

SESSION 2011

CAPLP
CONCOURS EXTERNE
ET CAFEP

Section : GÉNIE INDUSTRIEL
Option : STRUCTURES MÉTALLIQUES

ÉCRIT 1
ÉPREUVE DE SYNTHÈSE

Durée : 5 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice 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 2005 obligatoire.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire 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

Contenu du dossier :

Sujet : DS1 à DS5

Dossier technique : DT1 à DT11

Document réponse : DR

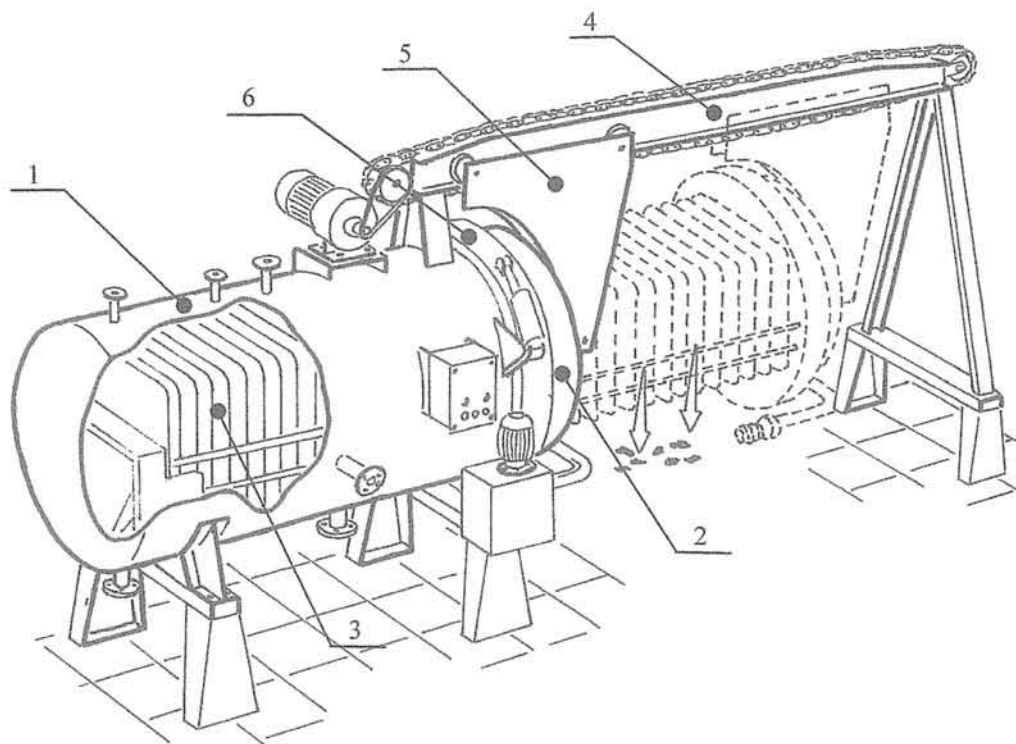
ENSEMBLE DE FILTRATION

MISE EN SITUATION :

Une entreprise de fabrication de matière plastique a besoin d'utiliser un réservoir de filtration à la fin de son processus de fabrication. Il permettra de séparer les constituants d'un mélange air-huile, réchauffé à l'aide de vapeur d'eau, par le filtrage du fluide.

Un bon fonctionnement de l'appareil nécessitera le nettoyage périodique du filtre.

Afin de rendre plus efficace le décolmatage du filtre, un avant-projet prévoit l'ouverture de la cuve. Le fond amovible sur lequel est fixé le filtre se translate à l'aide d'un chariot, Un système de verrouillage étanche du fond amovible sur la cuve est assuré par 3 vérins hydrauliques et une couronne.



L'ensemble de filtration est constitué de 6 sous-ensembles principaux : voir ci-dessus et DT1

- ✓ 1 : La cuve constituée d'une double enveloppe
- ✓ 2 : Le fond amovible constitué d'une double enveloppe
- ✓ 3 : Le filtre
- ✓ 4 : La potence
- ✓ 5 : Le chariot
- ✓ 6 : La couronne

HYPOTHESES

- Les organes de sécurité (soupapes) imposent de prendre une pression de calcul supérieure de 10% à la pression de service.
- La liaison entre la couronne et la cuve est modélisée par une liaison pivot. (voir DT 1)
- La liaison entre le filtre et la cuve est modélisée par une liaison ponctuelle en E.
- La liaison entre le filtre et le fond est modélisée par une liaison encastrement.
- La liaison entre le fond et le chariot est modélisée par une liaison pivot en D.

DONNEES

- Matériau utilisé pour la cuve : P 235 GH (voir DT 2 et DT 3)
- Diamètre extérieur de l'enveloppe intérieure : 1500 mm
- Fond torisphérique, en 1 seul élément, conforme à la norme: $D_e=1600$ mm (voir DT 4)
- Dans la double enveloppe : pression de service 4 bar
température de service 130°C
température de calcul 150°C
- Dans la cuve : pression de service 6,5 bar
température de service 100°C
température de calcul 110°C
- Catégorie de construction C selon CODAP 2005 division 1
- Surépaisseur de corrosion (virole et fond) : 1,5 mm
- Tolérance sur l'épaisseur des tôles : classe A, (voir DT 4)
- L'épaisseur minimale garantie du fond : 80% de l'épaisseur nominale de commande e_n
- Réduction d'épaisseur de la virole due au roulage : 0,5 mm
- Règles de calcul des éléments soumis à une pression extérieure (voir DT 5.1 à DT 5.6)
- Coefficient de frottement couronne/fond et couronne/cuve : $\mu = 0,2$

- Dimensions du joint d'étanchéité entre cuve et fond : $\varnothing_e = 1600$ mm, $\varnothing_i = 1500$ mm
- Pression d'assise du joint d'étanchéité entre cuve et fond : 3,5 MPa

- Poids du fond amovible $\|\vec{P}_2\| = 6\,750$ N, appliqué en G_2 .
- Poids du filtre $\|\vec{P}_3\| = 12\,000$ N, appliqué en G_3 .
- Poids du chariot $\|\vec{P}_5\| = 1\,250$ N, appliqué en G_5 .

- Matériaux des profilés standards (IPN, IPE,...), tube, flancs du chariot ... : S 235
résistance au glissement 120 MPa, $E = 200\,000$ MPa
- Pression de matage limite autorisée : 80 MPa

TRAVAIL DEMANDE

1 Vérification de l'épaisseur de la cuve

En situation normale de service, la chambre 1 fonctionne sous une pression de 6,5 bar (p_1) et la chambre 2 sous une pression de 4 bar (p_2).

Lors du démarrage, de l'arrêt ou dans le cas d'un dysfonctionnement aléatoire (ex : fuite...), les chambres 1 et 2 peuvent être soumises à d'autres pressions.

1-1 **Analyser** les différentes mises en pression possibles des chambres 1 et 2. **Préciser** la nature et les valeurs des différentes pressions de service, dans les cas les plus défavorables, pour les deux chambres.

1-2 **Déterminer** les pressions de calcul dans les 2 chambres (intérieures et/ou extérieures).

L'étude de la cuve se fera en situation normale de service.

1-3 **Calculer** l'épaisseur minimale de la virole de la chambre 1 soumise à une pression intérieure de calcul estimée à 7 bar (on supposera une épaisseur de commande inférieure à 16 mm).

1-4 **Déterminer** l'épaisseur nominale de commande de cette virole.

1-5 **Vérifier** l'épaisseur de la virole intérieure soumise à une pression extérieure de calcul de 4,5 bar (voir DT 5.1 à DT 5.6).

Nota : on prendra $e = 7$ mm, $e_n = 10$ mm.

La présence de 3 raidisseurs à l'extérieur de l'enveloppe intérieure impose une longueur $L = 700$ mm.

1-6 **Calculer** l'épaisseur minimale du fond de l'enveloppe extérieure sous une pression intérieure de calcul supposée de 4,5 bar.

Nota : on prendra $f = 120$ MPa et $D_i = D_e$ pour l'application du CODAP.

1-7 **Déterminer** l'épaisseur nominale de commande de ce fond.

2 Vérification des vérins de blocage du fond sur la cuve

Le système de blocage est constitué d'une couronne 6 munie de 16 cales biaisées intérieures alternées avec 16 espaces, qui glissent sur 16 cales biaisées appartenant au fond amovible 2.

Le fond pénètre dans la couronne. Il est bloqué par l'intermédiaire des cales lors de la rotation de la couronne obtenue par trois vérins hydrauliques 7 disposés à 120° . Les vérins sont liés par montage en chape à la cuve 1 en A et à la couronne 6 en B. (voir DT 6 et DT 7)

Un joint plat en élastomère sera choisi pour assurer l'étanchéité entre la cuve et le fond amovible.

Phase de blocage :

- 2-1 **Calculer** l'effort axial que doit exercer chaque cale pour que le joint assure l'étanchéité (hypothèse : on suppose une répartition circulaire uniforme des actions des 16 cales).
- 2-2 **Calculer** le couple nécessaire à appliquer à la couronne pour effectuer le blocage (*voir DT 7*), (hypothèses : le contact entre 2 cales est assimilé à un appui ponctuel avec frottement).
- 2-3 **Déterminer** l'effort d'un vérin si le couple à appliquer à la couronne est de 360 000 N.m (*voir DT 6*).
- 2-4 **Déterminer** le vérin en précisant sa référence (*voir DT8*) sachant que la pression d'alimentation maximale fournie par le groupe hydraulique est de 195 bar et que sa course utile maximale est de 350 mm.

Phase de déblocage :

Pour ce calcul on prendra le modèle de vérin 706/4,

- 2-5 **Calculer** les efforts tangentiels si on suppose un effort axial de serrage de 55 000 N par cale.
- 2-6 **En déduire** le couple nécessaire à appliquer à la couronne pour effectuer le déblocage.
- 2-7 **Vérifier** à l'aide du graphique (*voir DT8*), l'effort de traction du vérin choisi et **Conclure**.

3 Vérification de la poutre longitudinale de la potence

La poutre longitudinale de la potence, posée sur 2 appuis simples en R et S, est sollicitée en flexion sous l'effet du chariot. Les actions des galets sont considérées comme étant deux charges roulantes liées entre elles (*Voir DR*).

Rappel théorème de Barré :

Le maximum des moments fléchissants sous 1 galet est obtenu lorsque le milieu de la poutre est au milieu de l'intervalle qui sépare ce galet de la résultante des actions du chariot.

- 3-1 **Calculer** les actions mécaniques de la poutre 4 sur les galets S_1 et S_2 du chariot (*Voir DT1*).
- 3-2 **Déterminer** la position de la résultante de ces actions mécaniques.

3-3 **Dessiner** le chariot, sur DR, dans les deux positions pour appliquer le théorème de Barré.

3-4 **Déterminer** les actions en R et S, dans chacune des deux positions.

3-5 **Calculer** les moments fléchissants maxi sous les galets S_1 et S_2 et **tracer** les diagrammes pour chacune des deux positions (*sur DR*).

3-6 **Préciser** *le maximum maximorum* (le plus grand des moments fléchissants).

Pour la suite on prendra $M_{f_{\max}} = 11\,000 \text{ N.m}$

3-7 **Déterminer** le profil de l'YPE (*voir DT9*) à adopter pour réaliser la poutre longitudinale de la potence en prenant un coefficient de sécurité de 2.

4 Vérification de la liaison en D entre le chariot et le fond amovible

La fabrication impose d'utiliser un tube de diamètre 48,3 mm et d'épaisseur 3,2 mm, lié complètement au flanc du chariot par un plat et un boulon, pour assurer la liaison entre le chariot et le fond amovible (*voir schéma DT10*).

On prendra la valeur de l'action en D du chariot sur le fond amovible égale à 12 000 N.

4-1 **Vérifier** la résistance du tube au cisaillement, en prenant un coefficient de sécurité de 4.

4-2 **Calculer** l'épaisseur minimale des flancs du chariot.

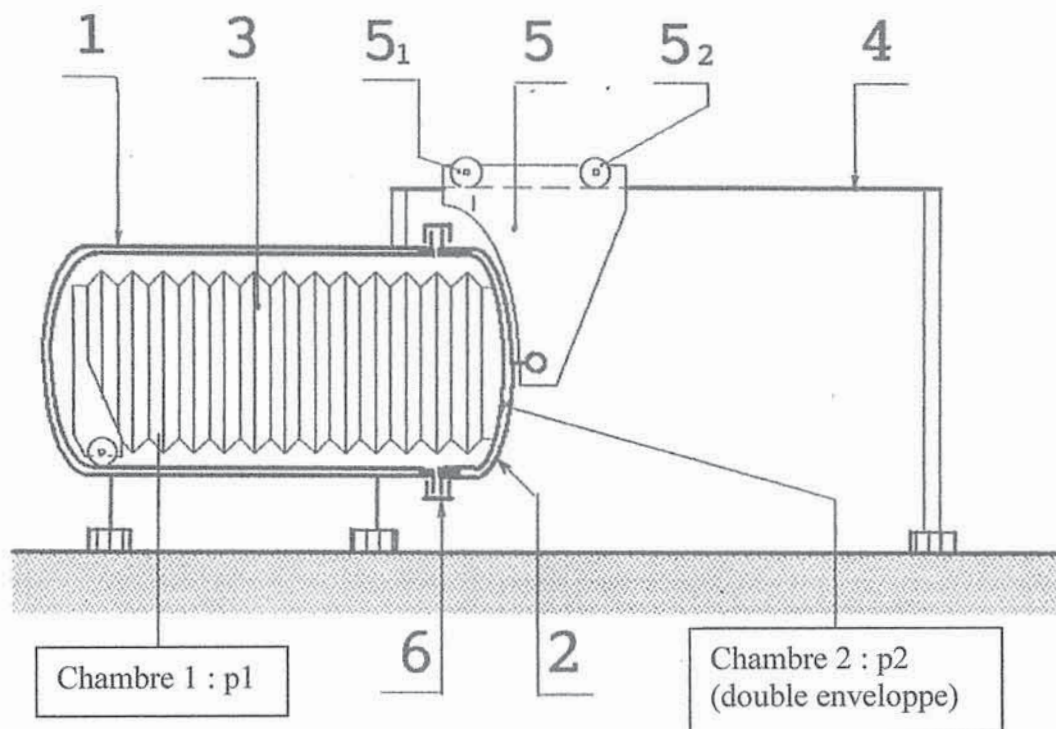
Nota : On vérifiera la condition de non matage en pression moyenne.

4-3 **Déterminer** l'épaisseur x de la patte liée au fond bombé amovible.

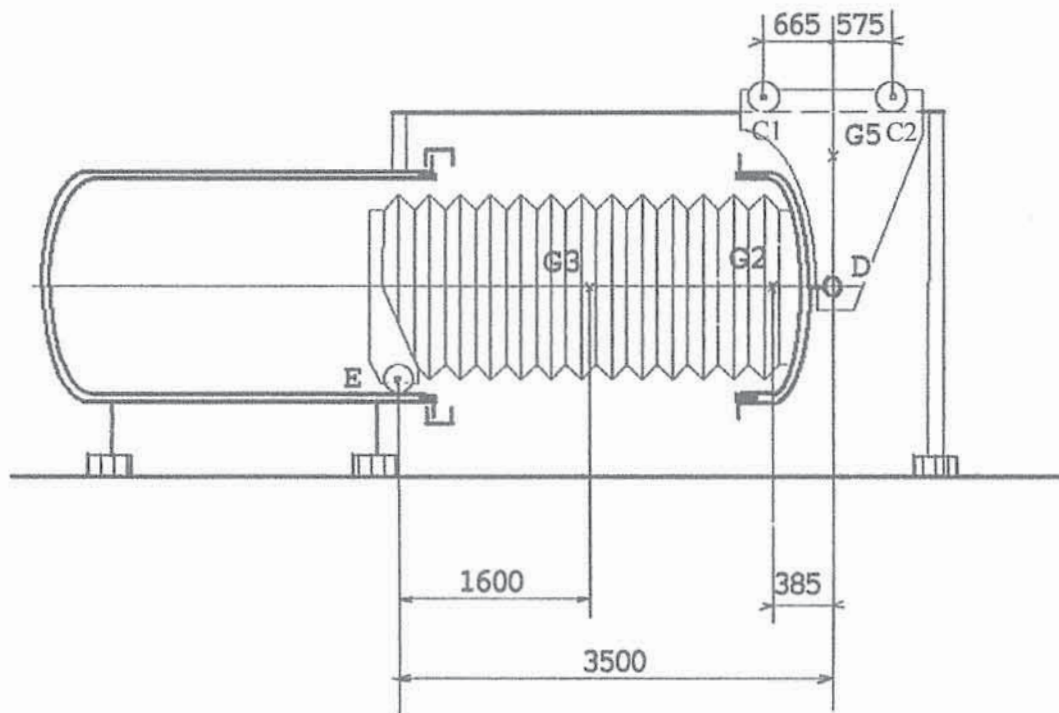
Nota : le serrage du fond sur la cuve, nécessite un jeu radial dans la liaison, on utilisera les relations de Hertz (*voir DT11*).

4-4 **Conclure** quant à la validité de cette épaisseur. Si cette épaisseur ne convient pas, **établir** à main levée une nouvelle solution constructive. Pour des raisons de fabrication, les éléments constituant la liaison auront une épaisseur comprise entre 8 et 14 mm.

ENSEMBLE DE FILTRATION (Position marche)



ENSEMBLE DE FILTRATION (Position nettoyage)



DT 1

Tableau 3 : Caractéristiques mécaniques (valables pour les éprouvettes transversales)

Nuance d'acier		État normal de livraison 1)	Épaisseur de produit mm		Limite d'élasticité 2) R _{eH} N/mm ² min	Résistance à la traction R _m N/mm ²	Allongement à la rupture (L ₀ = 5,65 √S ₀) A % min	Énergie de rupture par choc (éprouvette à entaille en V) KV	
			de >	à ≤				Température d'essai °C	Moyenne sur 3 éprouvettes J min
P235GH	1.0345	N 3)	16	16	235	360 à 480	25 5)	0	27
				40	225				
				60	215				
				100	200				
				150	185				
P265GH	1.0425	N 3)	16	16	265	410 à 530	23 6)	0	27
				40	255				
				60	245				
				100	215				
				150	200				
P295GH	1.0481	N 3)	16	16	295	460 à 580	22	0	27
				40	290				
				60	285				
				100	260				
				150	235				
					4)			4)	

(à suivre)

1) N = normalisé OA = trempé à l'air OL = trempé dans un liquide T = revenu.

2) Jusqu'à l'harmonisation des critères de limite d'élasticité 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.

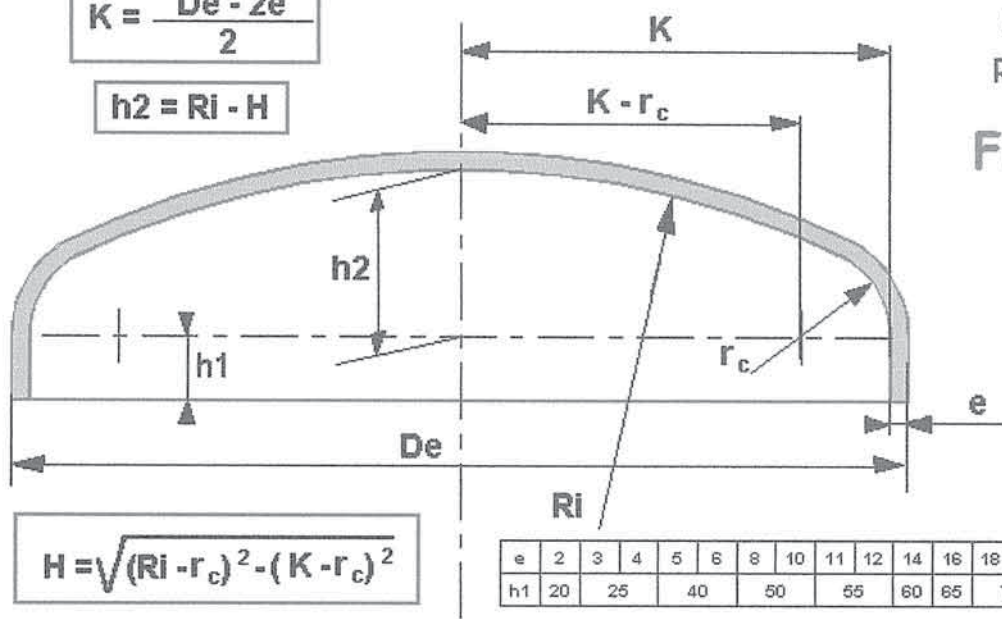
Tableau 4 : Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 % à températures élevées ¹⁾

Nuance d'acier		Épaisseur du produit		Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 %, min. en N/mm ² pour une température en °C de									
Désignation symbolique	Désignation numérique	de >	à ≤	R _{p0,2} ^t									
				50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
P235GH	1.0345		60	206	190	180	170	150	130	120	110	—	—
		60	100	191	175	165	160	140	125	115	105	—	—
		100	150	176	160	155	150	130	115	110	100	—	—
P265GH	1.0425		60	234	215	205	195	175	155	140	130	—	—
		60	100	207	195	185	175	160	145	135	125	—	—
		100	150	192	180	175	165	155	135	130	120	—	—
P295GH	1.0481		60	272	250	235	225	205	185	170	155	—	—
		60	100	249	230	220	210	195	180	165	145	—	—
		100	150	226	210	200	195	185	170	155	135	—	—
P355GH	1.0473		60	318	290	270	255	235	215	200	180	—	—
		60	100	298	270	255	240	220	200	190	165	—	—
		100	150	278	250	240	230	210	195	175	155	—	—
16Mo3	1.5415		60	—	—	—	215	200	170	160	150	145	140
		60	100	—	—	—	200	185	165	155	145	140	135
		100	150	—	—	—	190	175	155	145	140	135	130
13CrMo4-5	1.7335		60	—	—	—	230	220	205	190	180	170	165
		60	100	—	—	—	220	210	195	185	175	165	160
		100	150	—	—	—	210	200	185	175	170	160	155
10CrMo9-10	1.7380		60	—	—	—	245	230	220	210	200	190	180
		60	100	—	—	—	225	220	210	195	185	175	165
		100	150	—	—	—	215	205	195	185	175	165	155
11CrMo9-10	1.7383		100	—	—	—	—	255	235	225	215	205	195

1) Les valeurs de limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 % figurant dans ce tableau n'ont pas été calculées par les méthodes de dérivation indiquées dans la norme ISO 2605-1.

$$K = \frac{De - 2e}{2}$$

$$h2 = Ri - H$$



Fonds à Grand Rayon de Carre

Fonds GRC

$$Ri = De$$

$$r_c = 0,1 De$$

$$H = \sqrt{(Ri - r_c)^2 - (K - r_c)^2}$$

e	2	3	4	5	6	8	10	11	12	14	16	18	20	22	25	28	32	35	40
h1	20	25	40	50	65	80	90	100	110	120									

Tolérances sur l'épaisseur des tôles

Epaisseur nominale	Tolérance sur l'épaisseur nominale *							
	Classe A		Classe B		Classe C		Classe D	
	Ecart inférieur	Ecart supérieur	Ecart inférieur	Ecart supérieur	Ecart inférieur	Ecart supérieur	Ecart inférieur	Ecart supérieur
≥3	-0.4	+0.8	-0.3	+0.9	0	+1.2	-0.6	+0.6
≥5	-0.4	+1.1	-0.3	+1.2	0	+1.5	-0.75	+0.75
≥8	-0.5	+1.2	-0.3	+1.4	0	+1.7	-0.85	+0.85
≥15	-0.6	+1.3	-0.3	+1.6	0	+1.9	-0.95	+0.95
≥25	-0.8	+1.4	-0.3	+1.9	0	+2.2	-1.1	+1.1
≥40	-1.0	+1.8	-0.3	+2.5	0	+2.8	-1.4	+1.4
≥80	-1.0	+2.2	-0.3	+2.9	0	+3.2	-1.6	+1.6
≥150	-1.2	+2.8	-0.3	+3.3	0	+3.6	-1.8	+1.8

* ces tolérances d'épaisseur s'appliquent hors des zones meulées

REGLES DE CALCUL DES ENVELOPPES CYLINDRIQUES SOU MIS A UNE PRESSION EXTERIEURE

C4.1 - ENVELOPPES CYLINDRIQUES DE SECTION DROITE CIRCULAIRE

C4.1.1 - OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

Les règles du présent chapitre permettent de vérifier l'épaisseur des enveloppes cylindriques de section droite circulaire soumises à une pression extérieure.

Une telle enveloppe peut être constituée de plusieurs éléments assemblés par des soudures bout à bout. Il n'y a pas lieu de tenir compte d'un coefficient de soudure dans les calculs.

L'enveloppe peut être munie d'anneaux raidisseurs rapportés qui doivent alors satisfaire aux règles de C4.5.

Les règles du présent chapitre couvrent les modes de défaillance par déformation excessive et par instabilité élastique et élasto-plastique sous l'action de la pression extérieure.

C4.1.2 - CONDITIONS D'APPLICATION DES RÈGLES

C4.1.2.1 - Température de calcul

La température de calcul ne doit pas excéder la température la plus élevée figurant sur l'abaque de C4.9.2 relatif au matériau concerné.

C4.1.2.2 - Défauts de circularité

L'ovalisation et les écarts locaux de circularité de l'enveloppe doivent rester dans les limites indiquées en F1.5.

C4.1.2.3 - Ouvertures

Si l'enveloppe cylindrique comporte des ouvertures, il y a lieu de s'assurer que ces ouvertures n'affectent pas la résistance de l'enveloppe à l'action de la pression extérieure.

C4.1.2.4 - Sollicitations autres que la pression

Les règles du présent chapitre ne prennent en compte que l'action de la pression extérieure.

C4.1.3 - NOTATIONS

e	=	épaisseur admise de l'enveloppe cylindrique.
D_e	=	diamètre extérieur de l'enveloppe cylindrique.
L	=	longueur déterminée selon C4.1.4.
h_2	=	flèche intérieure d'un fond bombé (profondeur théorique de la partie bombée) ⁽¹⁾ .
P	=	pression extérieure de calcul.
P_a	=	pression extérieure maximale admissible de l'enveloppe cylindrique.
K	=	coefficient égal à : 1 pour une situation normale de service, 1,35 pour une situation exceptionnelle de service ou d'essai de résistance.
E	=	module d'élasticité à la température de calcul donné par le tableau C4.9.2.
f	=	contrainte nominale de calcul.

(1) Notation et définition identiques à celles de la norme NF E 81-100

C4.1.4 - DÉTERMINATION DE LA LONGUEUR L

L est la longueur mesurée parallèlement à l'axe de l'enveloppe entre deux éléments raidisseurs consécutifs ⁽²⁾.

Un élément raidisseur peut être :

a) Un anneau raidisseur rapporté satisfaisant aux règles de C4.5.

La longueur L est alors à mesurer à partir d'un plan perpendiculaire à l'axe de l'enveloppe passant par le centre de gravité de l'ensemble constitué par l'anneau raidisseur et les longueurs d'enveloppe participantes éventuelles (voir C4.5 et figure C4.1.4a).

b) Un fond bombé.

La longueur L est alors à mesurer à partir d'un plan perpendiculaire à l'axe de l'enveloppe, situé à une distance du plan de raccordement de la partie bombée avec le bord cylindrique égale à : $\frac{h_2}{3}$ (voir figures C4.1.4a et b).

c) La jonction d'une double enveloppe sur l'enveloppe cylindrique.

- Lorsqu'une pression intérieure s'exerce dans l'enceinte entre les deux enveloppes, la longueur L est à mesurer à partir de la limite de la zone d'enveloppe sur laquelle s'exerce cette pression (voir figure C4.1.4c).

La jonction n'a pas à satisfaire aux règles de C4.5 (mais sa résistance aux sollicitations qu'elle supporte doit bien entendu être vérifiée).

- Lorsqu'une dépression règne dans l'enveloppe cylindrique intérieure, la jonction doit, pour être considérée comme élément raidisseur, satisfaire aux règles de C4.5 ; la longueur L est alors à mesurer à partir d'un plan perpendiculaire à l'axe de l'enveloppe passant par le centre de gravité de la jonction (voir C4.5 et figure C4.1.4d).

d) La jonction de l'enveloppe cylindrique avec une enveloppe conique de même axe.

La longueur L est alors à mesurer (voir C4.7) :

- à partir de l'intersection des surfaces externes des deux enveloppes si la jonction ne comporte pas d'anneau raidisseur rapporté.
- à partir d'un plan perpendiculaire à l'axe de l'enveloppe passant par le centre de gravité de l'ensemble constitué par l'anneau raidisseur et les longueurs d'enveloppes participantes éventuelles si la jonction comporte un anneau raidisseur rapporté.

La jonction doit satisfaire aux règles de C4.7.

Dans le cas d'un raccordement par l'intermédiaire d'une partie torique, le rayon de raccordement doit être au plus égal à 1/10 du diamètre extérieur de l'enveloppe cylindrique.

e) Une bride d'assemblage soudée à l'enveloppe et satisfaisant aux règles de C4.5.

La longueur L est alors à mesurer à partir du plan de joint (voir figure C4.1.4b).

f) Une plaque tubulaire, un fond plat soudé ou une structure intérieure (plateau de colonne, chicane, etc...) convenablement raidie.

La longueur L est alors à mesurer à partir de la limite de la zone d'enveloppe sur laquelle s'exerce la pression.

Les figures C4.1.4a à d illustrent les définitions ci-dessus et précisent comment mesurer L .

C4.1.5 - RÈGLE DE CALCUL

Pour l'application de la présente règle, E et f doivent être exprimés en mégapascals ; la valeur de P_a est obtenue dans la même unité.

C4.1.5.1 - Enveloppes cylindriques telles que $D_e/e \geq 10$

La vérification de la résistance de l'enveloppe cylindrique s'effectue comme suit :

- a) Calculer les valeurs $\frac{L}{D_e}$ et $\frac{D_e}{e}$.

⁽²⁾ Sauf cas particulier traité en C4.8.3.

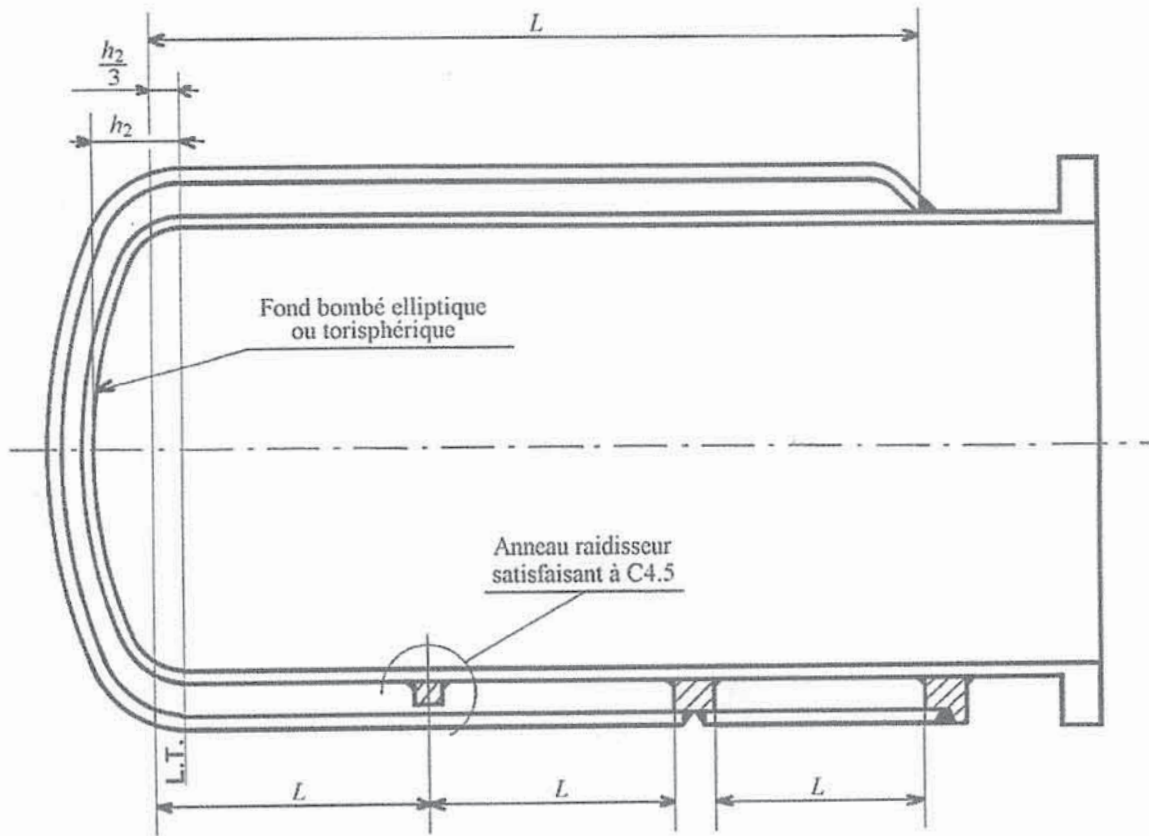


Figure C4.1.4 c - Appareil à double enveloppe - Pression s'exerçant dans l'enceinte entre les deux enveloppes.

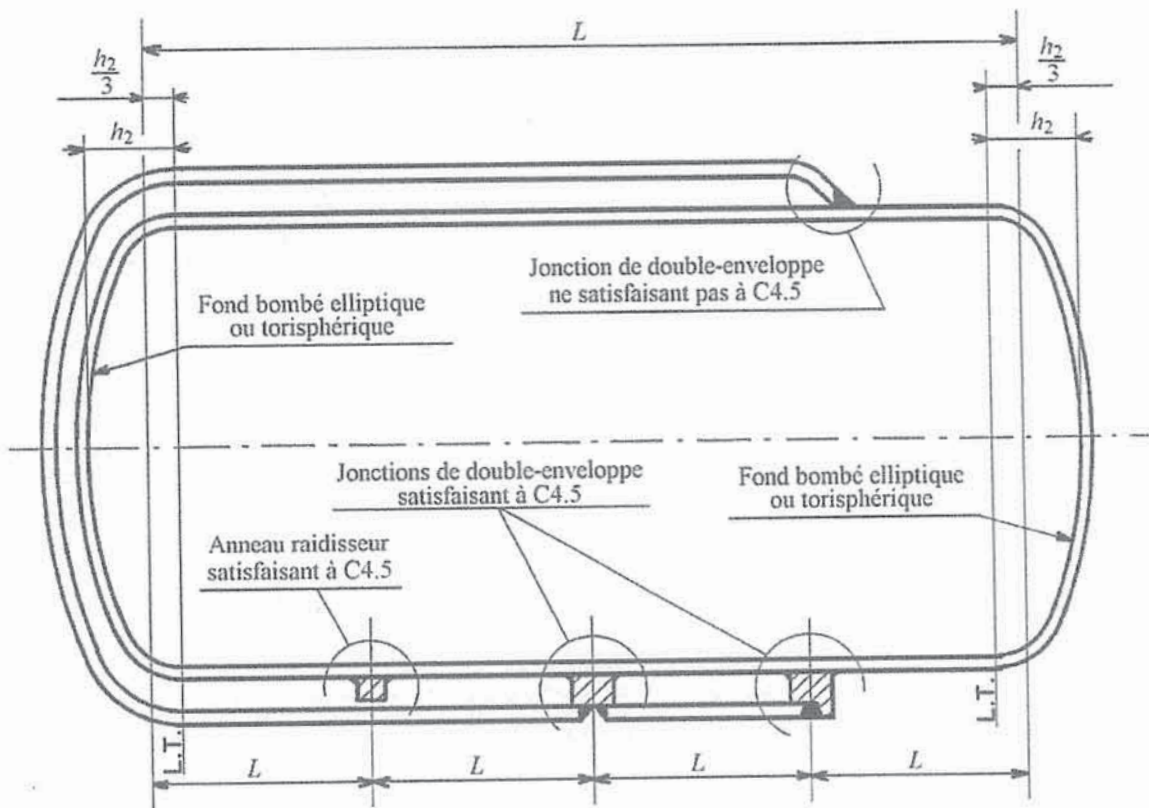


Figure C4.1.4 d - Appareil à double enveloppe - Dépression dans l'enceinte intérieure.

DT 5.3

b) Déterminer, en fonction de ces valeurs, la valeur du coefficient A à l'aide de l'abaque C4.9.1.

Si la valeur de L/D_e est supérieure à 50, entrer dans cet abaque à la valeur :

$$L/D_e = 50$$

Si la valeur de L/D_e est inférieure à 0,05, entrer dans l'abaque à la valeur :

$$L/D_e = 0,05$$

c) Déterminer, en fonction de A et de la température de calcul, la valeur du coefficient B à l'aide de l'abaque de C4.9.2 relatif au matériau concerné.

Si la valeur de A se situe à droite de l'extrémité de la courbe correspondant à la température de calcul, prendre pour B la valeur qui correspond au point extrême de cette courbe.

Si la valeur de A se situe à gauche de la courbe correspondant à la température de calcul, calculer B par la formule :

$$B = \frac{A \cdot E}{2}$$

(formule C4.1.5.1c)

d) Calculer la pression extérieure maximale admissible P_a de l'enveloppe par la formule :

$$P_a = \frac{4}{3} \frac{B}{D_e / e} K$$

(formule C4.1.5.1d)

L'épaisseur admise e est suffisante si :

$$P_a \geq P$$

C4.1.5.2 - Enveloppes cylindriques telles que $D_e/e < 10$

La vérification de la résistance de l'enveloppe cylindrique s'effectue selon la procédure indiquée en C4.1.5.1 jusqu'à la détermination de la valeur du coefficient B .

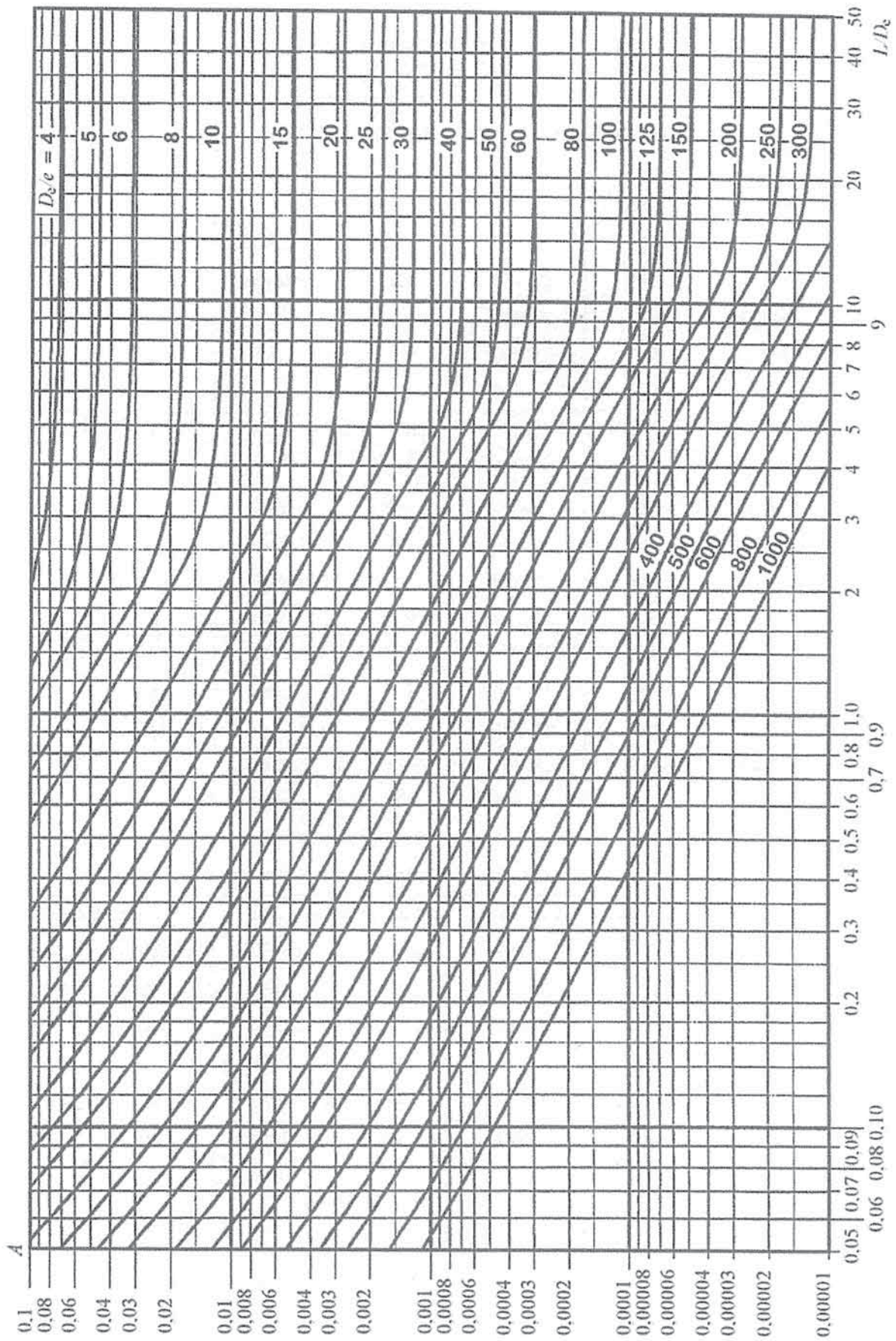
La pression extérieure maximale admissible P_a de l'enveloppe est donnée par la relation :

$$P_a = \text{MIN} \left\{ \left[\left(\frac{2,167}{D_e/e} - 0,0833 \right) B \cdot K \right], \left[\frac{2f}{D_e/e} \left(1 - \frac{1}{D_e/e} \right) \right] \right\}$$

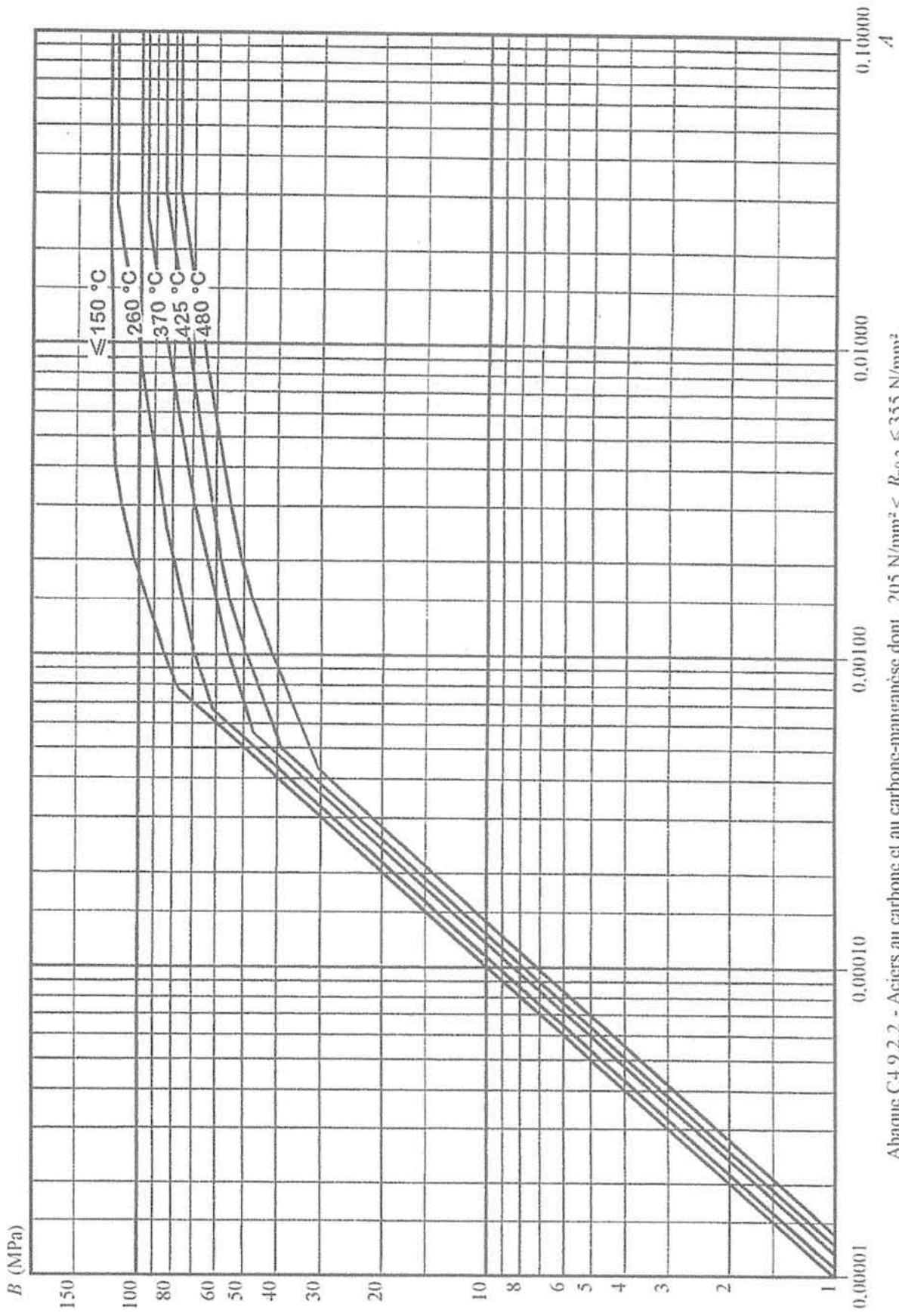
(relation C4.1.5.2)

L'épaisseur admise e est suffisante si :

$$P_a \geq P$$

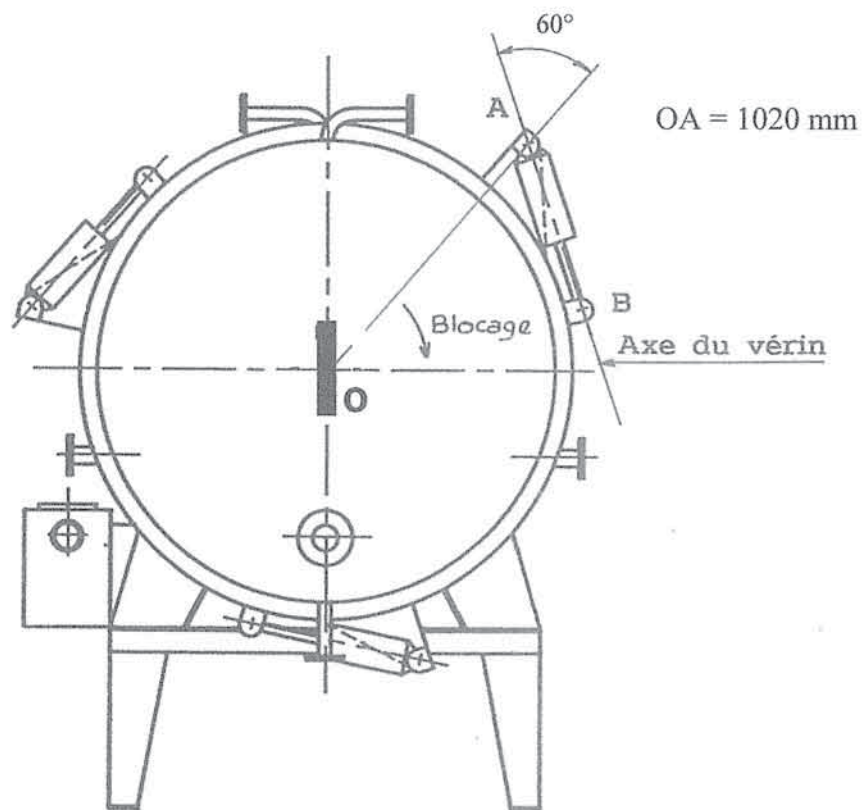


Abaque C4.9.1 - Valeurs du coefficient A.

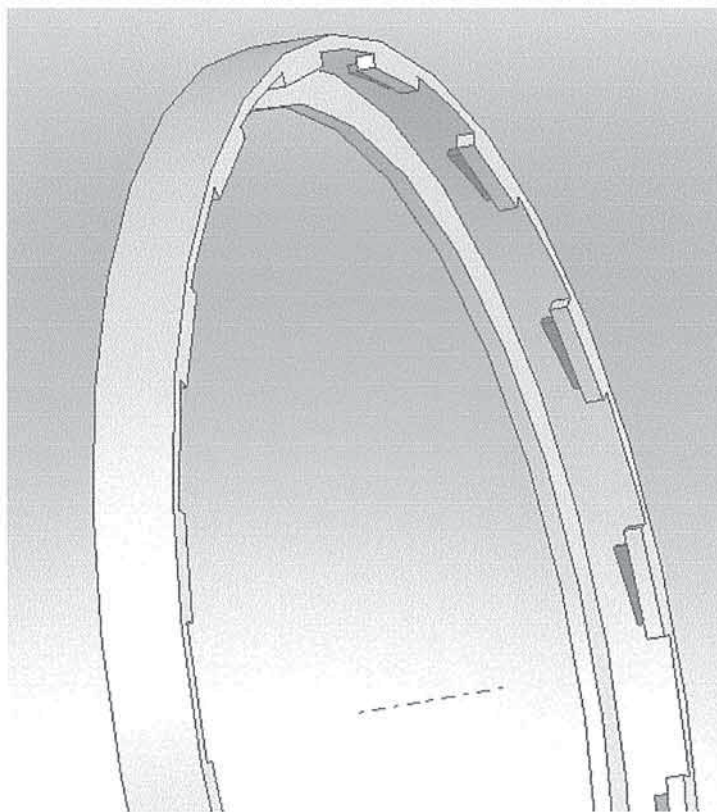


Abaque C-4.9.2.2 - Aciers au carbone et au carbone-manganèse dont $205 \text{ N/mm}^2 < R_{p0.2} < 355 \text{ N/mm}^2$.
 - Aciers alliés au molybdène, au manganèse-molybdène et au chrome-molybdène pour utilisation à température élevée.
 - Aciers alliés au nickel pour utilisation à basse température.
 - Aciers inoxydables non austénitiques de la nuance type 13 Cr.

Ensemble de filtration en position fermée (potence enlevée)

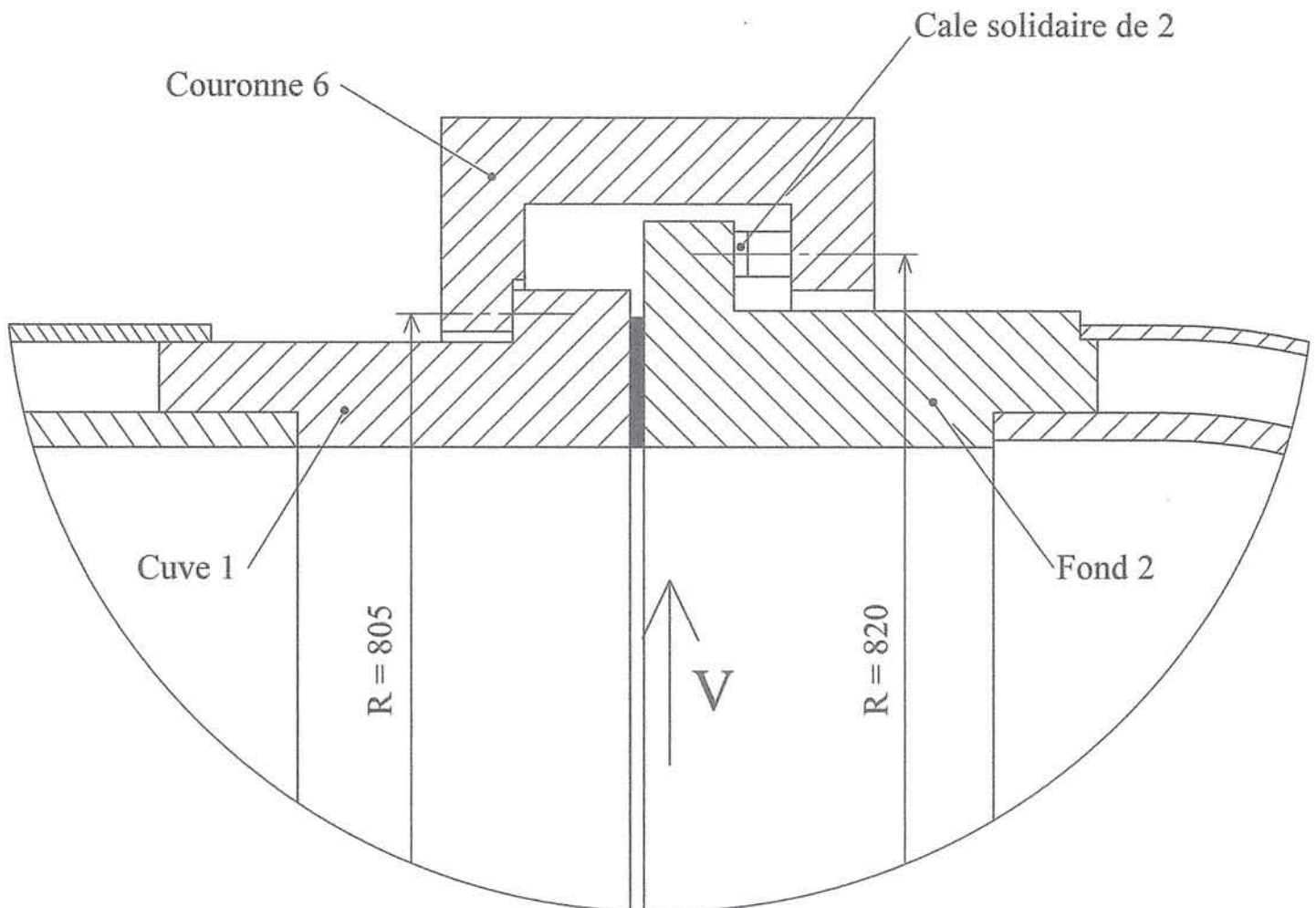
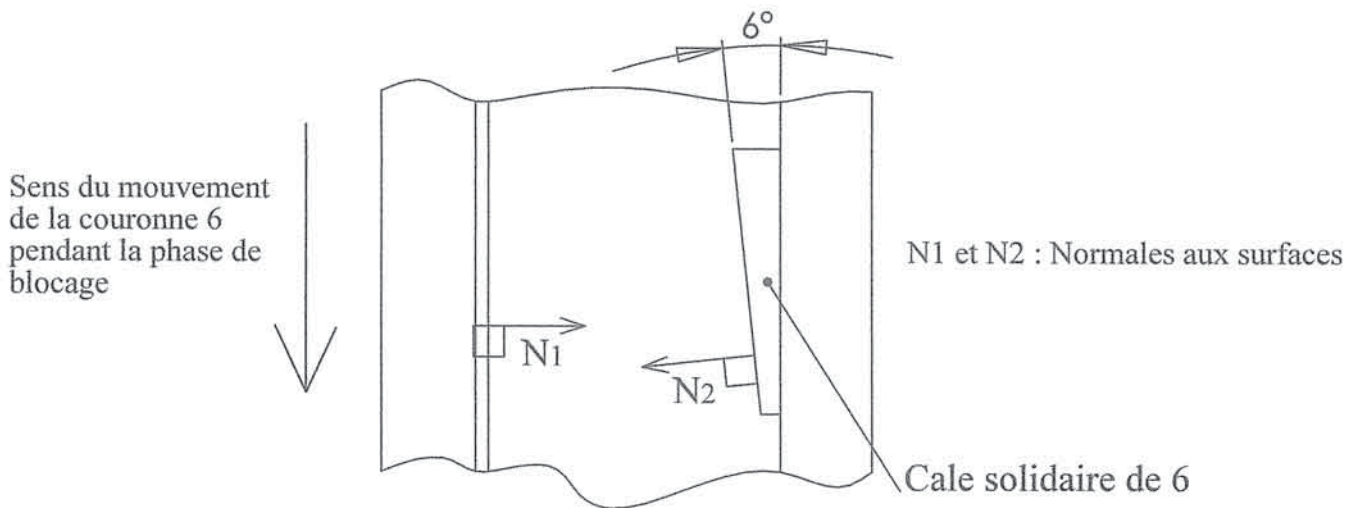


Perspective partielle de la couronne 6 munie de ses 16 cales



DT 6

Vue suivant V de la couronne 6 seule



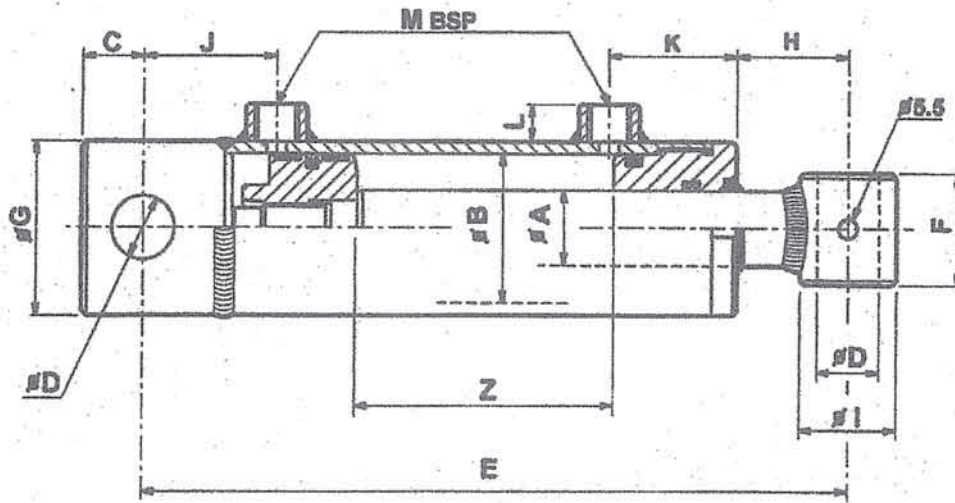
Schématisation du système de blocage

Hypothèses :

- * la surface de contact de 1 avec 6 est assimilée à un cercle de rayon 805 mm
- * la surface de contact de {2 avec ses 16 cales} avec {6 avec ses 16 cales} est assimilée à 16 points situés sur un cercle de rayon 820 mm.

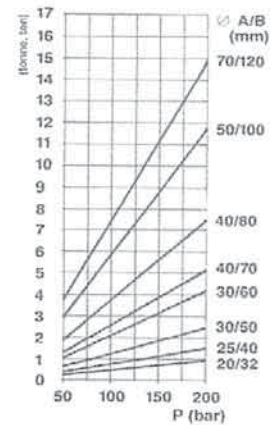


**VERIN DOUBLE EFFET
DOUBLE ACTING CYLINDER
DOPPELTWIRKENDE ZYLINDER**

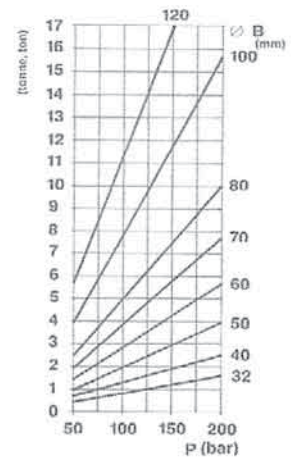


FORCE DE TRACTION
TRACTIVE EFFORT
ZUGKRAFT

REF. ARTIKEL Nr	ØA	ØB	Z COURSE STROKE HUB	E	C	D	F	G	H
704/2	40	70	200	410	28	30.5	55	80	82
704/3			300	510	28	30.5	55	80	82
704/4			400	610	28	30.5	55	80	82
704/5			500	710	28	30.5	55	80	82
704/6			600	810	28	30.5	55	80	82
704/7			700	910	28	30.5	55	80	82
705/2			40	80	200	410	28	30.5	55
705/3	300	510			28	30.5	55	90	70
705/4	400	610			28	30.5	55	90	70
705/5	500	710			28	30.5	55	90	70
705/6	600	810			28	30.5	55	90	70
705/7	700	910			28	30.5	55	90	70
706/3	50	100			300	525	28	30.5	70
706/4			400	625	28	30.5	70	115	75
706/5			500	725	28	30.5	70	115	75
706/7			700	925	28	30.5	70	115	75
706/9			900	1125	28	30.5	70	115	75



FORCE DE POUSSEE
UPWARD THRUST
DRUCKKRAFT



IFE, IPE-A, IPE-O POUTRELLES I EUROPEENNES

Normes de référence :

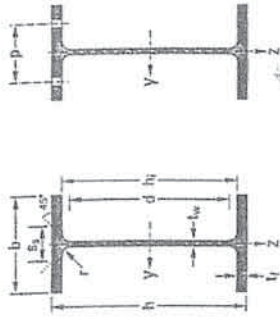
- Dimensions : IPE 80 - 600
- IPE 750
- IPE-A 80 - 600
- IPE-O 180 - 600

NF A 45-205

- hors normalisation NF
- hors normalisation NF
- hors normalisation NF

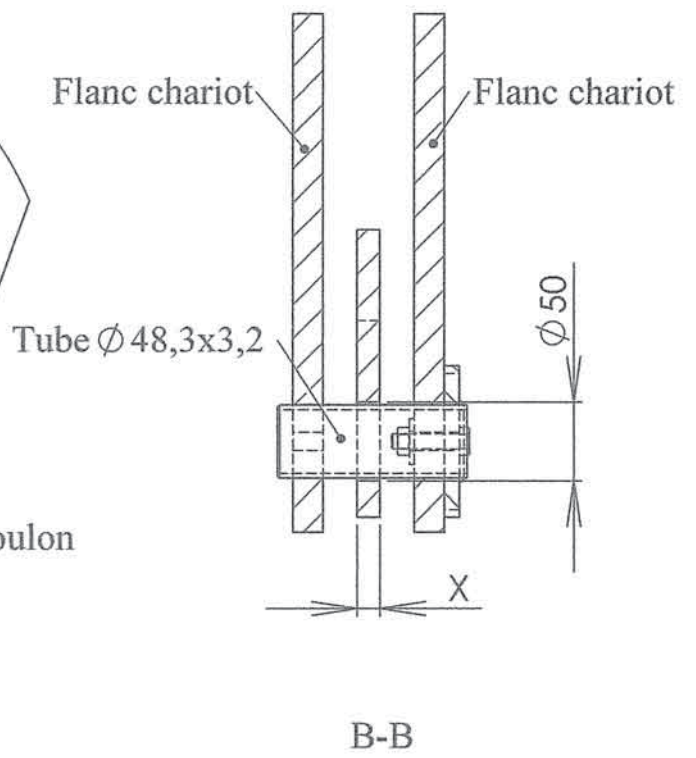
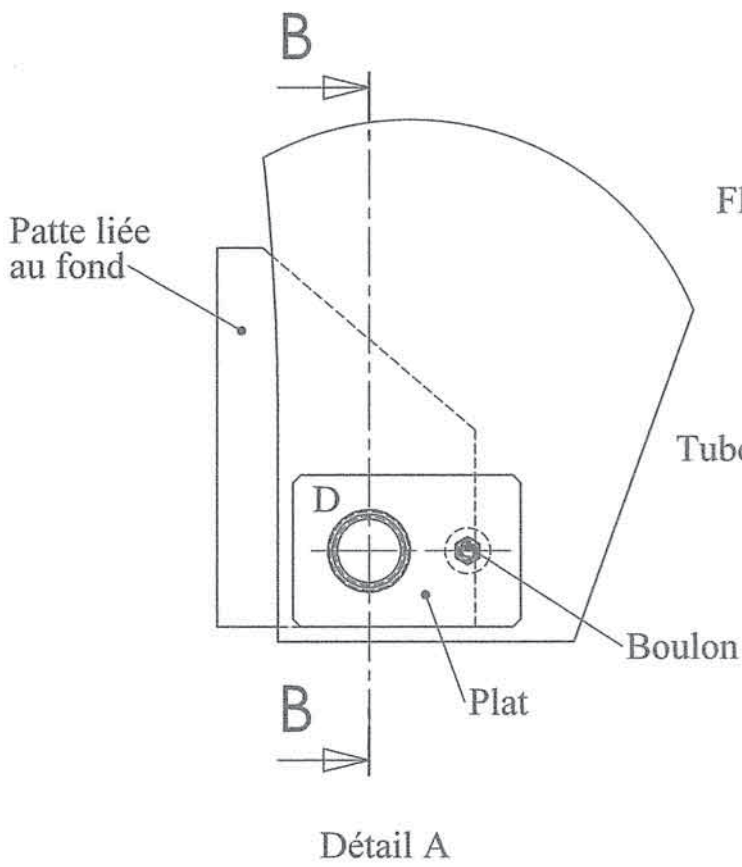
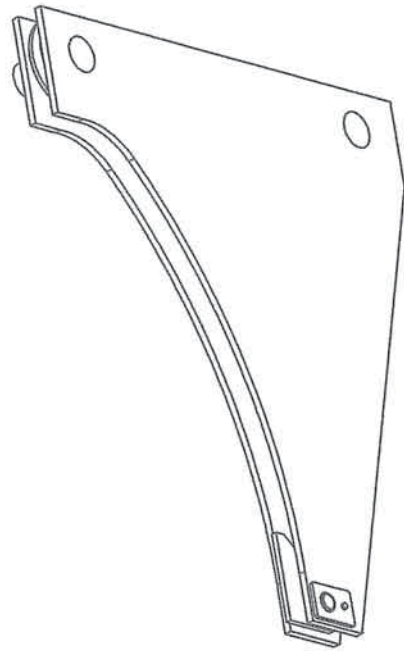
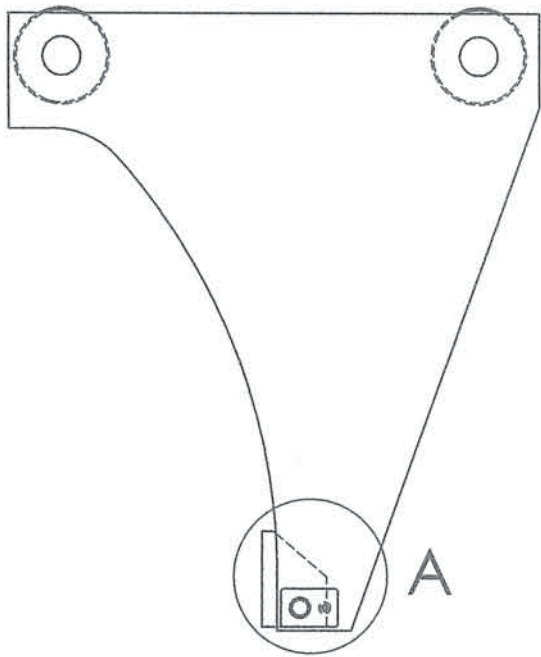
NF EN 10034

Tolérances :



Désignation	Masse G kg/m	Dimensions				Aire A cm ²	Dimensions de construction				Surfaces à peindre		Valeurs statiques										Classification EIV 193-I-1							
		h mm	b mm	t _w mm	t _f mm		r mm	h ₁ mm	d mm	Ø mm	P _{min} mm	P _{max} mm	A _L m ² /l	A _G m ² /l	I _y cm ⁴	I _z cm ⁴	W _{el,y} cm ³	W _{pl,y} cm ³	l _y cm	A _{yz} cm ²	I _z cm ⁴	W _{el,z} cm ³	W _{pl,z} cm ³	I _z cm	S _s mm	I _t cm ⁴	I _w × 10 ⁻³ cm ⁶	Fléchi mm	Compress mm	
IPE A 80	5,00	78	46	3,3	4,2	5	6,38	69,6	59,6	-	-	-	0,325	64,90	64,38	16,51	18,93	3,16	3,07	6,65	2,98	4,69	1,04	17,6	0,42	0,09	1	1	1	1
IPE 80	6,00	80	46	3,8	5,2	5	7,84	69,6	59,6	-	-	-	0,328	54,64	80,14	20,03	23,22	3,24	3,58	8,48	3,69	5,92	1,05	21,1	0,70	0,12	1	1	1	1
IPE A 100	6,89	98	55	3,6	4,7	7	8,78	88,6	74,6	-	-	-	0,397	57,57	141,2	28,81	32,98	4,01	4,44	13,12	4,77	7,54	1,22	21,20	0,77	0,28	1	1	1	1
IPE 100	8,10	100	55	4,1	5,7	7	10,32	88,6	74,6	-	-	-	0,400	49,33	171,0	34,20	39,41	4,07	5,08	15,92	5,79	9,15	1,24	23,70	1,20	0,35	1	1	1	1
IPE A 120	8,66	117,6	64	3,8	5,1	7	11,03	107,4	93,4	-	-	-	0,472	54,47	257,4	43,77	49,87	4,83	5,41	22,39	7,00	10,99	1,42	22,20	1,04	0,71	1	1	1	1
IPE 120	10,4	120	64	4,4	6,3	7	13,21	107,4	93,4	-	-	-	0,475	45,82	317,8	52,96	60,73	4,90	6,31	27,67	8,05	13,58	1,45	25,20	1,74	0,89	1	1	1	1
IPE A 140	10,5	137,4	73	3,8	5,6	7	13,39	126,2	112,2	-	-	-	0,547	52,05	434,9	63,30	71,60	5,70	6,21	35,42	9,98	15,92	1,65	23,20	1,36	1,58	1	1	2	1
IPE 140	12,9	140	73	4,7	6,9	7	16,43	126,2	112,2	-	-	-	0,551	42,70	541,2	77,32	88,34	5,74	7,64	44,92	12,31	19,25	1,65	26,70	2,45	1,99	1	1	1	1
IPE A 160	12,7	157	82	4,0	5,9	9	16,18	145,2	127,2	-	-	-	0,619	48,70	689,3	87,81	99,09	6,59	7,80	54,43	13,27	20,70	1,83	26,34	1,96	3,09	1	1	3	1
IPE 160	15,8	160	82	5,0	7,4	9	20,09	145,2	127,2	-	-	-	0,623	39,47	869,3	108,7	123,9	6,59	9,66	68,31	16,66	26,10	1,84	30,34	3,60	3,96	1	1	1	1
IPE A 180	15,4	177	91	4,3	6,5	9	19,59	164,0	146,0	M10	48	48	0,694	45,15	1,053	120,1	135,3	7,37	9,20	81,89	18,00	27,96	2,05	27,84	2,70	5,93	1	1	2	3
IPE 180	18,8	180	91	5,3	8,0	9	23,95	164,0	146,0	M10	48	48	0,698	37,13	1,317	146,3	165,4	7,42	11,25	100,9	22,16	34,60	2,05	31,84	4,79	7,43	1	1	2	1
IPE O 180	21,3	182	92	6,0	9,0	9	27,10	164,0	146,0	M10	50	50	0,705	33,12	1,505	155,4	189,1	7,45	12,70	117,3	25,50	39,91	2,08	34,54	6,76	8,74	1	1	1	1
IPE A 200	18,4	197	100	4,5	7,0	12	23,47	183,0	159,0	M10	54	58	0,764	41,49	1,591	161,6	181,7	8,23	11,47	117,2	23,43	36,54	2,23	32,56	4,11	10,53	1	1	2	4
IPE 200	22,4	200	100	5,6	8,5	12	29,48	183,0	159,0	M10	54	58	0,768	34,36	1,943	194,3	220,6	8,26	14,00	142,4	29,47	44,61	2,24	36,66	6,98	12,99	1	1	2	1
IPE O 200	25,1	202	102	6,2	9,5	12	31,96	183,0	159,0	M10	55	60	0,779	31,05	2,211	218,9	249,4	8,32	15,45	168,9	33,11	51,89	2,30	39,26	9,45	15,57	1	1	1	1
IPE A 220	22,2	217	110	5,0	7,7	12	28,26	201,6	177,6	M12	60	62	0,843	38,02	2,317	213,5	240,2	9,05	13,55	171,4	31,17	48,49	2,46	34,46	5,69	18,71	1	1	2	4
IPE 220	26,2	220	110	5,9	9,2	12	33,37	201,6	177,6	M12	60	62	0,848	32,36	2,772	252,0	285,4	9,11	15,88	204,9	37,25	58,11	2,48	38,36	9,07	22,67	1	1	2	1
IPE O 220	29,4	222	112	6,6	10,2	12	37,39	201,6	177,6	M10	58	65	0,858	28,24	3,134	282,3	321,1	9,16	17,66	239,8	42,83	66,91	2,53	41,06	12,27	26,79	1	1	2	1
IPE A 240	26,2	237	120	5,2	8,3	15	33,31	220,4	190,4	M12	64	68	0,918	35,10	3,390	277,7	311,6	9,94	16,31	240,1	40,02	62,40	2,68	39,37	8,35	31,26	1	1	2	4
IPE 240	30,7	240	120	6,2	9,8	15	39,12	220,4	190,4	M12	66	68	0,922	30,02	3,892	324,3	366,6	9,97	19,14	283,6	47,27	73,92	2,69	43,37	12,88	37,39	1	1	2	1
IPE O 240	34,3	242	122	7,0	10,8	15	43,71	220,4	190,4	M12	66	70	0,932	27,17	4,369	361,1	410,3	10,00	21,36	328,5	53,86	84,40	2,74	46,17	17,18	43,68	1	1	2	1
IPE A 270	30,7	267	135	5,5	8,7	15	39,15	249,6	219,6	M16	70	72	1,037	33,75	4,917	388,3	412,5	11,21	18,75	358,0	53,03	82,34	3,02	40,47	10,30	59,51	1	1	3	4
IPE 270	36,1	270	135	6,6	10,2	15	45,95	249,6	219,6	M16	72	72	1,041	28,86	5,780	428,9	494,0	11,23	22,14	419,9	62,20	96,95	3,02	44,57	15,94	70,59	1	1	2	3
IPE O 270	42,3	274	136	7,5	12,2	15	53,84	249,6	219,6	M16	72	72	1,051	24,88	6,947	507,1	574,6	11,36	25,23	513,5	75,51	117,7	3,09	49,47	24,90	87,61	1	1	2	1
IPE A 300	36,5	297	150	6,1	9,2	15	46,53	278,6	249,6	M16	72	86	1,156	31,65	7,173	483,1	541,8	12,42	22,25	519,0	69,20	107,3	3,34	42,07	13,43	107,2	1	1	2	3
IPE 300	42,2	300	150	7,1	10,7	15	53,81	278,6	249,6	M16	72	86	1,160	27,46	8,356	557,1	628,4	12,46	25,68	603,8	80,50	125,2	3,35	46,07	20,12	125,9	1	1	2	4
IPE O 300	49,3	304	152	8,0	12,7	15	62,83	278,6	249,6	M16	74	88	1,174	23,81	9,594	657,5	743,8	12,61	29,05	745,7	93,12	152,6	3,45	50,97	31,06	157,7	1	1	3	1
IPE A 330	43,0	327	160	6,5	10,0	18	54,74	307,0	271,0	M16	78	96	1,250	29,09	10,230	625,7	701,9	13,67	26,99	685,2	85,64	133,3	3,54	47,59	19,57	171,5	1	1	3	4
IPE 330	49,1	330	160	7,5	11,5	18	62,61	307,0	271,0	M16	78	96	1,254	25,52	11,770	713,1	804,3	13,71	30,81	768,1	93,82	153,7	3,55	51,59	28,15	199,1	1	1	2	4
IPE O 330	57,0	334	162	8,5	13,5	18	72,62	307,0	271,0	M16	80	98	1,268	22,24	13,910	833,0	942,8	13,84	34,88	950,4	118,6	185,0	3,64	55,59	42,15	245,7	1	1	3	1

Ensemble chariot 5



Formule de Hertz

Relation de Hertz relative au contact linéique entre deux solides notés 1 et 2

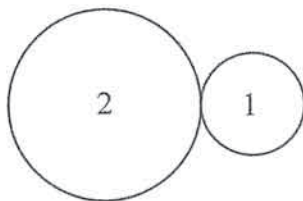
$$p = 0,418 \sqrt{\frac{\|\vec{R}\| \cdot E_e}{r_r \cdot l}}$$

Avec :

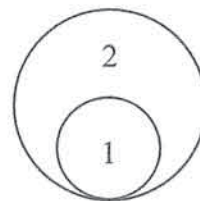
- ✓ p : pression de contact (MPa)
- ✓ $\|\vec{R}\|$: résultante des efforts au contact de la pièce (N)
- ✓ r_r : rayon de courbure relatif au niveau du contact (mm)

$$\text{Relation : } \frac{1}{r_r} = \left| \frac{1}{r_1} \pm \frac{1}{r_2} \right|$$

- ✓ r_1 : rayon de courbure du cylindre 1
- ✓ r_2 : rayon de courbure du cylindre 2
- ❖ Signe + pour la tangence extérieure
- ❖ Signe - pour la tangence intérieure



Signe +



Signe -

- ✓ E_e : Module d'élasticité équivalent (MPa)
- ✓

$$\text{Relation : } \frac{1}{E_e} = \frac{1}{2} \cdot \left| \frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right|$$

- ✓ E_1 : Module d'élasticité du matériau du solide 1
- ✓ E_2 : Module d'élasticité du matériau du solide 2
- ✓ l : longueur de contact avec la pièce

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 : _____

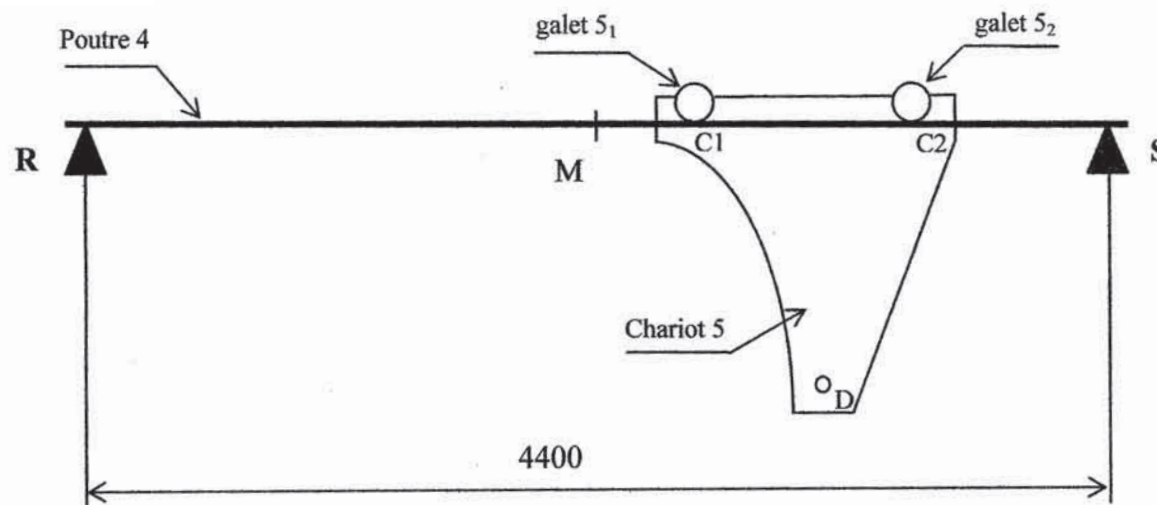
Prénoms : _____

N° du candidat

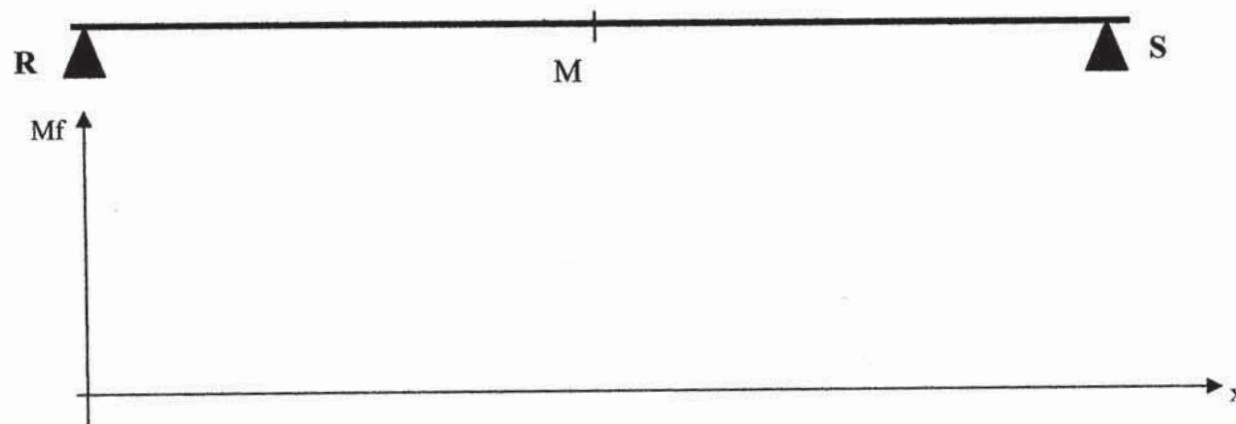
(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

EFE GIS 1

Modélisation du chariot sur la poutre longitudinale



Position 1 : Moment fléchissant maximal sous 5_1



Position 2 : Moment fléchissant maximal sous 5_2

