

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

CONCEPTION ET RÉALISATION EN CHAUDRONNERIE INDUSTRIELLE

SESSION 2015

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

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

Durée : 4 heures – Coefficient : 3

Calculatrice réglementaire autorisée.
CODAP didactique 2010 indispensable.

Ce dossier est constitué de 3 parties :

- Présentation de l'étude page 2/16 à 3/16
- Codes et règlements page 4/16 à 8/16
- Mécanique page 9/16 à 16/16

Toutes les réponses des parties « Codes et règlements » et « Mécanique »
seront rédigées sur des copies distinctes, rendues séparément.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet.

Le sujet comporte 16 pages, numérotées de 1/16 à 16/16.

CODE ÉPREUVE : 1506CLE4DVO		EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : CONCEPTION ET RÉALISATION EN CHAUDRONNERIE INDUSTRIELLE	
SESSION 2015	SUJET	ÉPREUVE : ÉTUDE ET RÉALISATION D'UN ENSEMBLE CHAUDRONNÉ, DE TÔLERIE OU DE TUYAUTERIE U41 DIMENSIONNEMENT ET VÉRIFICATION D'OUVRAGES			
Durée : 4h		Coefficient : 3		SUJET N° 05ED13	
				Page : 1/16	

ÉVAPORATEUR

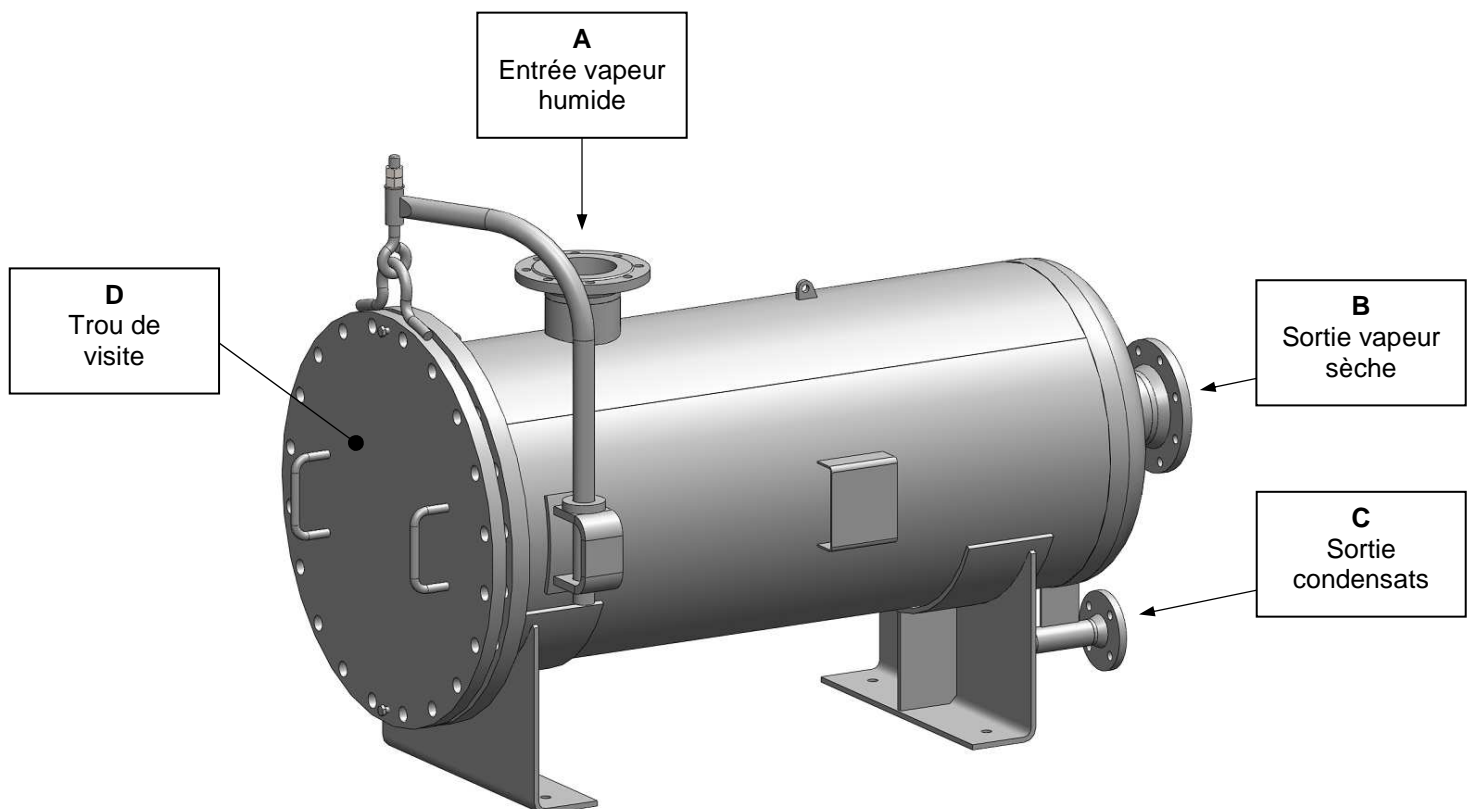
Présentation générale

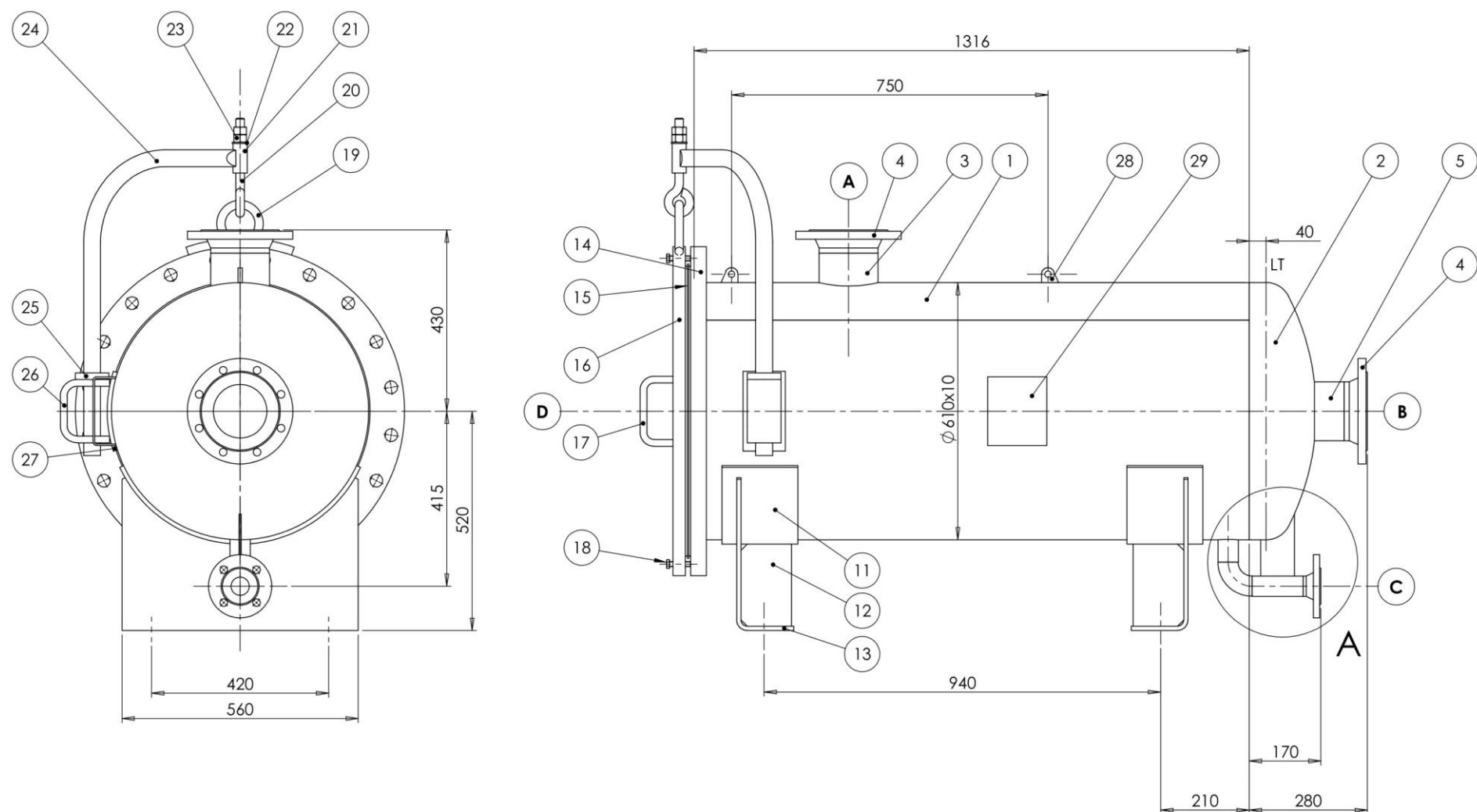
Le plan d'ensemble incomplet DT1-U41 page 3/16 représente un évaporateur dont la fonction est de purger les gouttelettes d'eau dans un circuit de vapeur surchauffée.

La vapeur surchauffée arrive par la tubulure **A**, passe au travers d'un filtre (non défini sur le DT1-U41) et ressort par la tubulure **B**.

Les condensats sont évacués par la tubulure **C**.

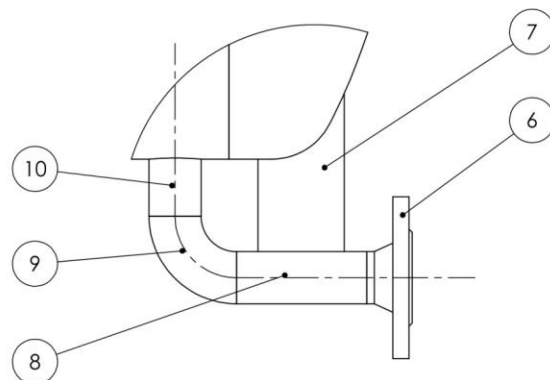
Un trou de visite **D** permet les interventions d'entretien sur le filtre.





DÉTAIL
Piquage Tubulure entrée produit / Virole
ECHELLE 1 : 4

**ATTENTION
FORMAT REDUIT**



DÉTAIL A
ECHELLE 1 : 5

Rep.	Nb.	Désignation	Epaisseur	PN	DN	Diamètre
D	10	Trou de visite	10	10	600	610
C	40	Sortie condensats	2.6	10	40	48.3
B	125	Sortie vapeur sèche	6.3	10	125	139.7
A	125	Entrée vapeur humide	6.3	10	125	139.7

Nomenclature des tubulures

SPECIFICATIONS TECHNIQUES	
Code de construction	CODAP 2010 division 2 suivant DESP 97/23/CE
Groupe de fluide	Groupe 2
Type de fluide	Gaz (vapeur + eau)
Catégorie de risque	III
Catégorie de construction	B2
Contrainte	f1
Coefficient de soudure	0,85
Pression de service	6 bars
Pression de calcul	7 bars
Pression d'épreuve	10 bars à 20°C
Température de service	180 °C
Température de calcul	210 °C
Capacité	385 L
Poids à vide	490 kg
Surépaisseur de corrosion	2 mm (intérieure)
Amincissement dû au roulage des tôles	maxi 3% de l'épaisseur nominale de commande
Matériaux	Fond et virole : Acier P265GH : NF EN 10028-2
	Tube sans soudure : Acier P265GH : NF EN 10216-2
	Bride : Acier BF42 : NF E 29-204
	Pieds et accessoires : Acier S275JR : NF EN 10025-2
Tolérances	tôles classe A : NF EN 10029
	Fond : NF E 81-100
	Tubes : NF EN 10216-2
Contrôle ND	Visuel : 100%
	Ressuage : 10%
	Radio : 10% + 100% des noeuds

29	1	Support plaque de firme	P265GH	11.2	Epaisseur 4
28	2	Oreille de levage	P265GH	0.7	Epaisseur 10
27	1	Fournure de potence	P265GH	14.8	Epaisseur 10
26	1	Support de potence	P265GH	28.8	Epaisseur 16
25	1	Bague de potence	S275JR	4.5	Epaisseur 16
24	1	Rond de potence ISO Ø40	S275JR	98.0	Long. dév. 1023
23	2	Ecrou H,M20 - ISO 4032		0.7	
22	1	Rondelle M20		0.2	
21	1	Tube de piton ISO sans soudure Ø33.7x4	P265GH	2.0	Longueur 70
20	1	Piton de levage	S275JR	7.8	Rond Ø20
19	1	Anse de levage	S275JR	9.5	Rond Ø20
18	2	Vis H,M12 x 50 - ISO 4014		0.6	
17	2	Poignée	S275JR	4.2	Rond Ø16
16	1	Bride ISO 5B PN10 DN600	BF42	1193.1	
15	1	Joint plat Ø698xØ619x3	PTFE	5.7	y = ...MPa - m = ...
14	1	Bride ISO 1B PN10 DN600	BF42	504.9	
13	2	Jupe	P265GH	161.1	Epaisseur 10
12	2	Raidisseur du berceau	P265GH	18.1	Epaisseur 5
11	2	Fournure	P265GH	98.7	Epaisseur 10
10	1	Tube ISO sans soudure Ø48.3x2.6	P265GH	1.8	Longueur 63
9	1	Courbe à souder 3d-48,3-90	P265GH	2.6	
8	1	Tube ISO sans soudure Ø48.3x2.6	P265GH	3.5	Longueur 121
7	1	Raidisseur sortie condensats	P265GH	3.1	Epaisseur 5
6	1	Bride ISO 11B PN10 DN40	BF42	20.4	
5	1	Sortie produit - Tube ISO sans soudure Ø139.7x6.3	P265GH	16.6	Longueur 80.5
4	2	Bride ISO 11B PN10 DN125	BF42	64.6	
3	1	Entrée produit - Tube ISO sans soudure Ø139.7x6.3	P265GH	17.3	
2	1	Fond GRC Ø610x10 - Embouti - NF E 81-102	P265GH	321.5	R=De - r=De/10
1	1	Virole - Ø610x10	P265GH	1920.9	Longueur 1316
Rep.	Nb.	Désignation	Matière	Poids (N)	Observations

Echelle 1:10	EVAPORATEUR	Dessiné par : J.B.	
		Le : 18-11-2014	
Format : A2	Epreuve E4 - Unité U41 : Dimensionnement et vérification d'ouvrages		
		NUMERO DE PLAN : DT1-U41	Page 3/16

Objectifs

Vérifier à partir des spécifications techniques et du plan DT1-U41 selon le CODAP 2010 certains éléments de l'évaporateur.

1. Vérifier la catégorie de construction.

Voir pages 2/16 et 3/16.

Sachant que l'évaluation globale des facteurs potentiels de défaillance et des conséquences d'une défaillance éventuelle est considérée comme étant moyenne :

- 1.1. Justifier la catégorie de risque III de l'appareil et justifier la division 2 du CODAP 2010.
- 1.2. Justifier la catégorie de construction B2 de l'appareil et justifier le coefficient de soudure.

2. Contrainte nominale de calcul (sans fluage du matériau).

Voir pages 2/16, 3/16, 6/16 et 7/16.

On utilisera une catégorie de construction B2 et la Division 1 du CODAP 2010, les formules étant valides malgré l'appartenance de l'appareil à la division 2.

- 2.1. Déterminer la contrainte nominale de calcul dans la virole repère 1 pour une situation normale de service.
- 2.2. Déterminer la contrainte nominale de calcul dans la virole en une situation d'essai de résistance.

3. Vérifier l'épaisseur de la virole pour une situation normale de service.

Voir pages 2/16, 3/16 et 8/16.

Les conditions d'application des règles étant satisfaites et pour une contrainte nominale de calcul de 135 MPa :

- 3.1. Calculer l'épaisseur minimale nécessaire de la virole repère 1.
- 3.2. Calculer l'épaisseur utile de la virole et conclure quant au choix du constructeur.

4. Vérifier l'épaisseur du fond pour une situation d'essai de résistance.

Voir pages 2/16, 3/16 et 8/16.

Les conditions d'application des règles étant satisfaites et pour une contrainte nominale de calcul de 240 MPa :

- 4.1. Calculer l'épaisseur minimale nécessaire du fond repère 2.
- 4.2. Calculer l'épaisseur nominale de commande du fond et conclure quant au choix du constructeur (Prendre $D_i = D_e$).

5. Vérifier la résistance d'une ouverture en situation normale de service.

Voir pages 2/16, 3/16 et 8/16.

- 5.1. Calculer l'épaisseur utile de la tubulure d'entrée de produit repère 3.
- 5.2. En suivant les règles de calcul des enveloppes comportant des ouvertures « section C5 du CODAP didactique 2010 », vérifier la résistance de l'ouverture au niveau du piquage **A**.

Pour cette vérification, on prendra :

- L'épaisseur admise de la virole 1 égale à 7,5 mm.
- L'épaisseur admise de la tubulure 3 égale à 3,6 mm.
- La contrainte nominale de calcul de la virole 1 égale à 135 MPa.
- La contrainte nominale de calcul de la tubulure 3 égale à 125 MPa.

5.2.1. Vérifier les conditions d'application des règles.

5.2.2. Vérifier la résistance de l'enveloppe au niveau de l'ouverture **A**.

Tableau 3 — Caractéristiques mécaniques (applicables à la direction transversale) ^{a)}

Nuance d'acier		État de livraison habituel ^{b) c)}	Épaisseur du produit t mm	Caractéristiques de traction à la température ambiante			Énergie de rupture en flexion par choc KV J min. à la température (en °C) de		
				Limite apparente d'élasticité R_{eH} MPa min.	Résistance à la traction R_m MPa	Allongement après rupture A % min.	- 20	0	+ 20
P235GH	1.0345	+N ^{d)}	≤ 16	235	360 à 480	24	27	34	40
			$16 < t \leq 40$	225					
			$40 < t \leq 60$	215					
			$60 < t \leq 100$	200					
			$100 < t \leq 150$	185	350 à 480				
			$150 < t \leq 250$	170	340 à 480				
P265GH	1.0425	+N ^{d)}	≤ 16	265	410 à 530	22	27	34	40
			$16 < t \leq 40$	255					
			$40 < t \leq 60$	245					
			$60 < t \leq 100$	215					
			$100 < t \leq 150$	200	400 à 530				
			$150 < t \leq 250$	185	390 à 530				
P295GH	1.0481	+N ^{d)}	≤ 16	295	460 à 580	21	27	34	40
			$16 < t \leq 40$	290					
			$40 < t \leq 60$	285					
			$60 < t \leq 100$	260					
			$100 < t \leq 150$	235	440 à 570				
			$150 < t \leq 250$	220	430 à 570				
P355GH	1.0473	+N ^{d)}	≤ 16	355	510 à 650	20	27	34	40
			$16 < t \leq 40$	345					
			$40 < t \leq 60$	335					
			$60 < t \leq 100$	315	490 à 630				
			$100 < t \leq 150$	295	480 à 630				
			$150 < t \leq 250$	280	470 à 630				

Jusqu'à l'harmonisation des critères de limite élastique dans les divers codes nationaux, on peut remplacer la détermination de R_{eH} par une détermination de $R_{p0,2}$.
 Pour $R_{p0,2}$ les valeurs minimales sont inférieures de 10 N/mm².

**Tableau 4 — Valeurs minimales pour la limite conventionnelle d'élasticité
à 0,2 % à température élevée ^{a)}**

Nuance d'acier		Épaisseur de produit ^{b) c)} <i>t</i> mm	Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 %, $R_{p0,2}$, minimale (en MPa) à la température (en °C) de									
Désignation symbolique	Désignation numérique		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
P235GH	1.0345	≤ 16	227	214	198	182	167	153	142	133	—	—
		16 < <i>t</i> ≤ 40	218	205	190	174	160	147	136	128	—	—
		40 < <i>t</i> ≤ 60	208	196	181	167	153	140	130	122	—	—
		60 < <i>t</i> ≤ 100	193	182	169	155	142	130	121	114	—	—
		100 < <i>t</i> ≤ 150	179	168	156	143	131	121	112	105	—	—
		150 < <i>t</i> ≤ 250	164	155	143	132	121	111	103	97	—	—
P265GH ^{d)}	1.0425	≤ 16	256	241	223	205	188	173	160	150	—	—
		16 < <i>t</i> ≤ 40	247	232	215	197	181	166	154	145	—	—
		40 < <i>t</i> ≤ 60	237	223	206	190	174	160	148	139	—	—
		60 < <i>t</i> ≤ 100	208	196	181	167	153	140	130	122	—	—
		100 < <i>t</i> ≤ 150	193	182	169	155	142	130	121	114	—	—
		150 < <i>t</i> ≤ 250	179	168	156	143	131	121	112	105	—	—
P295GH ^{d)}	1.0481	≤ 16	285	268	249	228	209	192	178	167	—	—
		16 < <i>t</i> ≤ 40	280	264	244	225	206	189	175	165	—	—
		40 < <i>t</i> ≤ 60	276	259	240	221	202	186	172	162	—	—
		60 < <i>t</i> ≤ 100	251	237	219	201	184	170	157	148	—	—
		100 < <i>t</i> ≤ 150	227	214	198	182	167	153	142	133	—	—
		150 < <i>t</i> ≤ 250	213	200	185	170	156	144	133	125	—	—
P355GH ^{d)}	1.0473	≤ 16	343	323	299	275	252	232	214	202	—	—
		16 < <i>t</i> ≤ 40	334	314	291	267	245	225	208	196	—	—
		40 < <i>t</i> ≤ 60	324	305	282	259	238	219	202	190	—	—
		60 < <i>t</i> ≤ 100	305	287	265	244	224	206	190	179	—	—
		100 < <i>t</i> ≤ 150	285	268	249	228	209	192	178	167	—	—
		150 < <i>t</i> ≤ 250	271	255	236	217	199	183	169	159	—	—

NF EN 10029

Tableau 1 — Tolérances sur l'épaisseur

Dimensions en millimètres

Épaisseur nominale	Tolérance sur l'épaisseur nominale (voir 7.1.1) ¹⁾								Différence maximale d'épaisseur dans une même tôle					
	Classe A		Classe B		Classe C		Classe D		Largeur nominale de la tôle					
	Écart inférieur	Écart supérieur	Écart inférieur	Écart supérieur	Écart inférieur	Écart supérieur	Écart inférieur	Écart supérieur	≥ 600 < 2 000	≥ 2 000 < 2 500	≥ 2 500 < 3 000	≥ 3 000 < 3 500	≥ 3 500 < 4 000	≥ 4 000
≥ 3 < 5	- 0,4	+ 0,8	- 0,3	+ 0,9	0	+ 1,2	- 0,6	+ 0,6	0,8	0,9	0,9	—	—	—
≥ 5 < 8	- 0,4	+ 1,1	- 0,3	+ 1,2	0	+ 1,5	- 0,75	+ 0,75	0,9	0,9	1,0	1,0	—	—
≥ 8 < 15	- 0,5	+ 1,2	- 0,3	+ 1,4	0	+ 1,7	- 0,85	+ 0,85	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2
≥ 15 < 25	- 0,6	+ 1,3	- 0,3	+ 1,6	0	+ 1,9	- 0,95	+ 0,95	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4
≥ 25 < 40	- 0,8	+ 1,4	- 0,3	+ 1,9	0	+ 2,2	- 1,1	+ 1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4
≥ 40 < 80	- 1,0	+ 1,8	- 0,3	+ 2,5	0	+ 2,8	- 1,4	+ 1,4	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
≥ 80 < 150	- 1,0	+ 2,2	- 0,3	+ 2,9	0	+ 3,2	- 1,6	+ 1,6	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7
≥ 150 < 250	- 1,2	+ 2,4	- 0,3	+ 3,3	0	+ 3,6	- 1,8	+ 1,8	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7	—

¹⁾ Ces tolérances d'épaisseur s'appliquent hors des zones meulées (voir 7.1.2).

NF E 81-100

7.6 Tolérances sur l'épaisseur de paroi

7.6.2 Fond à grand rayon de carre (GRC) — Fond elliptique (ELL)

Commande selon l'épaisseur nominale : pour un fond commandé à une épaisseur nominale E , l'épaisseur réelle mesurable après mise en forme peut différer de E , non seulement en raison des tolérances sur l'épaisseur de la tôle ou du feuillard initial, mais aussi en raison des modifications d'épaisseur produites par la mise en forme.

Commande selon l'épaisseur minimale garantie : après formage, l'épaisseur du fond doit être au moins égale à « e », épaisseur minimale nécessaire ou épaisseur admise, majorée de la surépaisseur de corrosion.

Sauf convention contraire, l'épaisseur minimale garantie en tout point du fond e_{\min} est donnée par le tableau 4 :

Tableau 4 : Épaisseur minimale garantie

Fond	Norme	Épaisseur nominale E	Épaisseur minimale garantie e_{\min}
ELL	NF E 81-103	Toute valeur de E	$0,85 E$
GRC	NF E 81-102	Toute valeur de E	$0,85 E$

NF EN 10216-2

Tableau 7 — Tolérances sur le diamètre extérieur et l'épaisseur

Diamètre extérieur mm	Tolérance sur D	Tolérance sur T pour un rapport T/D			
		≤ 0,025	> 0,025 ≤ 0,050	> 0,050 ≤ 0,10	> 0,10
$D \leq 219,1$	La plus grande des deux valeurs : ± 1 % ou ± 0,5 mm	La plus grande des deux valeurs : ± 12,5 % ou ± 0,4 mm			
$D > 219,1$		± 20 %	± 15 %	± 12,5 %	± 10 % ^{a)}

^{a)} Pour des diamètres extérieurs ≥ 355,6 mm, il est autorisé de dépasser localement l'épaisseur maximale d'au plus 5 % de l'épaisseur T .

MÉCANIQUE

Objectif N°1

- Vérifier la résistance en flexion de l'enveloppe de l'évaporateur en situation d'essai de résistance.

6. Vérifier la résistance en flexion de l'évaporateur en situation d'essai de résistance.

Voir pages 2/16, 3/16, 11/16 et 12/16.

On considère l'appareil rempli d'eau en situation d'essai de résistance.

Données et hypothèses :

- L'évaporateur sera assimilé à un tube en acier P265GH ($\rho_{\text{acier}} = 7850 \text{ kg/m}^3$) de $\varnothing 610 \times 10$ et de longueur 1356 mm, dont la limite élastique est de 255 MPa à 20°C.
 - Les deux berceaux sont assimilés à des contacts ponctuels parfaits en A et B.
 - Le poids des brides 14 et 16 : $P_B = 1\,698 \text{ N}$ appliqué en G_B .
 - Le poids du fond 2 et du piquage B : $P_F = 403 \text{ N}$ appliqué en G_F .
 - Le poids de l'eau contenu dans l'évaporateur, engendre une charge linéique uniformément répartie : q_e .
 - Le poids de la virole 1 engendre une charge linéique uniformément répartie : q_v .
 - Le poids de la virole et de l'eau engendre une charge linéique uniformément répartie : q_{tot} .
 - Tous les poids sont négligés sauf ceux cités ci-dessus.
 - Prendre $g = 10 \text{ m/s}^2$.
- 6.1. Calculer la charge uniformément répartie q_e en N/m due au poids de l'eau contenue dans l'appareil.
(Rappel : charge répartie sur une longueur de 1356 mm)
- 6.2. Calculer la charge uniformément répartie q_v en N/m due au poids de la virole.
(Rappel : charge répartie sur une longueur de 1356 mm)
- 6.3. Calculer la charge uniformément répartie q_{tot} en N/m résultant de la somme de q_e et de q_v .
- 6.4. Calculer le moment fléchissant maximum $M_{fz(\text{maxi})}$ en N.m.
Nota : le moment fléchissant maximum $M_{fz(\text{maxi})}$ se situe au point A à l'abscisse $x = 216 \text{ mm}$.
Pour cette question, prendre $q_{\text{tot}} = 4250 \text{ N/m}$.
- 6.5. Calculer la contrainte maxi σ_{maxi} en MPa et conclure quant à la résistance de l'appareil.
- On rappelle : $\sigma_{\text{maxi}} = \frac{|M_{fz(\text{maxi})}|}{W_{\text{el.z}}}$
- Pour cette question, prendre $M_{fz(\text{maxi})} = 375 \text{ N.m}$***
- 6.6. Relever la flèche maximum f_{maxi} en mm du tube acier de longueur 1356 mm et conclure quant à la déformée de l'appareil.

Objectif N°2

- Vérifier la résistance au matage du support de potence 26.
- Vérifier la résistance du cordon de soudure entre la bague de potence 25 et le rond de potence 24.

7. Vérifier la résistance au matage du support de potence 26.

Voir pages 2/16, 3/16, 13/16 et 14/16.

Lors des interventions d'entretien et afin d'accéder au filtre, on déboulonne la bride 16 qui est manipulée par la potence.

Données et hypothèses :

- Le poids du couvercle P_C = poids la bride pleine et des accessoires qui lui sont liés, sont définis sur le plan DT1–U41.
- L'étude est faite lorsque le couvercle est décollé du joint 15, comme définie sur la page 13/16.
- Les liaisons mécaniques sont supposées parfaites.
- Le poids P_C est appliqué au point A.
- Le tube de potence 24 est en liaison pivot d'axe Y avec le support de potence 26; cette liaison se décompose en :
 - En B : liaison rotule (sphérique) de centre B,
 - En C : liaison linéaire annulaire (sphère-cylindre) de centre C et d'axe Y.
- Les autres poids sont négligés.
- Prendre $g = 10 \text{ m/s}^2$.

7.1. Calculer le poids P_C en N.

7.2. Après avoir isolé $\{20+21+22+23+24+25\}$, calculer les actions en N dans les liaisons B et C.

Nota : pour cette question, on a affecté un nouveau repère B,X,Y,Z associé à la potence.

Pour cette question, prendre $P_C = 1\,215 \text{ N}$.

7.3. Dans la liaison rotule en B, vérifier le non matage du support 26 (le calcul se fera à la pression diamétrale en utilisant la surface projetée) :

7.3.1. En contact avec le rond de potence 24.

7.3.2. En contact avec la bague de potence 25.

Nota : la pression admissible au matage est de 20 MPa.

Pour cette question, prendre : $X_B = 3\,670 \text{ N}$ et $Y_B = 1\,215 \text{ N}$.

8. Vérifier la résistance du cordon de soudure entre la bague de potence 25 et le rond de potence 24.

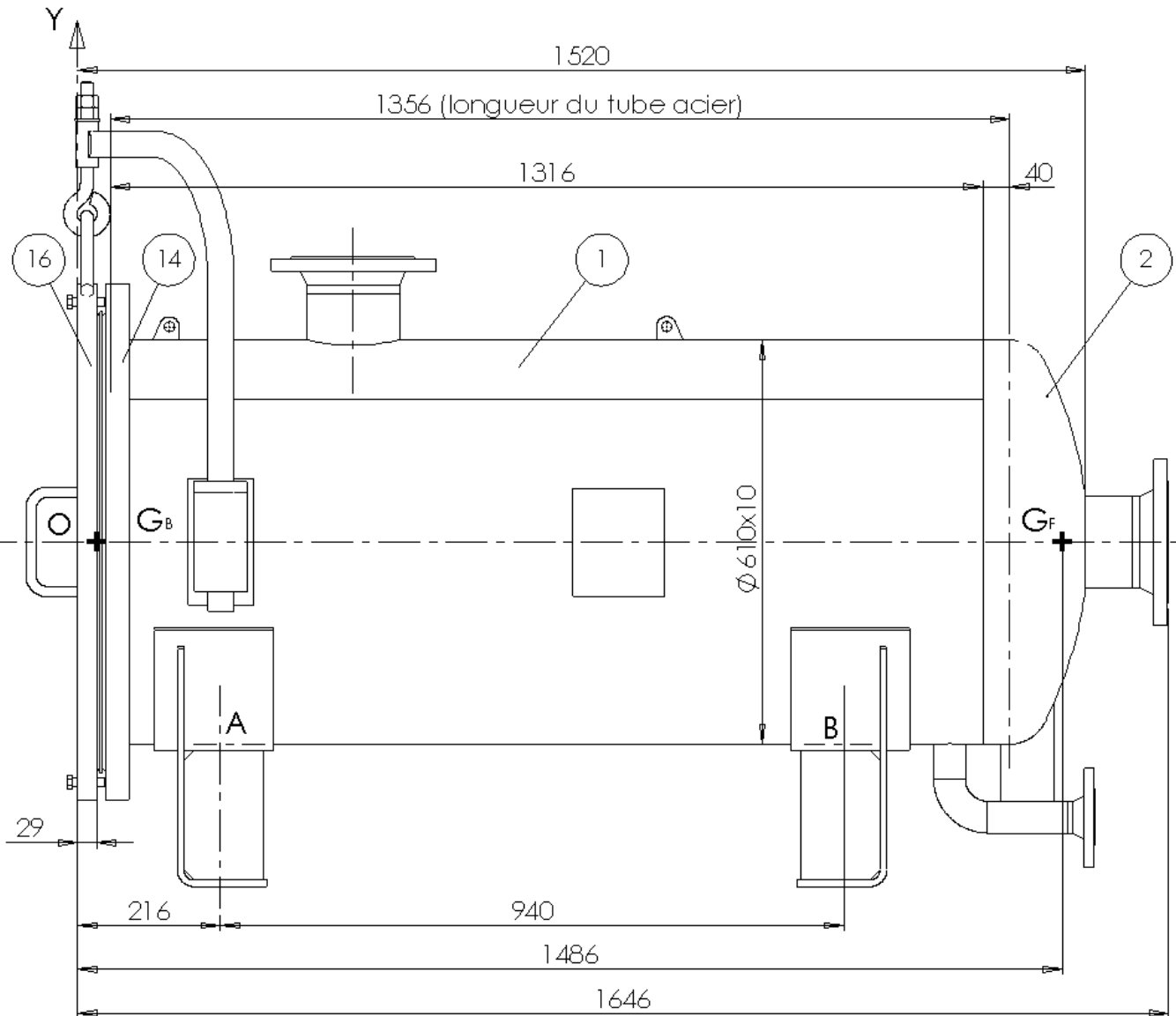
Voir pages 2/16, 3/16, 14/16, 15/16 et 16/16.

Données et hypothèses :

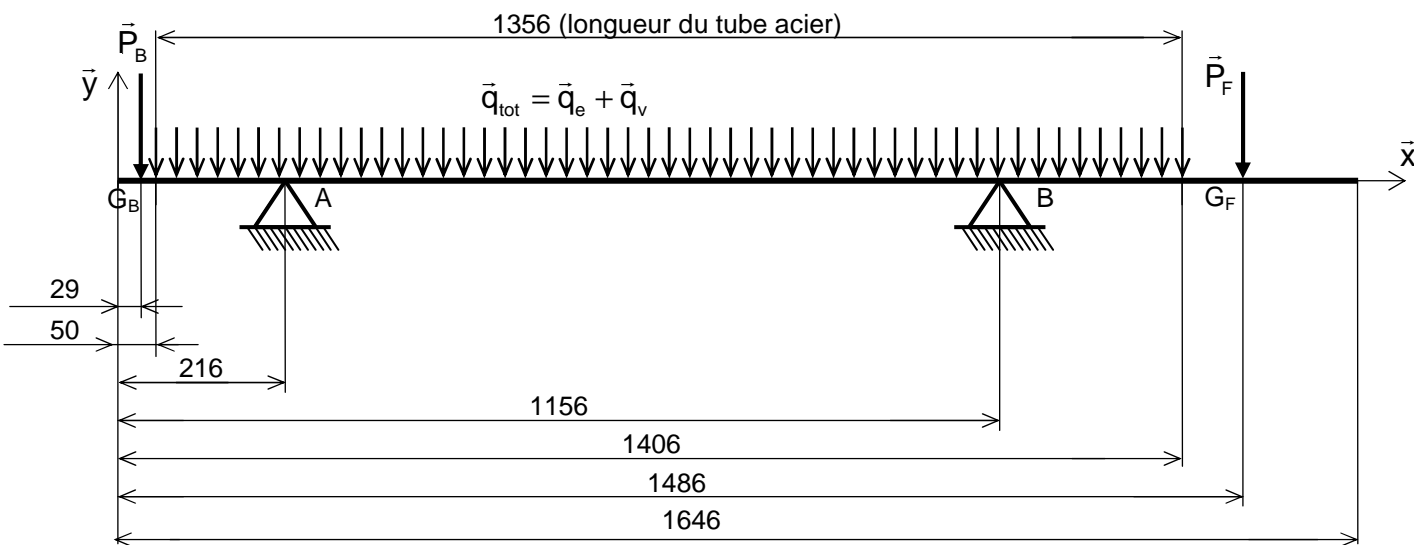
- La soudure entre la bague de potence et le rond de potence doit supporter un effort vertical de 1 215 N.
- Le coefficient de pondération est de 1,5.

8.1. Vérifier par la méthode simplifiée la résistance du cordon de soudure en acier S275 selon l'Eurocode 3.

Mise en situation évaporateur



Modélisation de l'évaporateur



Modélisation sous RdM Le MANS de l'évaporateur

Nom du matériau = Acier P265GH

Module d'Young = 210000 MPa

Masse volumique = 7850 kg/m³

Limite élastique = 255 MPa

Rond creux : D = 610.0 t = 10.0 (mm)

Aire = 188.50 cm²

Moment quadratique : Iz = 84846.56 cm⁴

Fibre supérieure : vy = 305.00 mm wel.z = 2781.85 cm³

Fibre inférieure : vy = 305.00 mm wel.z = 2781.85 cm³

Noeud 1 : x = 0.000

Noeud 2 : x = 29.000

Noeud 3 : x = 50.000

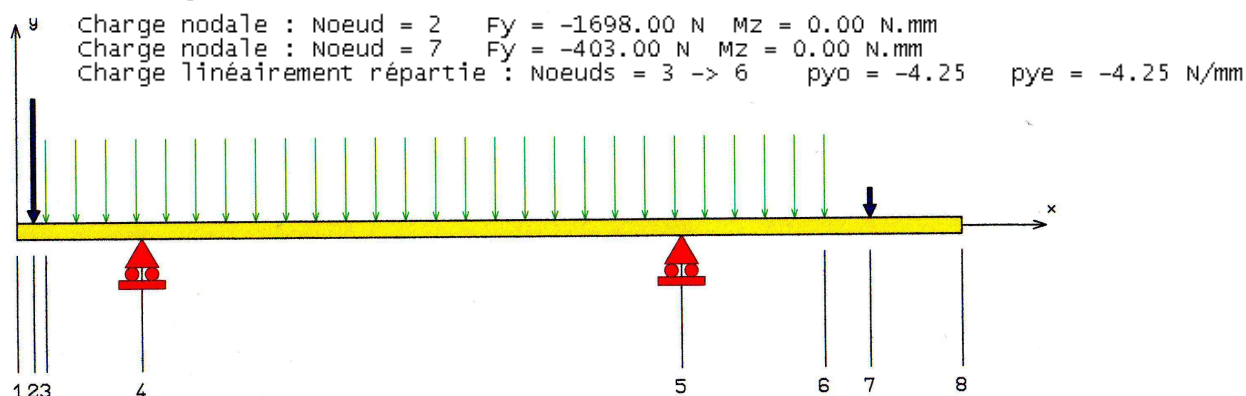
Noeud 4 : x = 216.000

Noeud 5 : x = 1156.000

Noeud 6 : x = 1406.000

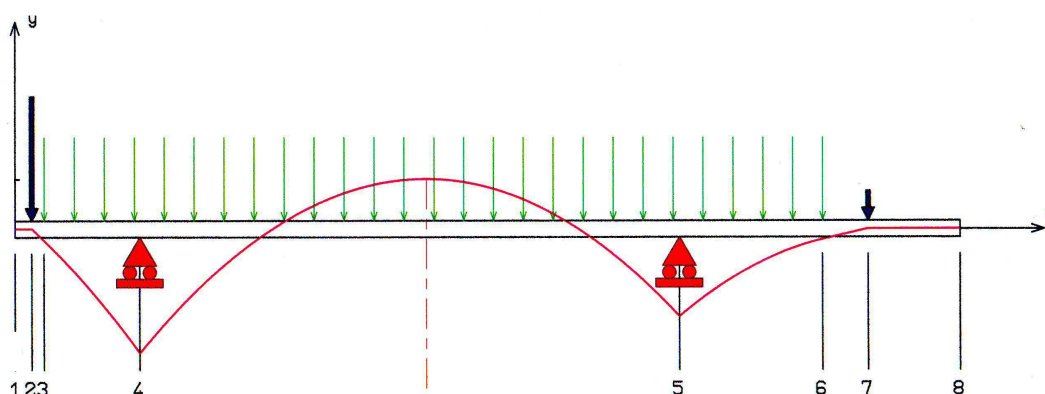
Noeud 7 : x = 1486.000

Noeud 8 : x = 1646.000



Moment fléchissant en N.mm sous RdM Le MANS de l'évaporateur

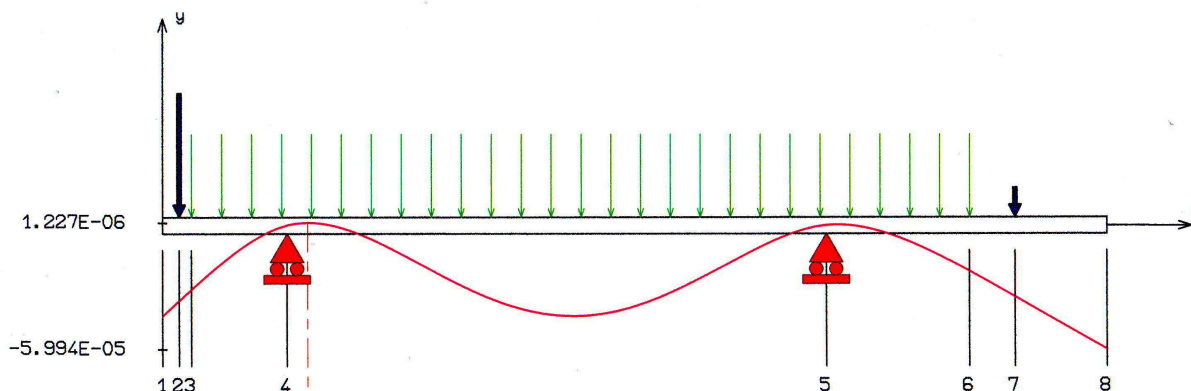
MOMENT FLECHISSANT [N.mm]



Flèche en mm sous RdM Le MANS de l'évaporateur

Noeud	Flèche	Pente	Noeud	Flèche	Pente
1	-0.000044	0.000000	5	0.000000	0.000000
2	-0.000036	0.000000	6	-0.000022	-0.000000
3	-0.000031	0.000000	7	-0.000035	-0.000000
4	0.000000	0.000000	8	-0.000060	-0.000000

FLECHE [mm]



Potence de couvercle de l'évaporateur

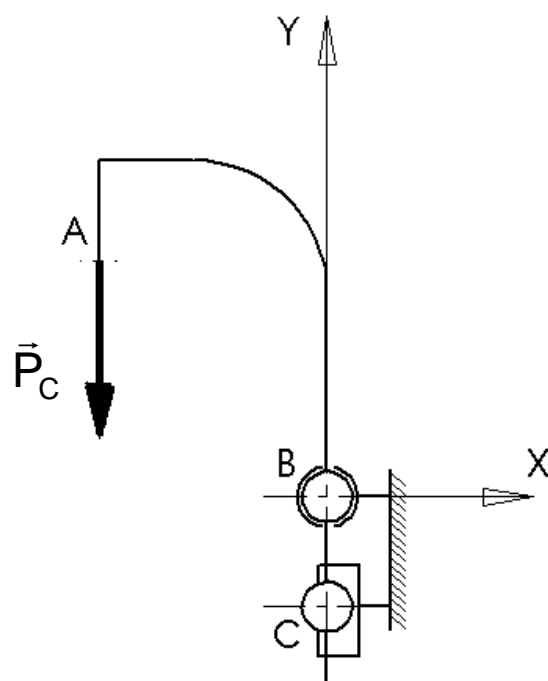
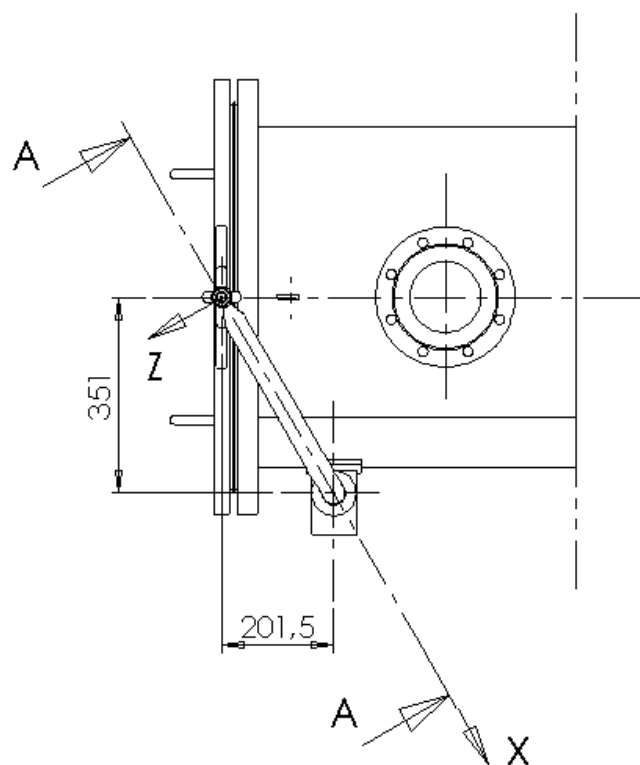
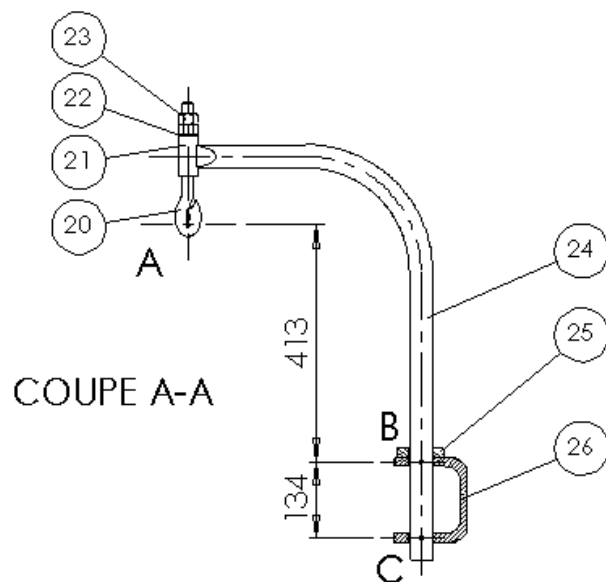
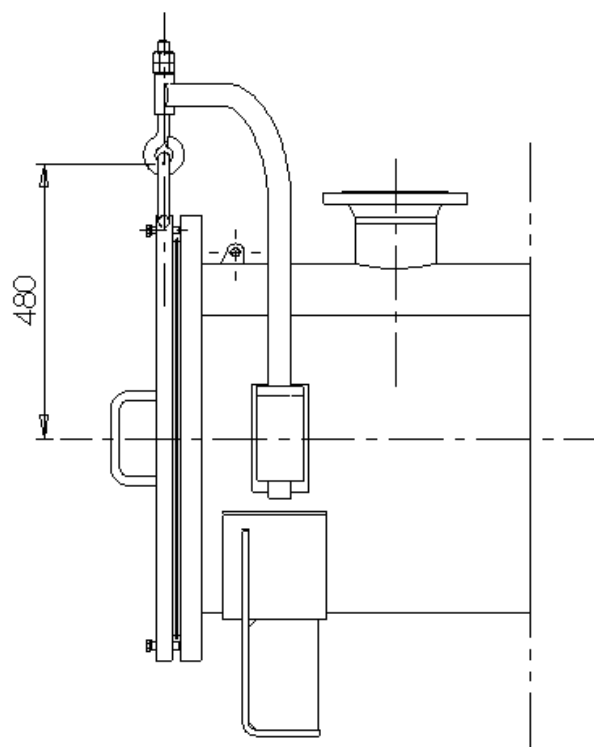
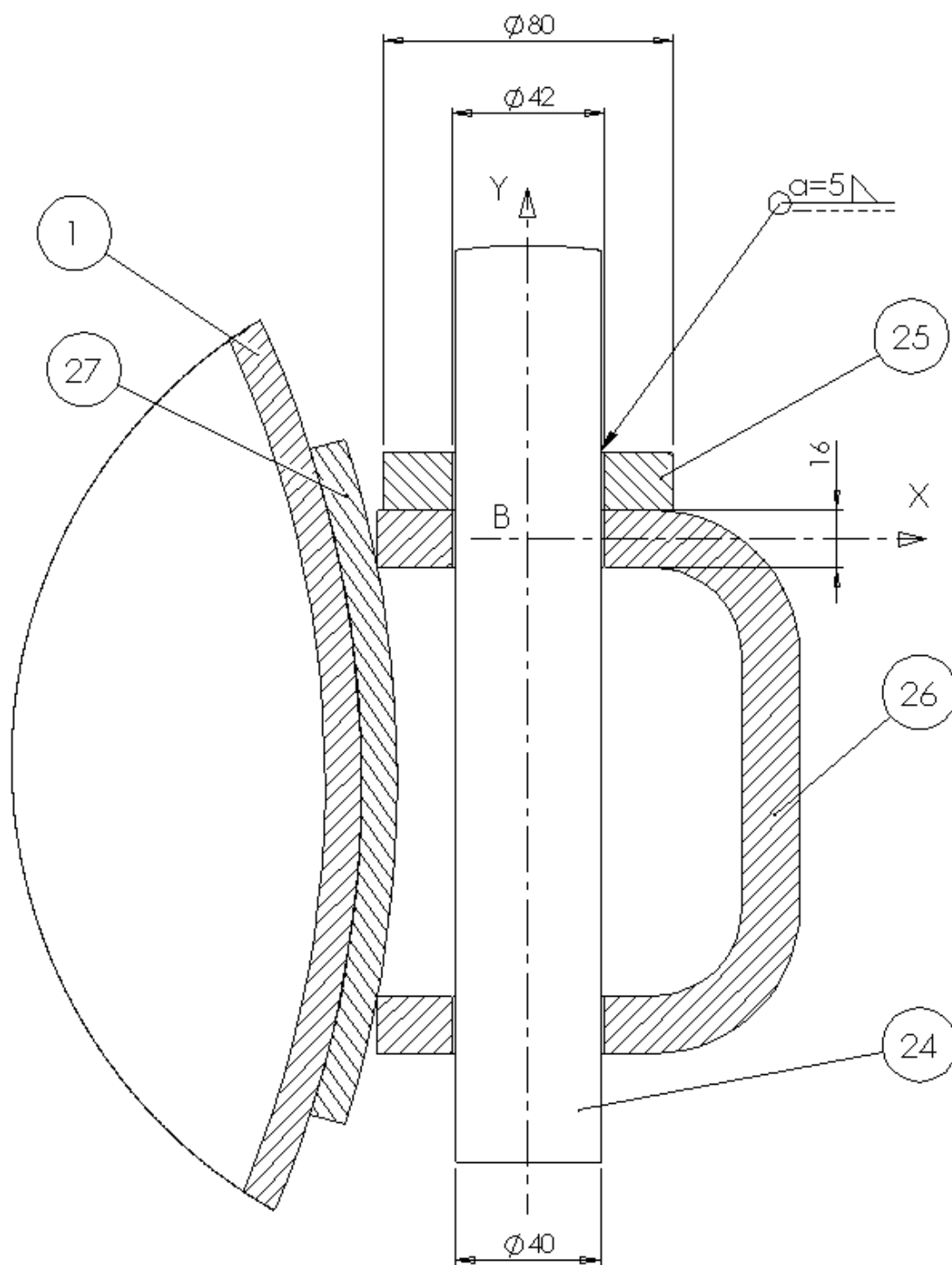


Schéma cinématique

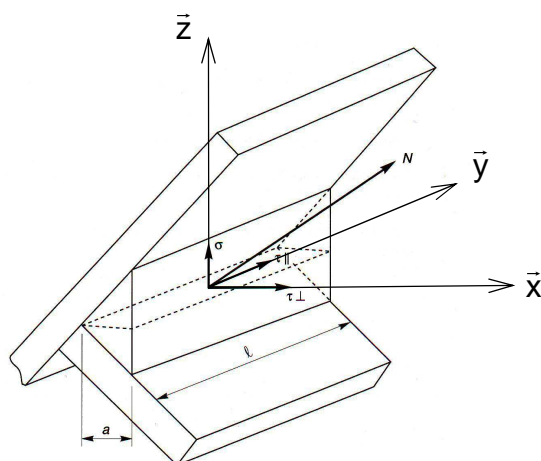
Pivot de potence



Condition de non matage : $p \leq p_{\text{admissible}}$

NOTATIONS

- a : épaisseur utile de la gorge (mm),
- l : longueur utile du cordon (mm),
- N : effort pondéré appliqué à chaque cordon, centré au milieu de la longueur du cordon (N),
- $\sigma, \tau_{\perp}, \tau_{//}$: composantes de la contrainte moyenne rapportée à la section S de la gorge : $S = a.l$ (mm²)
 - σ : contrainte normale (perpendiculaire) à la section (MPa),
 - τ_{\perp} : contrainte de cisaillement dans le plan de la section perpendiculaire à l'axe longitudinal du cordon (MPa),
 - $\tau_{//}$: contrainte de cisaillement dans le plan de la section parallèle à l'axe longitudinal du cordon (MPa).



Avec :

$$\begin{aligned} - \sigma &= \frac{N_n}{S} \\ - \tau_{\perp} &= \frac{N_{\perp}}{S} \\ - \tau_{//} &= \frac{N_{//}}{S} \end{aligned}$$

- N_n : Projection de l'effort pondéré N sur l'axe des z .
- $N_{//}$: Projection de l'effort pondéré N sur l'axe des y .
- N_{\perp} : Projection de l'effort pondéré N sur l'axe des x .

FORMULES FONDAMENTALES

$$\sqrt{\sigma^2 + 3.(\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad \text{et} \quad \sigma \leq 0,9. \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

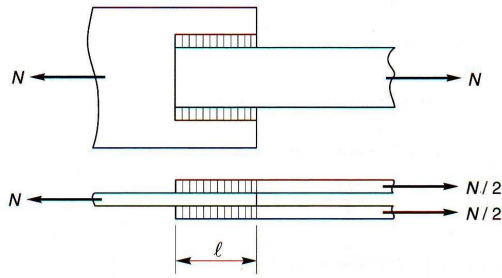
avec :

- β_w et γ_{M2} : coefficient variable selon la nuance de l'acier.
- f_u : résistance à la traction de l'acier.
- f_y : limite d'élasticité de l'acier.

Nuances d'acier			γ_{M2}	β_w
Acier	f_y (MPa)	f_u (Mpa)		
S235	235	360	1.25	0.8
S275	275	430	1.3	0.85
S355	355	510	1.35	0.9

Méthode simplifiée pour la résistance des soudures d'angle

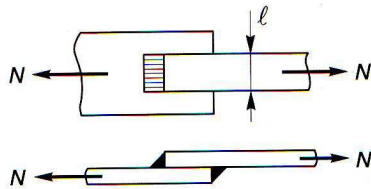
Cas des cordons latéraux



Dans ce cas, la formule fondamentale par cordon de soudure devient :

$$a.l \geq \beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \frac{N \cdot \sqrt{3}}{f_u}$$

Cas des cordons frontaux

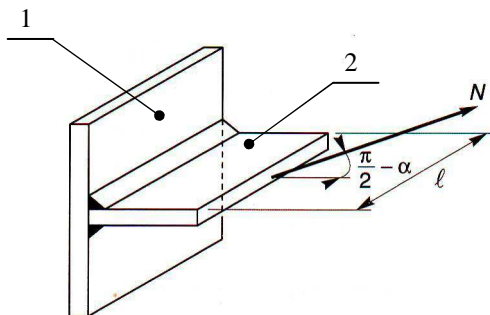


Dans ce cas, la formule fondamentale par cordon de soudure devient :

$$a.l \geq \beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \frac{N \cdot \sqrt{2}}{f_u}$$

Cas des pièces perpendiculaires

Les deux pièces sont assemblées par deux cordons frontaux.



Dans ce cas, la formule fondamentale par cordon de soudure devient :

$$a.l \geq \beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \frac{N \cdot \sqrt{3 - \sin^2 \alpha}}{f_u}$$