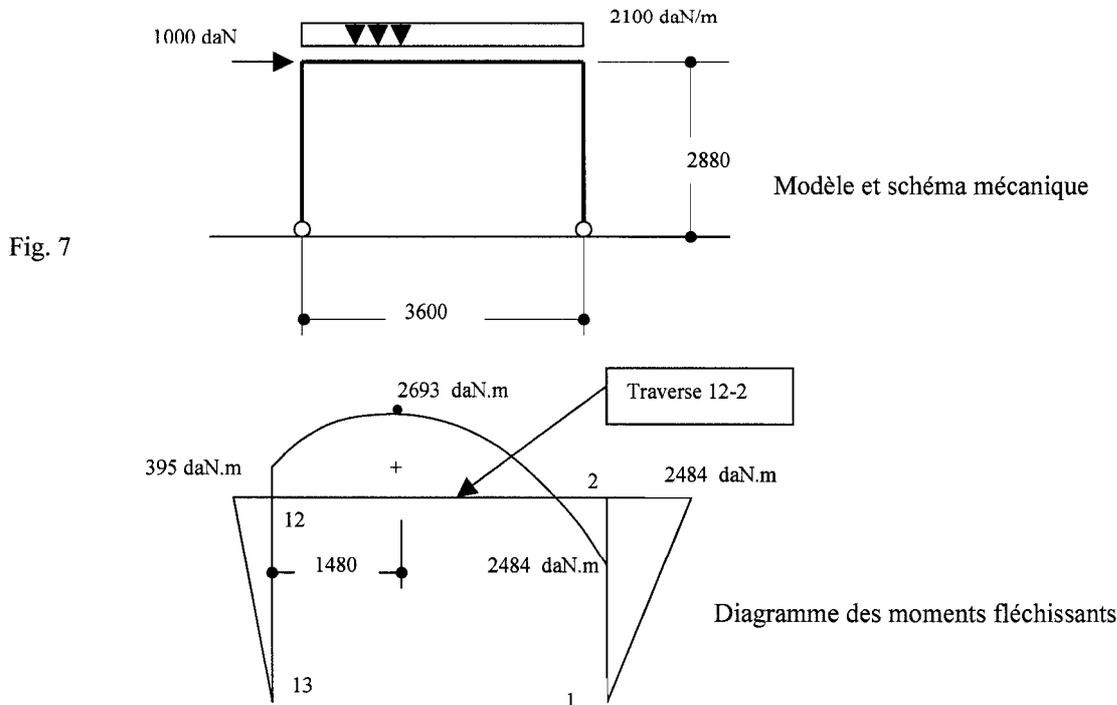


Fig. 8

10.1 Vérifier à l'ELU, en ne tenant compte que du moment fléchissant, la résistance de la traverse 12-2 (voir DT16 et DT18).

10.2 Vérifier les cordons de soudure d'ailes et les cordons de soudure d'âme de la traverse.

Elle est liée au poteau par soudure et les actions de la traverse sur le poteau (éléments de réduction du torseur) sont :

$N = 863$  daN,  $V = -4663$  daN et  $M = 2484$  daN.m. (voir Fig.9).

Pour les cordons d'ailes la gorge est  $a = 4$  mm (**soit  $a_1$** ) et pour les cordons d'âme elle est de 3 mm, (**soit  $a_3$** ). Le métal d'apport est en acier S235.

On utilisera *uniquement* les relations données ci après :

$$\text{Pour la vérification des cordons d'ailes : } 0,7\sqrt{2} \left( \frac{N}{2a_1b_1 + 4a_1b_2 + 2a_3h_3} + \frac{F}{a_1b_1 + 2a_1b_2} \right) \leq \sigma_e$$

$$\text{avec } F = \frac{M}{h}$$

Pour la vérification des cordons d'âme :

$$0,7 \sqrt{2 \left( \frac{N}{2a_1b_1 + 4a_1b_2 + 2a_3h_3} \right)^2 + 3 \left( \frac{V}{2a_3h_3} \right)^2} \leq \sigma_e$$

Remarque : on ne tiendra pas compte du signe de N, V et M.

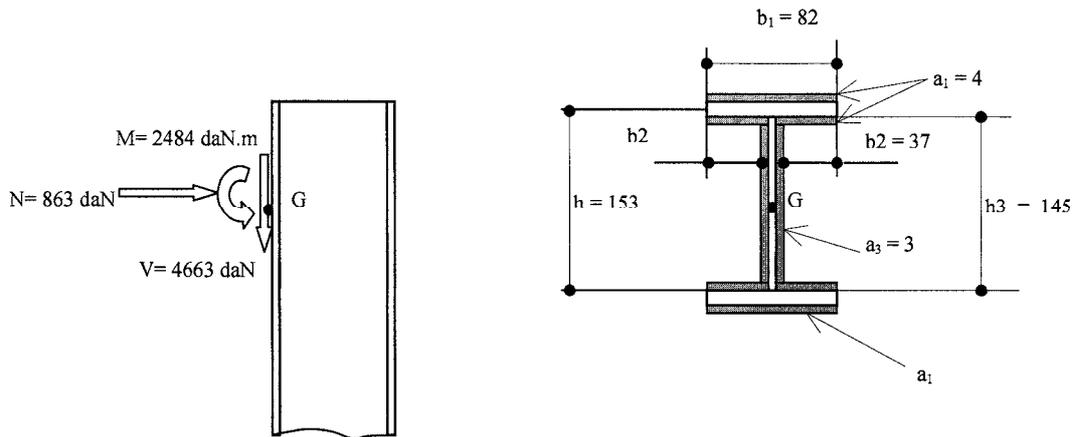


Fig.9

### 11) ETUDE DE LA FIXATION DU GARDE CORPS

Les montants du garde corps sont fixés sur les poutres IPE 160 de pourtour comme l'indique la Fig. 10, par l'intermédiaire d'un flasque et de deux boulons M12 classe 5.6. Suivant la norme, le garde corps peut être soumis à un effort horizontal (pondéré) de 90 daN.

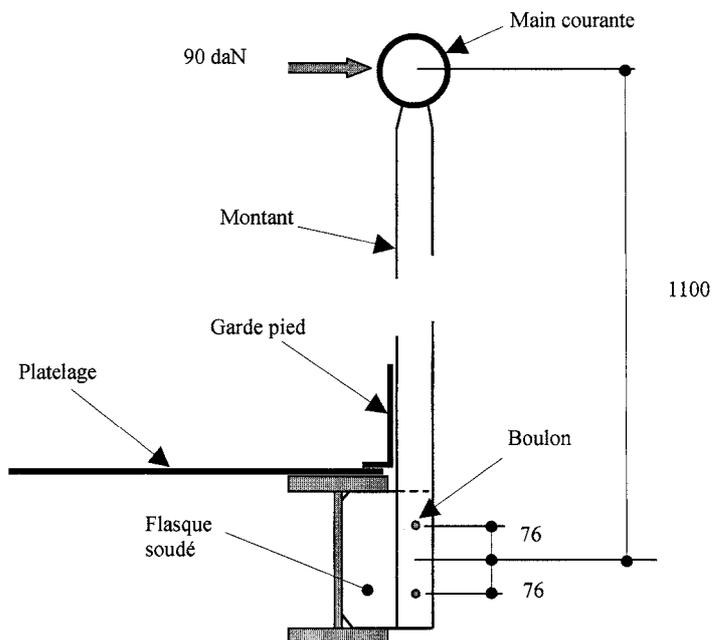


Fig. 10

11.1 Calculer l'effort sur le boulon le plus sollicité.

11.2 Vérifier la résistance de ce boulon. Voir DT14 et DT15.

## 12) ETUDE DE LA FERMETURE DU LONG PAN SUD ET DU PIGNON EST

On veut fermer le long pan Sud et le pignon Est (voir Fig. 11 et DT7) au moyen d'un bardage simple peau, les ondes, nervures ou plis étant verticaux.

Montrer, par des dessins et des vues en nombre suffisant, l'installation du bardage sur la structure. On précisera le moyen de fixation (clous, vis.....), les éléments apportés (lisses, tôle d'angle ou de fermeture....) et tous renseignements nécessaires à la compréhension.

Les dessins devront être **clairs, précis et soignés** ( une perspective accompagnatrice peut être la bienvenue).

On consultera le DT17.

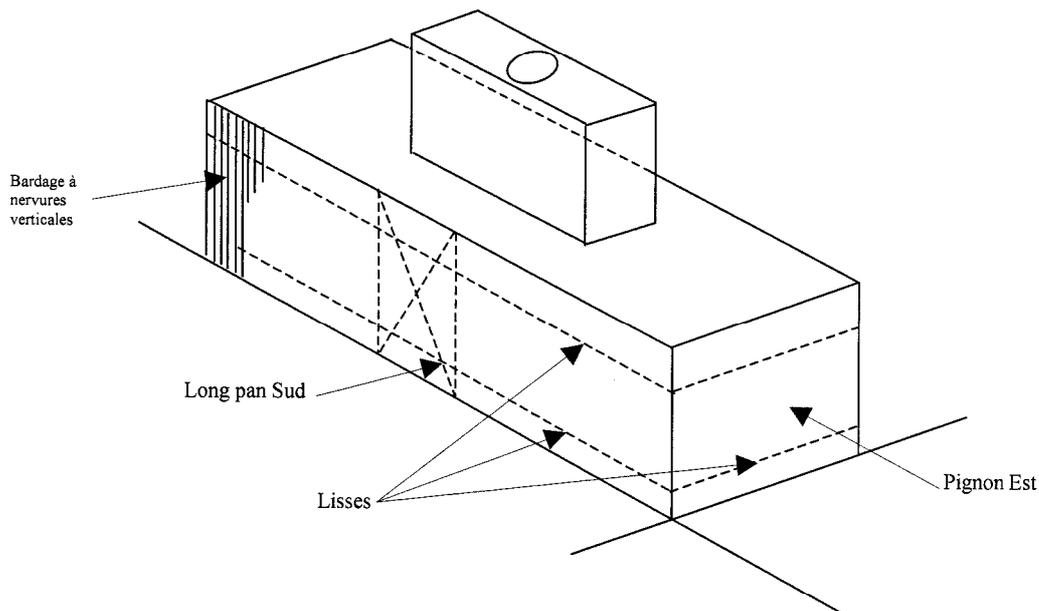
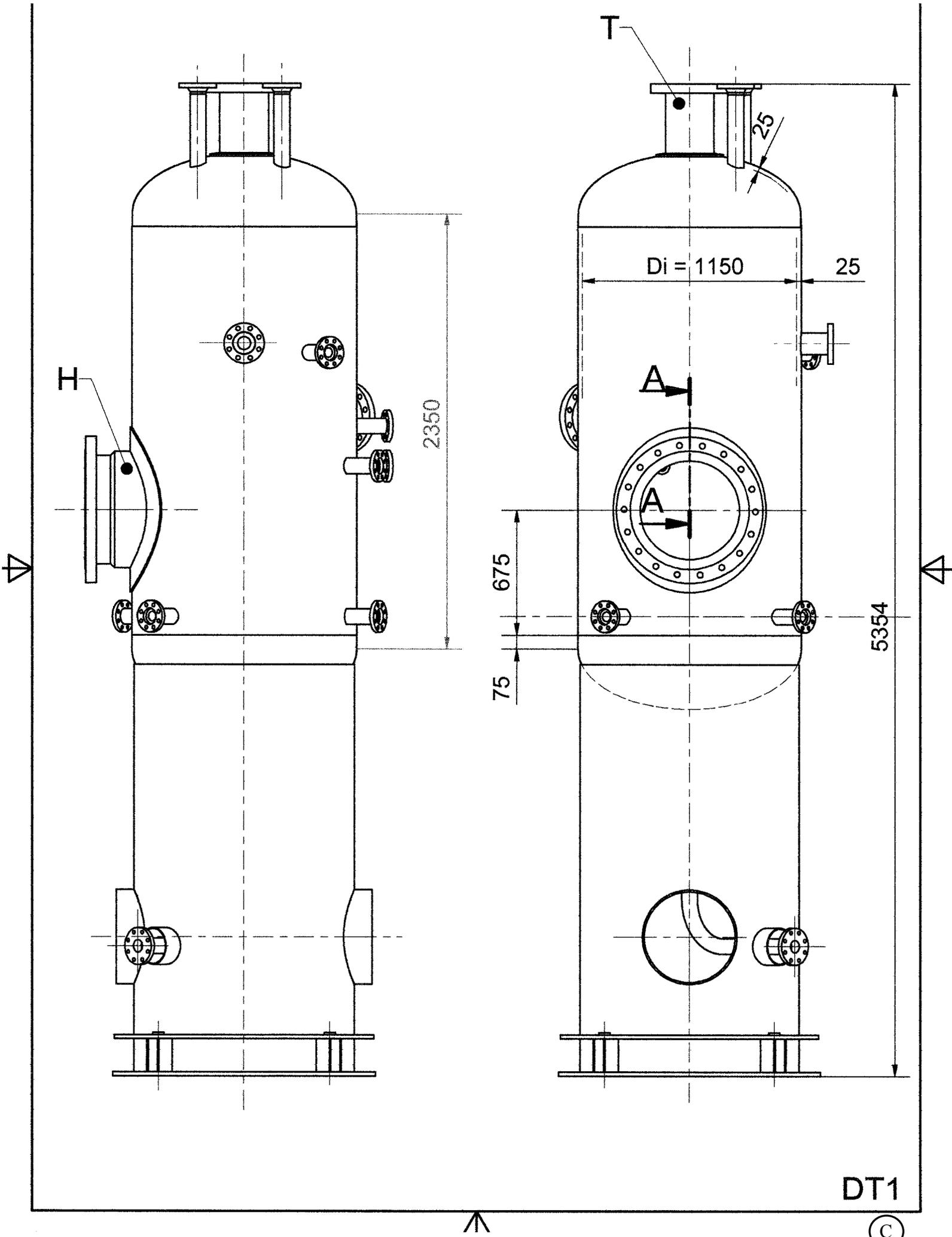


Fig. 11



AA

De = 1200

251

90

20

45°

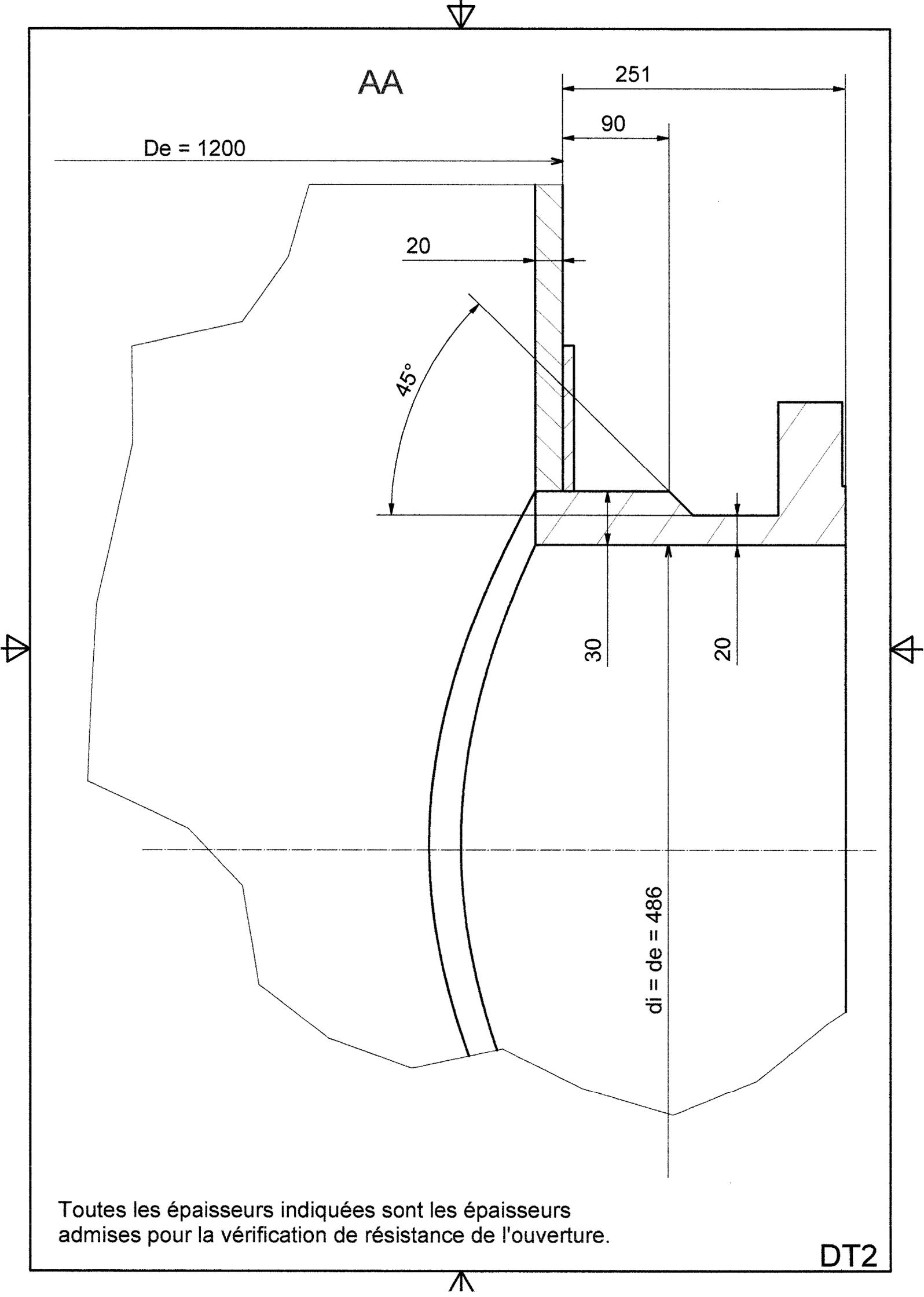
30

20

di = de = 486

Toutes les épaisseurs indiquées sont les épaisseurs admises pour la vérification de résistance de l'ouverture.

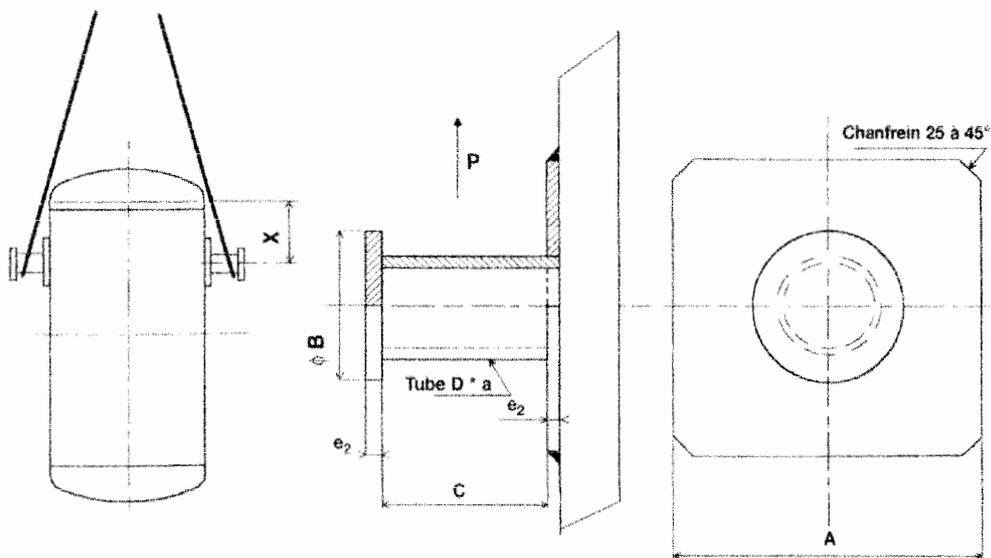
DT2



## 12.4 TOURILLONS DE LEVAGE

Les tourillons de levage sont définis pour les appareils verticaux. Le rapport hauteur sur diamètre est au moins égal à 3.

C'est le cas en particulier des colonnes de distillation et appareils similaires.



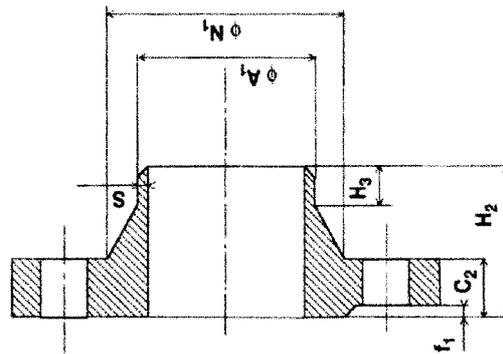
CARACTÉRISTIQUES DES TOURILLONS DE LEVAGE

Force admissible par tourillon P (N)	Fourrure		Tube		Tampon		C (mm)	Masse par tourillon (kg)
	A mini (mm)	D (mm)	a (mm)	B (mm)	e <sub>2</sub> (mm)			
40 000	500	168,3	8	250	8	150	10	
60 000	500	168,3	10	250	10	150	12,5	
80 000	500	168,3	12,5	250	12	150	15	
100 000	600	219,1	12,5	300	14	150	22,5	
150 000	600	219,1	20	300	16	150	30	
200 000	600	219,1	25	300	18	150	35	
500 000	700	273,1	25	350	25	180	57	

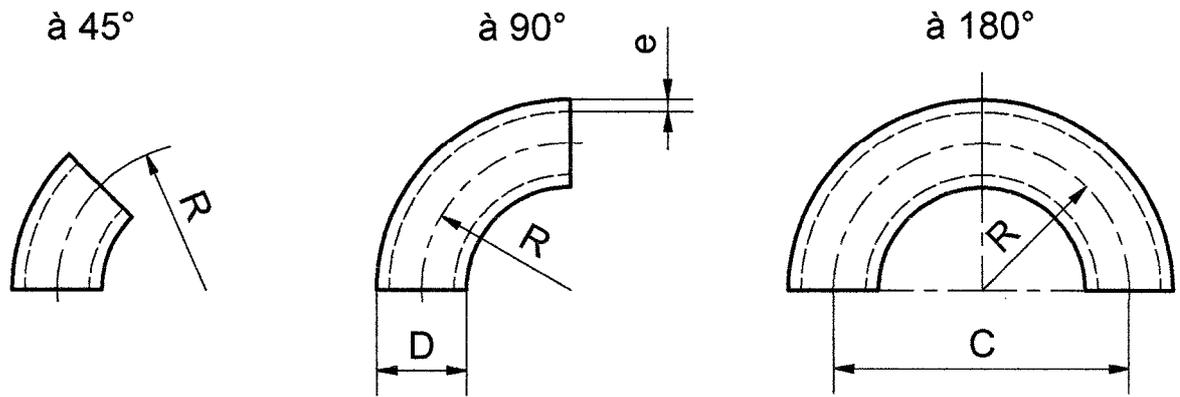
- Fixer la valeur de la cote X en fonction des dimensions de la colonne.
- Prévoir un trou sur la fourrure à l'extérieur du tube pour la décompression lors du soudage.

# BRIDES ISO PN 40

DN (mm)	Dimensions de raccordement (mm)			Boulonnerie		A <sub>1</sub> (mm)	B <sub>1</sub> (mm)	B <sub>2</sub> (mm)	B <sub>3</sub> (mm)	C <sub>1</sub> (mm)	C <sub>2</sub> (mm)	C <sub>4</sub> (mm)	C <sub>5</sub> (mm)	e (mm)	G <sub>1</sub> (mm)	H <sub>1</sub> (mm)	H <sub>2</sub> (mm)	H <sub>3</sub> (mm)	N <sub>1</sub> (mm)	N <sub>2</sub> (mm)	S (mm)
	D	K	L	nombre	diamètre (mm)																
10	90	60	14	4	M 12	17,2	18,0	21	31	14	14	14	12	3	—	22	35	6	28	30	2,6
15	95	65	14	4	M 12	21,3	22,0	25	35	14	14	14	12	3	—	22	38	6	32	35	2,6
20	105	75	14	4	M 12	26,9	27,5	31	42	16	16	16	14	4	—	26	40	6	40	45	2,9
25	115	85	14	4	M 12	33,7	34,5	38	49	16	16	16	14	4	—	28	40	6	46	52	3,2
32	140	100	18	4	M 16	42,4	43,5	46	59	18	18	18	14	5	—	30	42	6	56	60	3,6
40	150	110	18	4	M 16	48,3	49,5	53	67	18	18	18	14	5	—	32	45	7	64	70	3,6
50	165	125	18	4	M 16	60,3	61,5	65	77	20	20	20	16	5	—	34	48	8	74	84	4,0
65	185	145	18	8	M 16	76,1	77,5	81	96	22	22	22	16	6	55	38	52	10	92	104	5,0
80	200	160	18	8	M 16	88,9	90,5	94	114	24	24	24	18	6	70	40	58	12	110	118	5,6
100	235	190	22	8	M 20	114,3	116,0	120	138	26	24	26	20	6	90	44	65	12	134	145	6,3
125	270	220	26	8	M 24	139,7	141,5	145	166	28	26	28	22	6	115	48	68	12	162	170	6,3
150	300	250	26	8	M 24	168,3	170,5	174	194	30	28	30	24	6	140	52	75	12	190	200	7,1
200	375	320	30	12	M 27	219,1	221,5	226	250	36	34	36	28	6	190	52	88	16	244	260	8,0
250	450	385	33	12	M 30	273,0	276,5	281	312	42	38	38	30	8	240	60	105	18	306	312	10,0
300	515	450	33	16	M 30	323,9	327,5	333	368	48	42	42	34	8	290	67	115	18	362	380	10,0
350	580	510	36	16	M 33	355,6	359,5	365	418	54	46	46	36	8	325	72	125	20	408	424	11,0
400	660	585	39	16	M 36	406,4	411,0	416	472	60	50	50	42	8	375	78	135	20	462	478	12,5
450	685	610	39	20	M 36	457,0	462,0	467	510	66	50	54	46	8	425	84	135	20	500	522	14,2
500	755	670	42	20	M 39	508,0	513,5	519	572	72	52	60	50	8	475	90	140	20	562	576	16,0
600	890	795	48	20	M 45	610,0	616,5	622	676	84	60	70	54	8	575	100	150	20	666	686	17,5

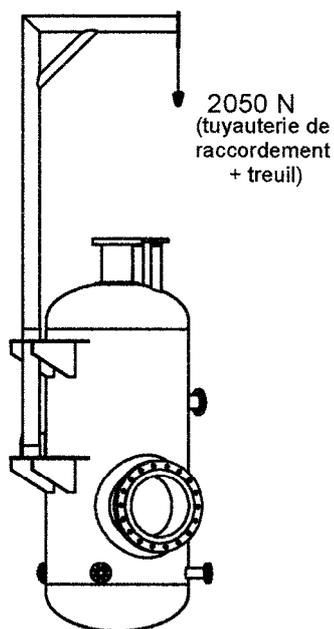


Bride à collerette  
à souder en bout

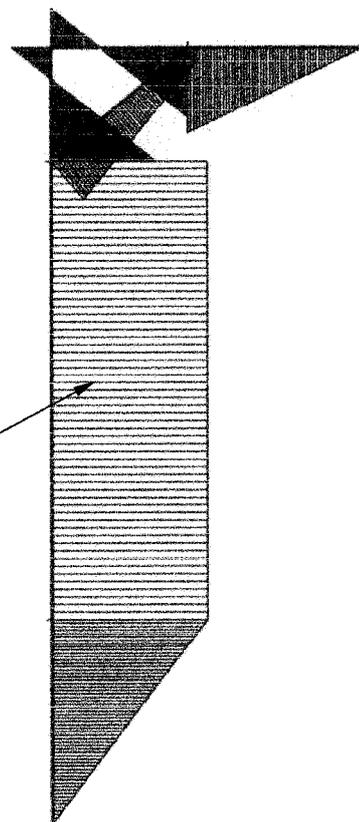


Courbes à souder  
modèle 3d

D	e								R	C
21,3	2	2,6	3,6	4,5	7,1				28	56
26,9	2,3	2,9	4	5,6	8				29	58
33,7	2,3	3,2	4,5	6,3	8,8				38	76
42,4	2,6	3,6	4,8	6,3	10				48	96
48,3	2,6	3,6	5	7,1	10				57	114
60,3	2,9	4	5,6	8,8	11				76	152
73,1	2,9	5	7,1	9,5	14				95	190
76,1	2,9	5	7,1	10	14,2				95	190
88,9	3,2	4	5,5	7,6	11	15			114	228
101,6	3,6	5,6	8						133	266
114,3	3,6	4,5	6	8,5	11	13,5	17		152	304
139,7	4	6,3	10	16	20				190	380
141,3	4,5	6,5	9,5	16					190	380
168,3	4,5	7,1	11	14,2	18	22			229	457
219,1	5,9	6,3	7,1	8,2	10,3	12,5	18	23	305	610
273	6,3	7,8	9,2	12,5	15	21,5	28,5		381	762
323,9	6,3	7,1	9,5	12,5	17,5	28,5			457	914
355,6	6,3	8	9,5	12,5	19	28			533	1066
406,4	6,3	8	8,8	9,5	12,5	21,5	30		610	1220
457	6,3	9,5	12,5	14,2	23				688	1372
508	6,3	9,5	12,5	15	26				782	524
610	6,3	9,5	12,5	17,5	28				914	1828

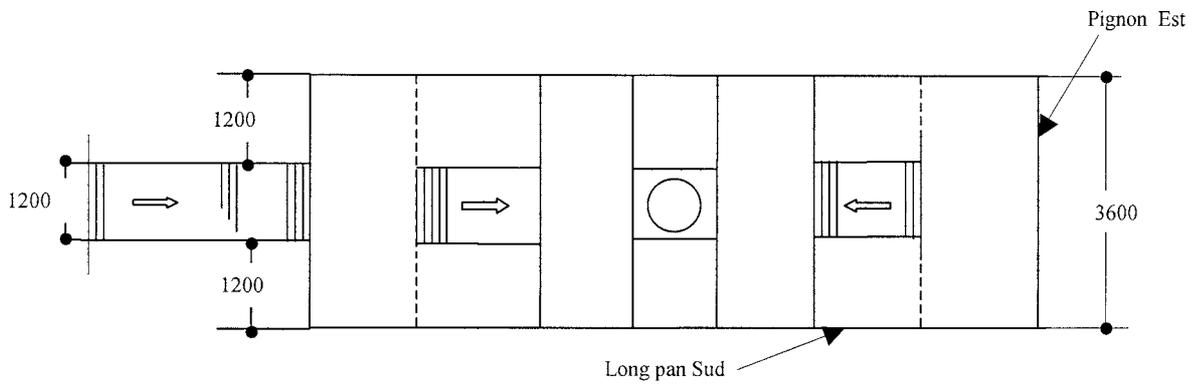
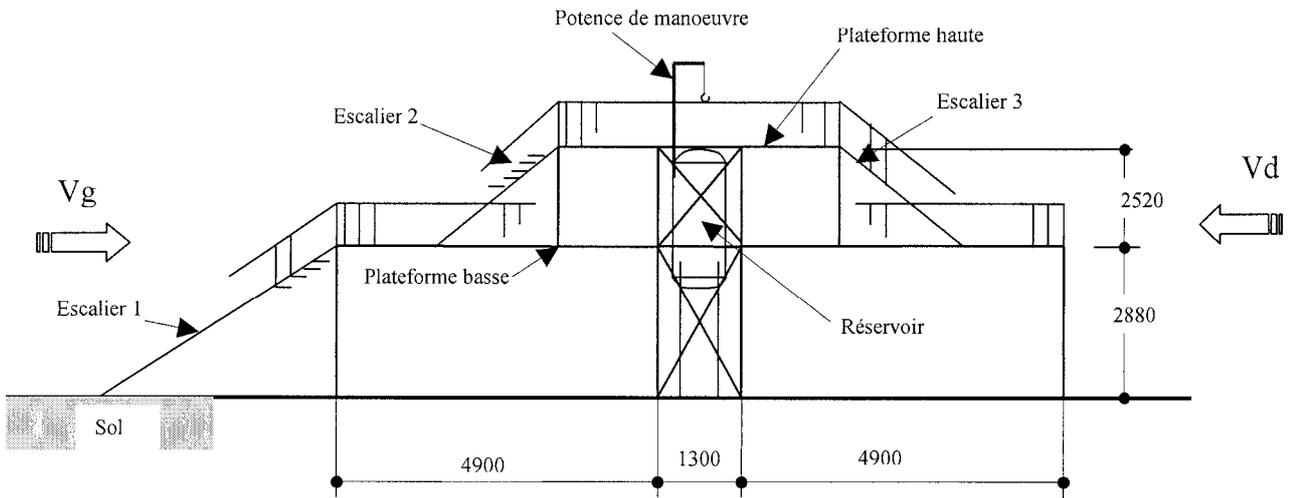


Moment fléchissant  
maximum : 3075 N.m



Dimension extérieure	Epais- seur	Limite d'élasti- cité	Aire de la section	Moment d'inertie de torsion	Moment d'inertie de flexion	Module d'inertie de flexion	Rayon de giration	Masse linéique	Surface à peindre
D	a	$\sigma_e$	A	J	I	$\frac{I}{v}$	i	kg/m	m <sup>2</sup> /tonne
mm	mm	MPa	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm		
21,3	1,6	275	0,990	0,967	0,483	0,464	0,699	0,78	86,08
	2	275	1,213	1,141	0,571	0,536	0,686	0,95	70,29
	2,3	275	1,373	1,257	0,629	0,590	0,677	1,08	62,09
26,9	2,3	275	1,778	2,713	1,356	1,008	0,873	1,40	60,56
33,7	2,6	275	2,540	6,185	3,093	1,835	1,103	1,99	53,09
42,4	2,6	275	3,251	12,93	6,464	3,049	1,410	2,55	52,20
	2,9	275	3,599	14,11	7,056	3,328	1,400	2,83	47,15
	3,2	275	3,941	15,24	7,620	3,594	1,391	3,09	43,06
48,3	2,9	275	4,136	21,40	10,70	4,431	1,608	3,25	46,73
	3,2	275	4,534	23,17	11,59	4,797	1,599	3,56	42,63
60,3	2,9	275	5,229	43,18	21,59	7,162	2,032	4,10	46,15
	3,2	275	5,740	46,94	23,47	7,784	2,022	4,51	42,04
70	3,2	275	6,715	75,09	37,54	10,73	2,364	5,27	41,72
76,1	2,9	275	6,669	89,48	44,74	11,76	2,590	5,24	45,67
	3,2	275	7,329	97,56	48,78	12,82	2,580	5,75	41,56
88,9	3,2	275	8,616	158,4	79,21	17,82	3,032	6,76	41,30
101,6	3,6	275	11,08	266,5	133,2	26,23	3,467	8,70	36,69
114,3	3,6	275	12,52	384,0	192,0	33,59	3,916	9,83	36,54
139,7	4	275	17,05	785,7	392,9	56,24	4,800	13,4	32,79
168,3	2,9	275	15,07	1 031	515,5	61,26	5,849	11,8	44,70
	3,2	275	16,60	1 131	565,7	67,23	5,838	13,0	40,58
	3,6	275	18,63	1 264	631,9	75,09	5,824	14,6	36,16
	4	275	20,85	1 394	697,1	82,84	5,811	16,2	32,62
	4,5	275	23,16	1 554	777,2	92,36	5,793	18,2	29,09

PROFILS CREUX  
POUR CONSTRUCTION  
NF A 49-541  
RONS DE 21,3 à 168,3



#### 4. — RÉSISTANCE DES SECTIONS

##### 4.1. — Règle générale

Dans une section, la résistance à des sollicitations simples ou complexes est assurée tant qu'il est possible de trouver dans cette section une distribution de contraintes plastiquement admissibles qui équilibre ces sollicitations.

Pour les sections courantes, les règles plus détaillées ci-dessous donnent la résistance ultime en section, c'est-à-dire les limites dans lesquelles les sollicitations doivent être maintenues. Ces sollicitations respecteront alors la règle générale énoncée ci-avant.

##### 4.2. — Effort normal

L'effort normal dans une section ne doit pas être supérieur à l'effort normal de plastification de la section.

$$N \leq N_p$$

avec :  $N_p = A_{eff} \sigma_e$

$$A_{eff} = \text{aire efficace de la section}$$

##### 4.3. — Moment de flexion

Le moment de flexion dans une section ne doit pas être supérieur au moment de plastification conventionnel de la section :

$$M \leq M_p$$

avec :  $M_p = Z \sigma_e$

$$Z = \text{module plastique de la section}$$

Suivant que la flexion se fait par rapport à l'axe  $xx$  ou l'axe  $yy$ , le moment de plastification est noté  $M_{px}$  ou  $M_{py}$  ( $M_{px} = Z_x \sigma_e$  et  $M_{py} = Z_y \sigma_e$ ).

4.1. — Les principaux critères de plasticité sont le critère de Tresca et le critère de von Mises.

Dans ces règles, on adopte le critère de von Mises. Pour un état de contraintes plan, les contraintes plastiquement admissibles, c'est-à-dire situées à l'intérieur du domaine admissible, sont alors telles que :

$$\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau^2 \leq \sigma_e^2$$

De même, les sollicitations agissant sur une section d'une pièce de la structure doivent nécessairement rester à l'intérieur d'un certain domaine. Toutes les sollicitations satisfaisant à cette condition sont admissibles.

Les règles suivantes définissent les frontières de ce domaine pour certaines sollicitations et certains types de sections.

4.2. — Le calcul de l'aire efficace de la section est donné à l'article 8.2.

4.3. — On admet un diagramme birectangulaire de contraintes dans les sections complètement plastifiées par flexion.

Le module plastique d'une section doublement symétrique est égal à 2 fois le moment statique donné dans les catalogues :  $Z = 2S$ .

Les expressions de  $Z$  pour les sections courantes sont données dans le tableau 2.

**5,3. – Résistance au flambement****5,31. – Éléments simplement comprimés**

La sollicitation  $N$  de compression simple sous charges pondérées doit satisfaire à la condition suivante :

$$k_0 \frac{N}{N_p} \leq 1$$

Le coefficient  $k_0$  est obtenu à partir des **tableaux A, B ou C**, ci-dessous, en fonction du plus grand des élancements réduits  $\bar{\lambda}_x$  et  $\bar{\lambda}_y$  :

où :

$$\bar{\lambda}_x = \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_e}{E}} \quad \text{et} \quad \bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_e}{E}}$$

$\lambda_x, \lambda_y$  = élancements calculés par :

$$\lambda_x = \frac{L_{Kx}}{i_x} \quad \text{et} \quad \lambda_y = \frac{L_{Ky}}{i_y}$$

$L_{Kx}, L_{Ky}$  = longueurs de flambement calculées comme indiqué en **5,33**.

On adopte pour  $k_0$  les valeurs du **tableau A** pour :

- les profils creux conformes à la norme **NF A 49-501**,
- les sections en double **T** et en caisson en acier à limite d'élasticité  $\sigma_e \geq 430 \text{ N/mm}^2$  ou ayant subi un traitement thermique de relaxation des contraintes résiduelles.

On adopte les valeurs du **tableau B** pour :

- les sections en double **T** ou en caisson pour lesquelles les tableaux A et C ne s'appliquent pas,
- les profils creux conformes à la norme **NF A 49-541**,
- les sections obtenues par assemblage de cornières ou de profilés laminés.

*Il est admis d'adopter pour  $k_0$  les valeurs données par les formules suivantes, valeurs qui diffèrent très peu de celles proposées dans les tableaux A, B et C :*

si  $\bar{\lambda} \leq 0,2$  :  $k_0 = 1$

si  $\bar{\lambda} > 0,2$  :

$$k_0 = \frac{2\bar{\lambda}^2}{1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 - \sqrt{[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]^2 - 4\bar{\lambda}^2}}$$

avec :

$\alpha = 0,206$  pour le **tableau A**

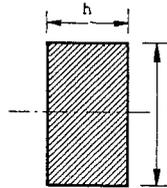
$\alpha = 0,339$  pour le **tableau B**

$\alpha = 0,489$  pour le **tableau C**.

TABLEAU II

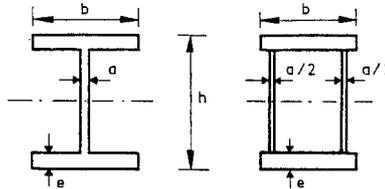
Valeur du module plastique  $Z$  pour quelques sections courantes

## A) Section rectangulaire



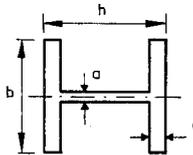
$$Z = \frac{bh^2}{4}$$

## B) Section en I fléchée par rapport à un axe parallèle aux semelles et section en caisson



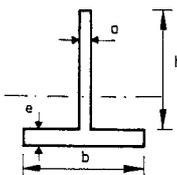
$$Z = \frac{ah^2}{4} + (b - a)(h - e)e$$

## C) Section en I fléchée par rapport à un axe parallèle à l'âme



$$Z = \frac{eb^2}{2} + (h - 2e)\frac{a^2}{4}$$

## D) Section en T

si  $ha > be$ 

$$\rightarrow Z = \frac{(ah + be)^2}{4a} - \frac{be^2(b - a)}{2a}$$

si  $ha < be$ 

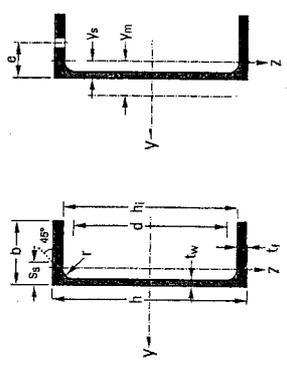
$$\rightarrow Z = \frac{(ah + be)^2}{4b} + \frac{ah^2(b - a)}{2b}$$

TABLEAU B. — Valeurs de  $k_0$

$\bar{\lambda}$	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,2	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03
0,3	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08
0,4	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,12
0,5	1,13	1,14	1,14	1,15	1,15	1,16	1,17	1,17	1,18	1,19
0,6	1,19	1,20	1,21	1,22	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27
0,7	1,27	1,28	1,29	1,30	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36
0,8	1,38	1,39	1,40	1,41	1,42	1,44	1,45	1,46	1,48	1,49
0,9	1,51	1,52	1,54	1,55	1,57	1,59	1,60	1,62	1,64	1,65
1,0	1,67	1,69	1,71	1,72	1,74	1,76	1,78	1,80	1,82	1,84
1,1	1,86	1,88	1,90	1,92	1,94	1,97	1,99	2,01	2,03	2,06
1,2	2,08	2,10	2,13	2,15	2,18	2,20	2,23	2,25	2,28	2,31
1,3	2,33	2,36	2,39	2,41	2,44	2,47	2,50	2,52	2,55	2,58
1,4	2,61	2,64	2,67	2,70	2,73	2,76	2,79	2,82	2,85	2,89
1,5	2,92	2,95	2,98	3,01	3,05	3,08	3,11	3,15	3,18	3,21
1,6	3,25	3,28	3,32	3,35	3,39	3,43	3,46	3,50	3,54	3,58
1,7	3,62	3,65	3,69	3,73	3,77	3,82	3,84	3,88	3,92	3,96
1,8	4,00	4,04	4,07	4,11	4,15	4,19	4,23	4,27	4,32	4,36
1,9	4,40	4,44	4,48	4,53	4,57	4,61	4,66	4,70	4,74	4,79
2,0	4,83	4,87	4,92	4,96	5,00	5,05	5,09	5,13	5,18	5,22
2,1	5,27	5,32	5,36	5,41	5,46	5,50	5,54	5,59	5,63	5,68
2,2	5,73	5,78	5,83	5,88	5,92	5,97	6,02	6,07	6,12	6,17
2,3	6,22	6,27	6,33	6,38	6,43	6,49	6,54	6,59	6,64	6,69
2,4	6,74	6,80	6,85	6,90	6,95	7,01	7,06	7,11	7,16	7,21
2,5	7,26	7,32	7,37	7,43	7,49	7,54	7,58	7,63	7,67	7,73

# FERS U À AILES PARALLÈLES

## UAP



Normes de référence : Dimensions : UAP 80 – 300 NF A 45-255  
 Tolérances : NF EN 10279

Désignation	Masse G kg/m	Dimensions					Aire				Dimensions de construction					Surface à peindre		Valeurs statiques										Nuance disponible			
		h mm	b mm	t <sub>w</sub> mm	t <sub>f</sub> mm	r mm	A cm <sup>2</sup>	h <sub>i</sub> mm	d mm	Ø	e <sub>min</sub> mm	e <sub>max</sub> mm	AL m <sup>2</sup> /m	AG m <sup>2</sup> /t	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>el,y</sub> cm <sup>3</sup>	W <sub>pl,y</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm	A <sub>yz</sub> cm <sup>2</sup>	I <sub>z</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>el,z</sub> cm <sup>3</sup>	W <sub>pl,z</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>z</sub> cm	s <sub>s</sub> mm	t <sub>t</sub> cm <sup>4</sup>	I <sub>w</sub> × 10 <sup>-3</sup> cm <sup>6</sup>	y <sub>s</sub> cm	y <sub>m</sub> cm	IG GG GG	IG GG GG	
UAP 80	8,38	80	45	5	8	8	10,67	64	48	-	-	0,323	36,56	107,1	26,78	31,87	3,17	4,51	21,33	7,38	13,64	1,41	17,7	1,90	0,18	1,61	3,17	x	x	IG GG GG	IG GG GG
UAP 100	10,5	100	50	5,5	8,5	8,5	13,38	83	66	M10	25	0,382	36,35	209,5	41,90	49,59	3,96	6,07	32,83	9,95	18,47	1,57	19,0	2,65	0,45	1,70	3,38	x	x	IG GG GG	IG GG GG
UAP 130	13,7	130	55	6	9,5	9,5	17,50	111	92	M10	27	0,460	33,48	459,6	70,70	83,51	5,12	8,82	51,34	13,78	25,55	1,71	21,1	4,15	1,22	1,77	3,56	x	x	IG GG GG	IG GG GG
UAP 150	17,9	150	65	7	10,25	10,25	22,84	129,5	109	M16	33	0,537	29,96	796,1	106,1	125,3	5,90	11,28	93,25	20,97	38,78	2,02	23,3	6,51	2,99	2,05	4,15	x	x	IG GG GG	IG GG GG
UAP 175	21,2	175	70	7,5	10,75	10,75	27,06	153,5	132	M16	34	0,606	28,52	1 270	145,1	171,5	6,85	13,97	126,4	25,92	47,47	2,16	24,5	8,43	5,62	2,12	4,32	x	x	IG GG GG	IG GG GG
UAP 200	25,1	200	75	8	11,5	11,5	31,98	177	154	M16	35	0,674	26,86	1 946	194,6	230,1	7,80	16,57	169,7	32,13	58,29	2,30	26,2	11,24	9,98	2,22	4,53	x	x	IG GG GG	IG GG GG
UAP 220	28,5	220	80	8	12,5	12,5	36,27	195	170	M16	36	0,733	25,75	2 710	246,4	289,9	8,64	18,83	222,3	39,68	72,56	2,48	27,8	14,40	15,82	2,40	4,94	x	x	IG GG GG	IG GG GG
UAP 250	34,4	250	85	9	13,5	13,5	43,80	223	196	M22	43	0,810	23,57	4 136	330,9	391,8	9,72	23,89	295,4	48,87	87,65	2,60	30,4	20,88	27,43	2,45	5,04	x	x	IG GG GG	IG GG GG
UAP 300	46,0	300	100	9,5	16	16	58,56	268	236	M27	51	0,967	21,04	8 170	544,7	639,3	11,81	30,64	562,1	79,88	145,8	3,10	34,9	36,30	75,04	2,96	6,17	x	x	IG GG GG	IG GG GG

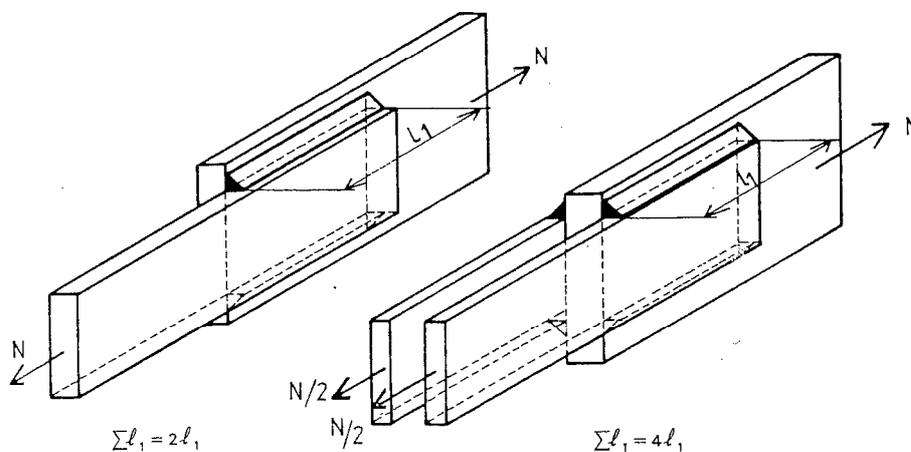
A.1.2 Cordons latéraux (figure A.2)

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 0$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N}{\sum a l_1}$$

La formule fondamentale se réduit à :

$$\sqrt{3} K \frac{N}{\sum a l_1} \leq \sigma_e$$



$l_1$  étant la longueur utile d'un cordon

Figure A.2

## EXTRAIT DE LA NORME NF P 22-430

### NOTATIONS

A	section nominale du boulon ( de la tige lisse)
A <sub>s</sub>	section résistante de la partie filetée
Q <sub>1</sub>	effort relatif à l'état limite ultime ( effort pondéré), exercé sur un boulon perpendiculairement à son axe, par une pièce d'épaisseur e
Q <sub>2</sub>	effort par boulon relatif à l'état limite ultime ( effort pondéré ), exercé sur l'assemblage
N	effort de traction relatif à l'état limite ultime ( effort pondéré ), exercé sur chaque boulon
d	diamètre nominal des boulons
d <sub>tr</sub>	diamètre définitif des trous
s	distance entre axes des boulons
a <sub>//</sub>	distance de l'axe d'un boulon au bord le plus voisin de la pièce assemblée dans le sens de l'effort sollicitant l'assemblage ( pince longitudinale )
a <sub>⊥</sub>	distance de l'axe d'un boulon au bord le plus voisin de la pièce assemblée dans la direction normale à l'effort sollicitant l'assemblage ( pince transversale )
e	épaisseur d'une quelconque des pièces assemblées
e <sub>min</sub>	épaisseur de la plus mince des pièces assemblées
Σe	épaisseur totale des pièces assemblées
m	nombre de plans de cisaillement
σ <sub>e</sub>	limite d'élasticité du métal constituant les pièces assemblées
σ <sub>red</sub>	contrainte caractéristique servant de contrainte de vérification des boulons

### RÉSISTANCE DES BOULONS

#### A la traction

On vérifie :

$$1,25 \frac{N}{A_s} \leq \sigma_{red}$$

#### Au cisaillement

Si aucune précaution spéciale n'est exigée pour l'exécution, on vérifie :

$$1,54 \frac{Q_2}{mA_s} \leq \sigma_{red}$$

Si des dispositions spéciales sont prises pour que la partie lisse du boulon règne au droit de TOUTES les sections cisillées, on vérifie :

$$1,54 \frac{Q_2}{mA} \leq \sigma_{red}$$

#### A un effort incliné sur le plan du joint

Admettant, par boulon, une composante normale N suivant l'axe du boulon et une composante Q<sub>2</sub> dans le plan du joint :

- dans le cas où la section cisillée se trouve dans la partie lisse, on vérifie simultanément :

$$1,25 \frac{N}{A_s} \leq \sigma_{red} \text{ et } \sqrt{\frac{N^2 + 2,36 \left( \frac{Q_2}{m} \right)^2}{A}} \leq \sigma_{red}$$

- dans le cas où la section cisillée se trouve dans la partie filetée, on vérifie simultanément :

$$1,25 \frac{N}{A_s} \leq \sigma_{red} \text{ et } \sqrt{\frac{N^2 + 2,36 \left( \frac{Q_2}{m} \right)^2}{A_s}} \leq \sigma_{red}$$

## EXTRAITS DU MEMOTECH STRUCTURES METALLIQUES

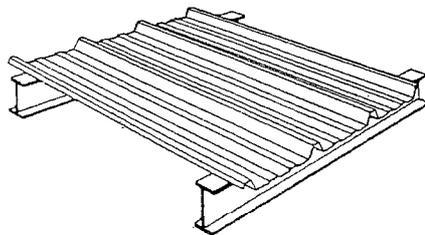
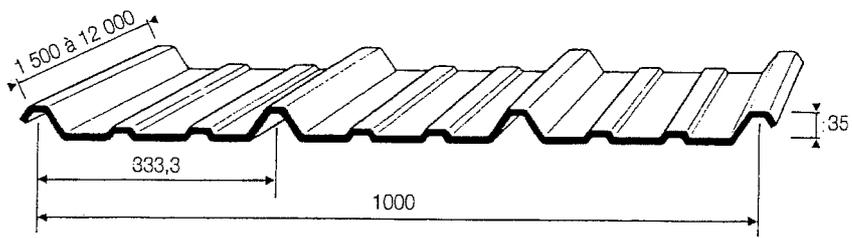
<b>CARACTERISTIQUES DES VIS</b>																
<b>Diamètre en mm</b>	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	33	36	42
<b>Section As du noyau en mm<sup>2</sup></b>	14,2	20,1	36,6	58	84,3	115	157	192	245	303	353	459	561	694	817	1121

<b>CONTRAINTES CARACTERISTIQUES DES BOULONS</b>								
<b>Classe de qualité</b>	4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	6.8	8.8	10.9
<b><math>\sigma_{red}</math> en MPa</b>	240	280	300	340	350	410	550	670

La contrainte caractéristique  $\sigma_{red}$  sert à la vérification des boulons et correspond à la plus petite des deux valeurs suivantes :

- limite d'élasticité de la vis ( $\sigma_e$ )
- 7/10 de la résistance minimale à la rupture de la vis ( $\sigma_r$ ).



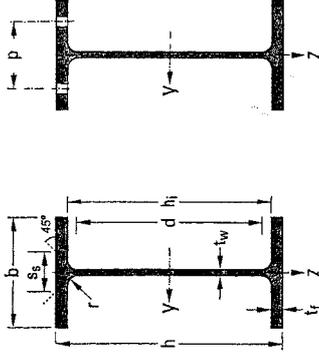


# HEA-A, HEA, HEB, HEM, HL POUTRELLES EUROPÉENNES À LARGES AILES

Normes de référence :

Dimensions : HE 100 - 1000 NF A 45-205  
 HE 1100 hors normalisation NF  
 HEA-A 100 - 1000 hors normalisation NF  
 HL 1000 - 1100 hors normalisation NF

Tolérances : NF EN 10034



Désignation	Masse G kg/m	Dimensions				Aire			Dimensions de construction			Surface à peindre		Valeurs statiques										Classification ENV 1998-1-1				
		h mm	b mm	t <sub>w</sub> mm	t <sub>f</sub> mm	r mm	A cm <sup>2</sup>	A <sub>L</sub> m <sup>2</sup> /m	A <sub>G</sub> m <sup>2</sup> /t	h <sub>1</sub> mm	d mm	Ø mm	P <sub>min</sub> mm	P <sub>max</sub> mm	l <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>ely</sub> cm <sup>3</sup>	W <sub>ply</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> cm	A <sub>yz</sub> cm <sup>2</sup>	l <sub>z</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>elz</sub> cm <sup>3</sup>	W <sub>plz</sub> cm <sup>3</sup>	l <sub>z</sub> cm	s <sub>s</sub> mm	t <sub>f</sub> cm <sup>4</sup>	I <sub>w</sub> × 10 <sup>-3</sup> cm <sup>6</sup>	Flexion pure yy	Compression pure yy
HE 100 AA	12,2	91	100	4,2	5,5	12	15,60	0,553	45,17	236,5	51,98	58,36	3,89	6,15	92,06	18,41	28,44	2,43	6,15	158,8	26,47	40,62	2,93	29,26	2,51	1,68	1 3	1 3
HE 100 A	16,7	96	100	5,0	8,0	12	21,24	0,561	33,68	349,2	72,76	83,01	4,06	7,56	133,8	26,76	41,14	2,51	7,56	230,9	38,48	58,85	3,02	35,06	5,24	2,58	1 1	1 1
HE 100 B	20,4	100	100	6,0	10,0	12	26,04	0,567	27,76	449,5	89,91	104,20	4,16	9,04	167,3	33,45	51,42	2,53	9,04	317,5	52,92	80,97	3,06	40,06	9,25	3,38	1 1	1 1
HE 100 M	41,8	120	106	12,0	20,0	12	53,24	0,619	14,82	1 143	190,4	235,80	4,63	18,04	399,2	75,31	116,30	2,74	18,04	702,8	111,6	171,60	3,25	66,06	66,21	9,93	1 1	1 1
HE 120 AA	14,6	109	120	4,2	5,5	12	18,55	0,669	45,94	413,4	75,85	84,12	4,72	6,90	158,8	26,47	40,62	2,93	6,90	274,8	39,26	59,93	3,45	29,26	2,78	4,24	2 3	2 3
HE 120 A	19,9	114	120	5,0	8,0	12	25,34	0,677	34,06	606,2	106,3	119,5	4,89	8,46	230,9	38,48	58,85	3,02	8,46	369,3	55,92	84,85	3,52	35,06	5,99	6,47	1 1	1 1
HE 120 B	26,7	120	120	6,5	11,0	12	34,01	0,686	25,71	864,4	144,1	165,2	5,04	10,96	317,5	52,92	80,97	3,06	10,96	549,7	78,52	119,80	3,58	42,56	13,84	9,41	1 1	1 1
HE 120 M	52,1	140	126	12,5	21,0	12	66,41	0,738	14,16	2 018	288,2	350,6	5,51	21,15	702,8	111,6	171,60	3,25	21,15	1 144	156,8	240,50	3,77	68,56	91,66	24,79	1 1	1 1
HE 140 AA	18,1	128	140	4,3	6,0	12	23,02	0,787	43,53	719,5	112,4	123,8	5,59	7,92	274,8	39,26	59,93	3,45	7,92	478,7	59,84	91,36	3,97	36,07	6,33	23,75	3 3	3 3
HE 140 A	24,7	133	140	5,5	8,5	12	31,42	0,794	32,21	1 033	155,4	173,5	5,73	10,12	369,3	55,92	84,85	3,52	10,12	615,6	76,95	117,6	3,98	41,57	12,19	31,41	1 2	1 2
HE 140 B	33,7	140	140	7,0	12,0	12	42,96	0,805	23,88	1 509	215,6	245,4	5,93	13,08	549,7	78,52	119,80	3,58	13,08	889,2	111,2	170,0	4,05	51,57	31,24	47,94	1 1	1 1
HE 140 M	63,2	160	146	13,0	22,0	12	80,56	0,857	13,56	3 291	411,4	493,8	6,39	24,46	1 144	156,8	240,50	3,77	24,46	1 759	211,9	325,5	4,26	71,06	120,0	54,33	1 1	1 1
HE 160 AA	23,8	148	160	4,5	7,0	15	30,36	0,901	37,81	1 283	173,4	190,4	6,50	10,38	478,7	59,84	91,36	3,97	10,38	670,0	81,1	123,6	4,47	42,59	12,69	34,36	3 3	3 3
HE 160 A	30,4	152	160	6,0	9,0	15	38,77	0,906	29,78	1 673	220,1	245,1	6,57	13,21	615,6	76,95	117,6	3,98	13,21	924,6	102,7	156,5	4,52	42,57	14,80	60,21	1 3	1 3
HE 160 B	42,6	160	160	8,0	13,0	15	54,25	0,918	21,56	2 492	311,5	354,0	6,78	17,59	889,2	111,2	170,0	4,05	17,59	1 363	151,4	231,0	4,57	54,07	42,16	93,75	1 1	1 1
HE 160 M	76,2	180	166	14,0	23,0	15	97,05	0,970	12,74	5 098	566,5	674,6	7,25	30,81	1 759	211,9	325,5	4,26	30,81	2 580	277,4	425,2	4,77	80,07	203,3	199,3	1 1	1 1
HE 180 AA	28,7	167	180	5,0	7,5	15	36,53	1,018	35,51	1 967	235,6	258,2	7,34	12,16	730,0	81,1	123,6	4,47	12,16	1 068	106,8	163,2	4,82	42,59	12,69	34,36	3 3	3 3
HE 180 A	35,5	171	180	6,0	9,5	15	45,25	1,024	28,83	2 510	293,6	324,9	7,45	14,47	924,6	102,7	156,5	4,52	14,47	1 336	133,6	203,8	4,98	47,59	20,98	108,0	1 3	1 3
HE 180 B	51,2	180	180	8,5	14,0	15	65,25	1,037	20,25	3 831	425,7	481,4	7,86	20,24	1 363	151,4	231,0	4,57	20,24	2 003	200,3	305,8	5,07	60,09	59,28	171,1	1 1	1 1
HE 180 M	88,9	200	186	14,5	24,0	15	113,30	1,089	12,25	7 483	748,3	883,4	8,13	34,65	2 580	277,4	425,2	4,77	34,65	3 651	354,5	543,2	5,27	86,09	259,4	346,3	1 1	1 1
HE 200 AA	34,6	186	200	5,5	8,0	18	44,13	1,130	32,62	2 944	316,6	347,1	8,17	15,45	1 068	106,8	163,2	4,82	15,45	1 336	133,6	203,8	4,98	42,59	12,69	34,36	3 4	3 4
HE 200 A	42,3	190	200	6,5	10,0	18	53,83	1,136	26,89	3 692	388,6	429,5	8,28	18,08	1 336	133,6	203,8	4,98	18,08	1 936	151,4	231,0	4,57	47,59	20,98	108,0	1 3	1 3
HE 200 B	61,3	200	200	9,0	15,0	18	78,08	1,151	18,78	5 696	569,6	642,5	8,54	24,83	2 003	200,3	305,8	5,07	24,83	2 843	258,5	393,9	5,59	60,09	59,28	171,1	1 1	1 1
HE 200 M	103	220	206	15,0	25,0	18	131,30	1,203	11,67	10 640	967,4	1 135	9,00	41,03	3 651	354,5	543,2	5,27	41,03	5 012	443,5	678,6	5,79	86,09	259,4	346,3	1 1	1 1
HE 220 AA	40,4	205	220	6,0	8,5	18	51,46	1,247	30,87	4 170	406,9	445,5	9,00	17,63	1 510	137,3	209,3	5,42	17,63	1 955	177,7	270,6	5,51	44,09	15,93	145,6	3 4	3 4
HE 220 A	50,5	210	220	7,0	11,0	18	64,34	1,255	24,85	5 410	515,2	568,5	9,17	20,67	1 955	177,7	270,6	5,51	20,67	2 843	258,5	393,9	5,59	50,09	28,46	193,3	1 3	1 3
HE 220 B	71,5	220	220	9,5	16,0	18	91,04	1,270	17,77	8 091	735,5	827,0	9,43	27,92	2 843	258,5	393,9	5,59	27,92	3 923	326,9	498,4	6,08	62,59	76,57	295,4	1 1	1 1
HE 220 M	117	240	226	15,5	26,0	18	149,40	1,322	11,27	14 600	1 217	1 419	9,89	45,31	5 012	443,5	678,6	5,79	45,31	6 709	657,5	1 006	6,39	88,59	315,3	572,7	1 1	1 1
HE 240 AA	47,4	224	240	6,5	9,0	21	60,38	1,359	28,67	5 835	521,0	570,6	9,83	21,54	2 077	173,1	264,4	5,87	21,54	2 769	230,7	351,7	6,00	49,10	22,98	239,6	3 4	3 4
HE 240 A	60,3	230	240	7,5	12,0	21	76,84	1,369	22,70	7 763	675,1	744,6	10,05	25,18	2 769	230,7	351,7	6,00	25,18	3 923	326,9	498,4	6,08	56,10	41,55	328,5	1 3	1 3
HE 240 B	83,2	240	240	10,0	17,0	21	106,00	1,384	16,63	11 260	938,3	1 063	10,31	33,23	3 923	326,9	498,4	6,08	33,23	5 012	443,5	678,6	5,79	68,60	102,7	466,9	1 1	1 1
HE 240 M	157	270	248	18,0	32,0	21	199,60	1,460	9,318	24 290	1 799	2 117	11,03	60,07	8 153	657,5	1 006	6,39	60,07	10 607	1 006	1 522	6,39	106,60	627,9	1 152	1 1	1 1

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

Académie : \_\_\_\_\_ Session : \_\_\_\_\_

Concours : \_\_\_\_\_

Spécialité/option : \_\_\_\_\_ Repère de l'épreuve : \_\_\_\_\_

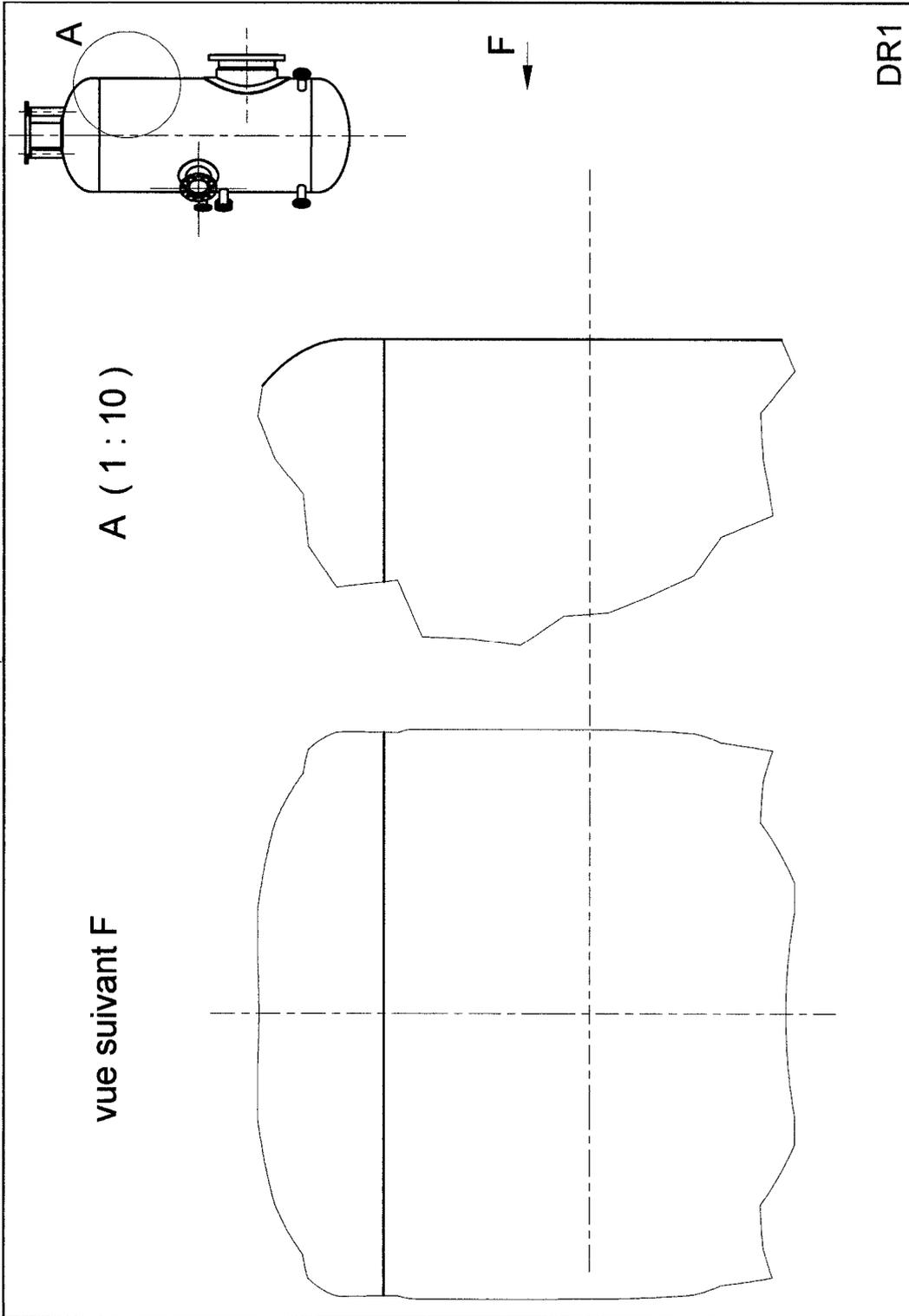
Intitulé de l'épreuve : \_\_\_\_\_

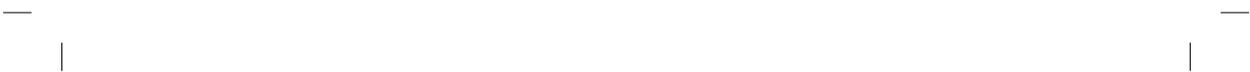
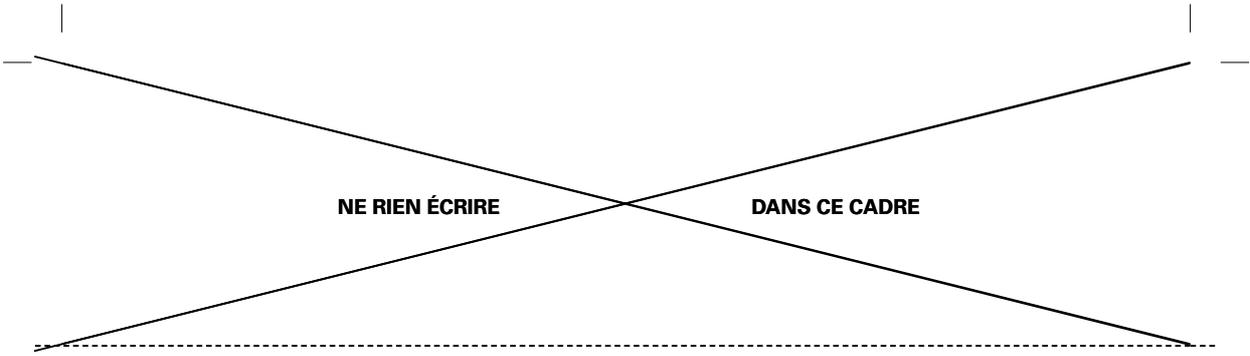
NOM : \_\_\_\_\_

Prénoms : \_\_\_\_\_ N° du candidat

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

FE1-10.4





NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

Académie : \_\_\_\_\_ Session : \_\_\_\_\_

Concours : \_\_\_\_\_

Spécialité/option : \_\_\_\_\_ Repère de l'épreuve : \_\_\_\_\_

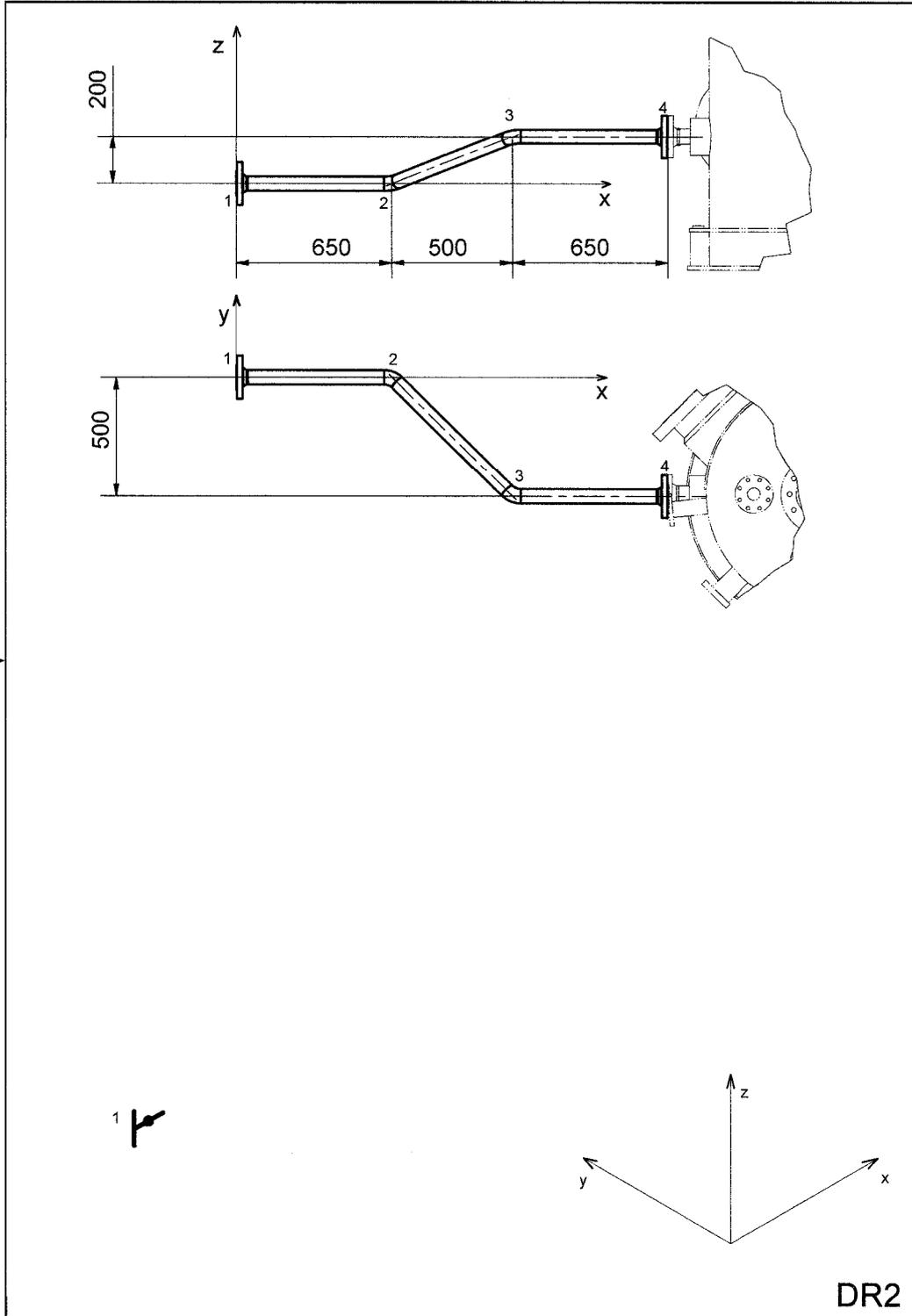
Intitulé de l'épreuve : \_\_\_\_\_

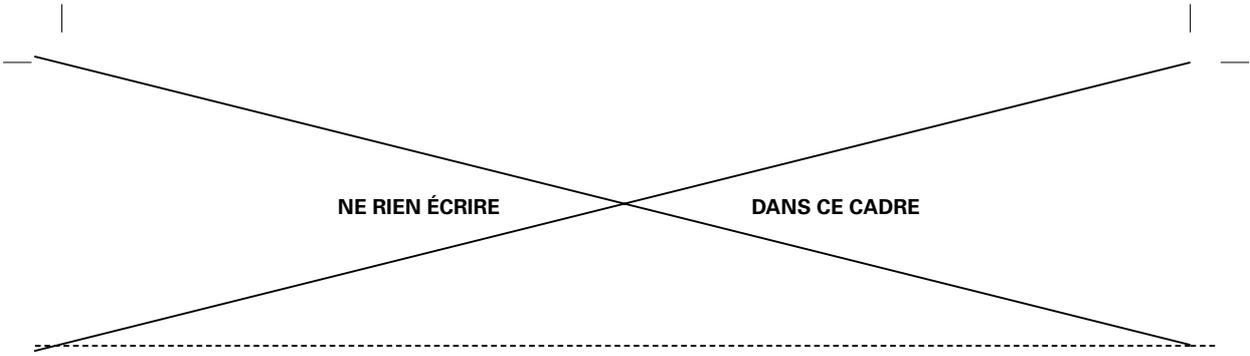
NOM : \_\_\_\_\_

Prénoms : \_\_\_\_\_ N° du candidat

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)  
(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

FE1-10.4





**NE RIEN ÉCRIRE**

**DANS CE CADRE**

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

Académie : \_\_\_\_\_ Session : \_\_\_\_\_

Concours : \_\_\_\_\_

Spécialité/option : \_\_\_\_\_ Repère de l'épreuve : \_\_\_\_\_

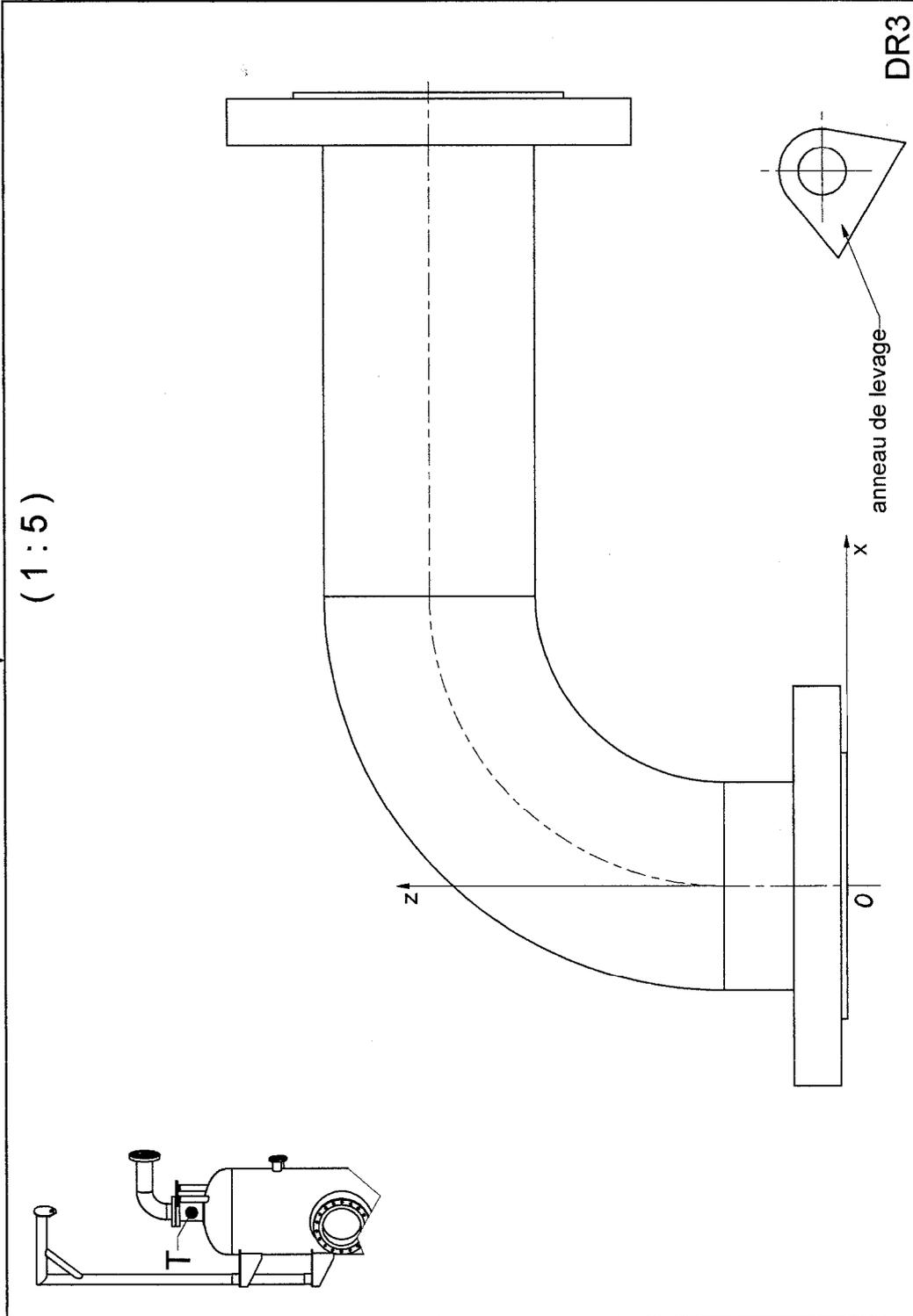
Intitulé de l'épreuve : \_\_\_\_\_

NOM : \_\_\_\_\_

Prénoms : \_\_\_\_\_ N° du candidat

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

FEI-10.4

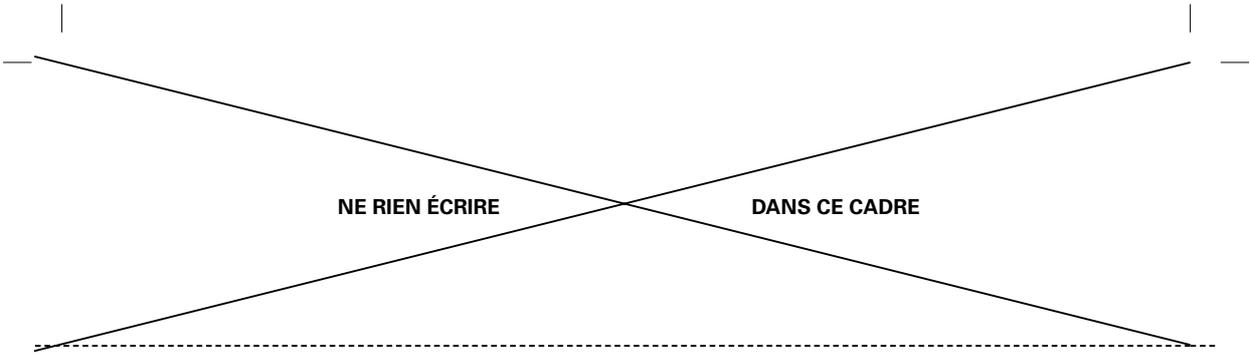


(1:5)

DR3

anneau de levage

F



**NE RIEN ÉCRIRE**

**DANS CE CADRE**

