Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

CONCEPTION ET RÉALISATION EN CHAUDRONNERIE INDUSTRIELLE

SESSION 2013

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 2005 indispensable.

Ce dossier est constitué de *3* parties :

- Présentation page 1/10
- Mécanique page 2/10 à 5/10
- CODAP page 6/10 à 8/10
- Ressources page 9/10 à 10/10

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

Le sujet comporte 10 pages, numérotées de 1/10 à 10/10.

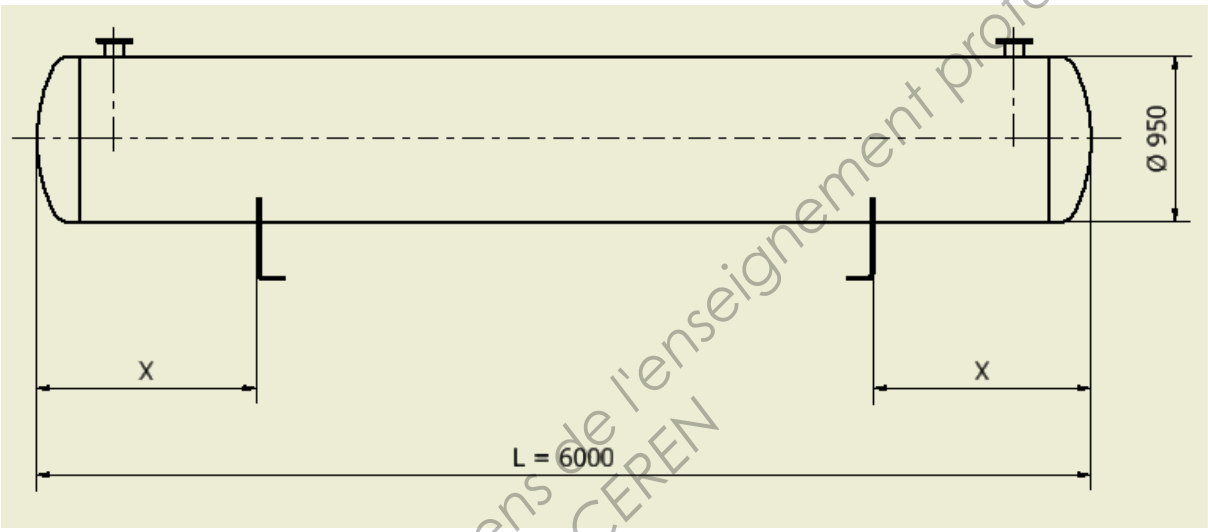
La rédaction se fera sur feuille de copie.

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

CODE ÉPREUVE : CLE4DVO	**EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR**	**SPÉCIALITÉ : CONCEPTION ET RÉALISATION EN CHAUDRONNERIE INDUSTRIELLE**	
SESSION 2013	**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° 10ED12**	**10 pages**

Une entreprise qui fabrique des cuves horizontales de longueur importante (pouvant dépasser les 10m de long) souhaite minimiser les contraintes mécaniques de flexion dans ces cuves.

Pour éviter d'avoir à placer un troisième berceau, elle demande à un bureau d'étude de déterminer la position X optimale des deux berceaux.



L'étude ci-dessous sera menée uniquement pour un modèle spécifique :

- longueur L = 6 m
- diamètre extérieur 950 mm
- épaisseur de la virole 10 mm
- on négligera les différents piquages dans le cadre de cette pré-étude.

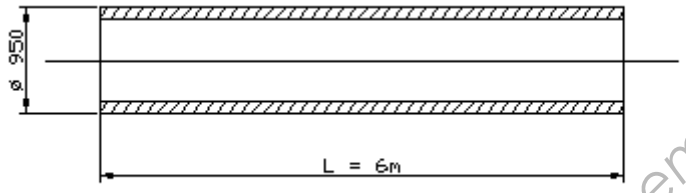
Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN

1. Partie mécanique :

Objectif : Déterminer la position X des berceaux qui donnera la contrainte maxi la plus faible dans la cuve, pour une situation d'essai.

1.1 Estimation de la charge q

Dans une pré-étude la cuve sera modélisée par une poutre droite suivant la figure ci-dessous :



Tube en acier

- Masse volumique de l'acier ρ_a = 7850 Kg/m^3
- Longueur L = 6 m
- Diamètre extérieur De = 950 mm
- Épaisseur e = 10 mm

Cylindre d'eau

- Masse volumique de l'eau ρ_e = 1000 Kg/m^3
- Longueur L = 6 m
- Diamètre intérieur Di = 930 mm

Tous les autres éléments sont négligés.
Prendre g = 10 m.s^{-2}

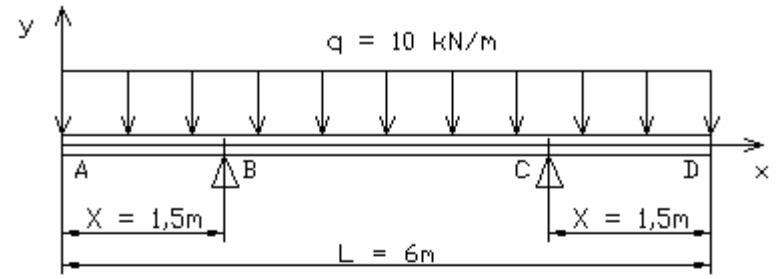
1.1.1 Dans ce cas particulier déterminer le poids de l'ensemble (eau + acier).

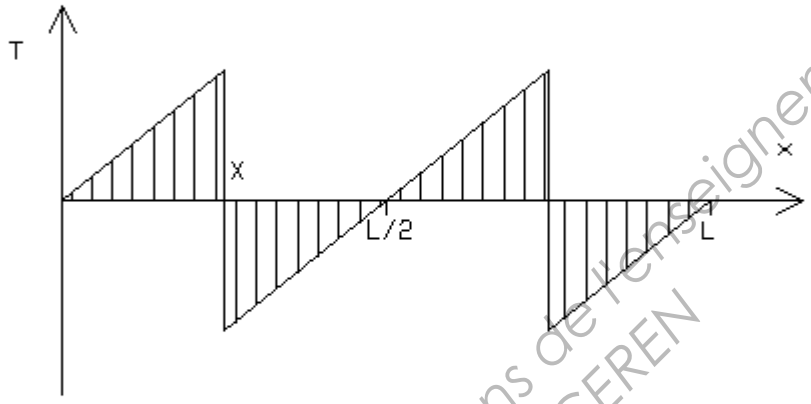
1.1.2 Puis en déduire la charge linéique q (en kN/m) appliquée sur la poutre.

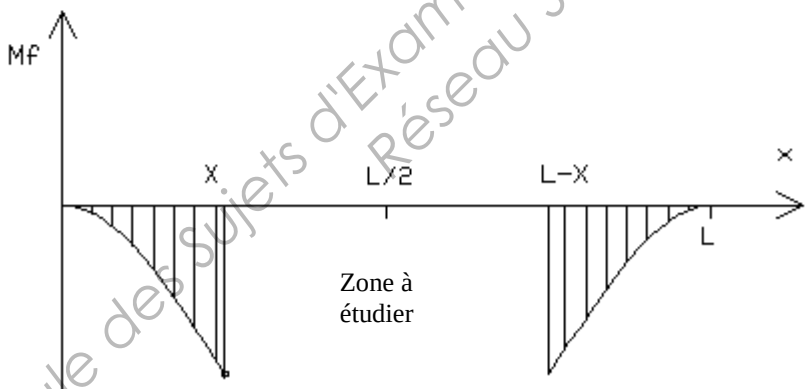
Note: Quelle que soit la valeur obtenue prendre q = 10 kN/m dans la suite des calculs.

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

1.2 Cas particulier : X = L/4 = 1,5 m







1.2.1 Déterminer les actions aux appuis en B et C.

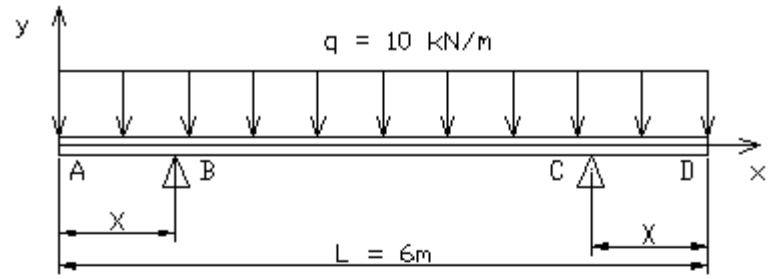
1.2.2 Compléter le diagramme Mf entre B et C, sur feuille de copie.

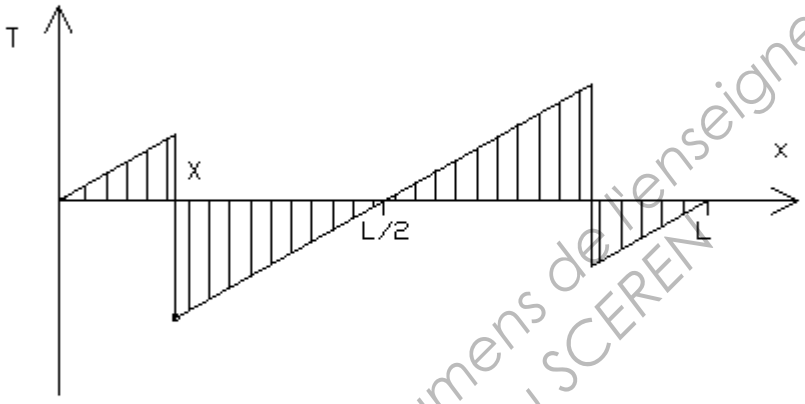
1.2.3 Déterminer la valeur du $|Mf|_{maxi}$ de la poutre.

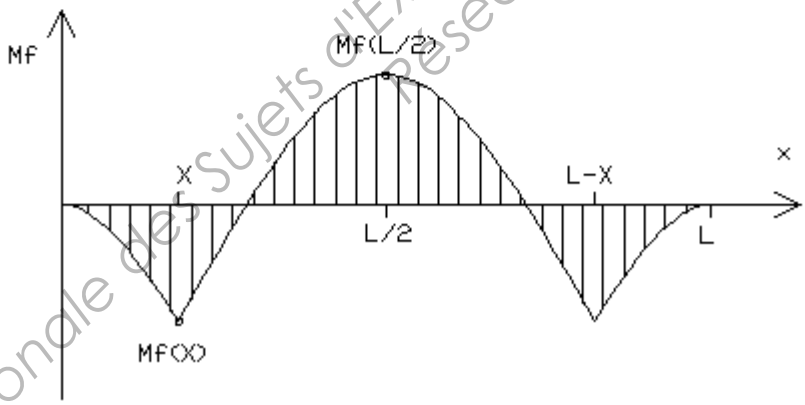
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN

1.3 Détermination de X optimum

Le $|Mf|_{maxi}$ est minimisé quand on a : - $Mf_{(X)} = Mf_{(L/2)}$







1.3.1 Déterminer par le calcul la valeur de $Mf_{(X)}$ (au niveau de l'appui) en fonction du paramètre (X).

1.3.2 Déterminer par le calcul la valeur de $Mf_{(L/2)}$ (au centre de la poutre) en fonction du paramètre (X).

1.3.3 Montrer que résoudre - $Mf_{(X)} = Mf_{(L/2)}$ revient à résoudre l'équation du second degré :

$$X^2 + 6.X - 9 = 0$$

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

1.3.4 Déterminer la valeur de X, sachant que les deux solutions de l'équation sont :

X1 = - 7,24 m et X2 = 1,24 m

1.3.5 Déterminer la valeur de $|Mf|_{maxi}$, et la comparer avec le résultat obtenu dans la question 1.2.3. Conclure.

1.4 Détermination de la contrainte de flexion

X = 1,25 m avec Mf_{maxi} = 7,813 kN.m
L = 6 m
Diamètre D_{ext} = 950 mm
Epaisseur e = 10 mm
Acier P295GH

1.4.1 Déterminer la valeur maximum de la contrainte de flexion dans la virole. Que dire de cette valeur pour un acier P295GH ?

On rappelle :

La contrainte en flexion : $\sigma_{maxi} = |Mf|_{maxi} / W$
Le module de flexion $W = I_{GZ} / v$
I_{GZ} pour un tube : $I_{GZ} = \pi . (D_{ext}^4 - D_{int}^4) / 64$

1.5 Dilatation

Objectif : Déterminer s'il est nécessaire de prévoir un dispositif pour limiter les contraintes dues à la dilatation.

1.5.1 Déterminer la dilatation maximale entre les deux berceaux lorsque la température varie de +10°C à +115°C.

On rappelle :

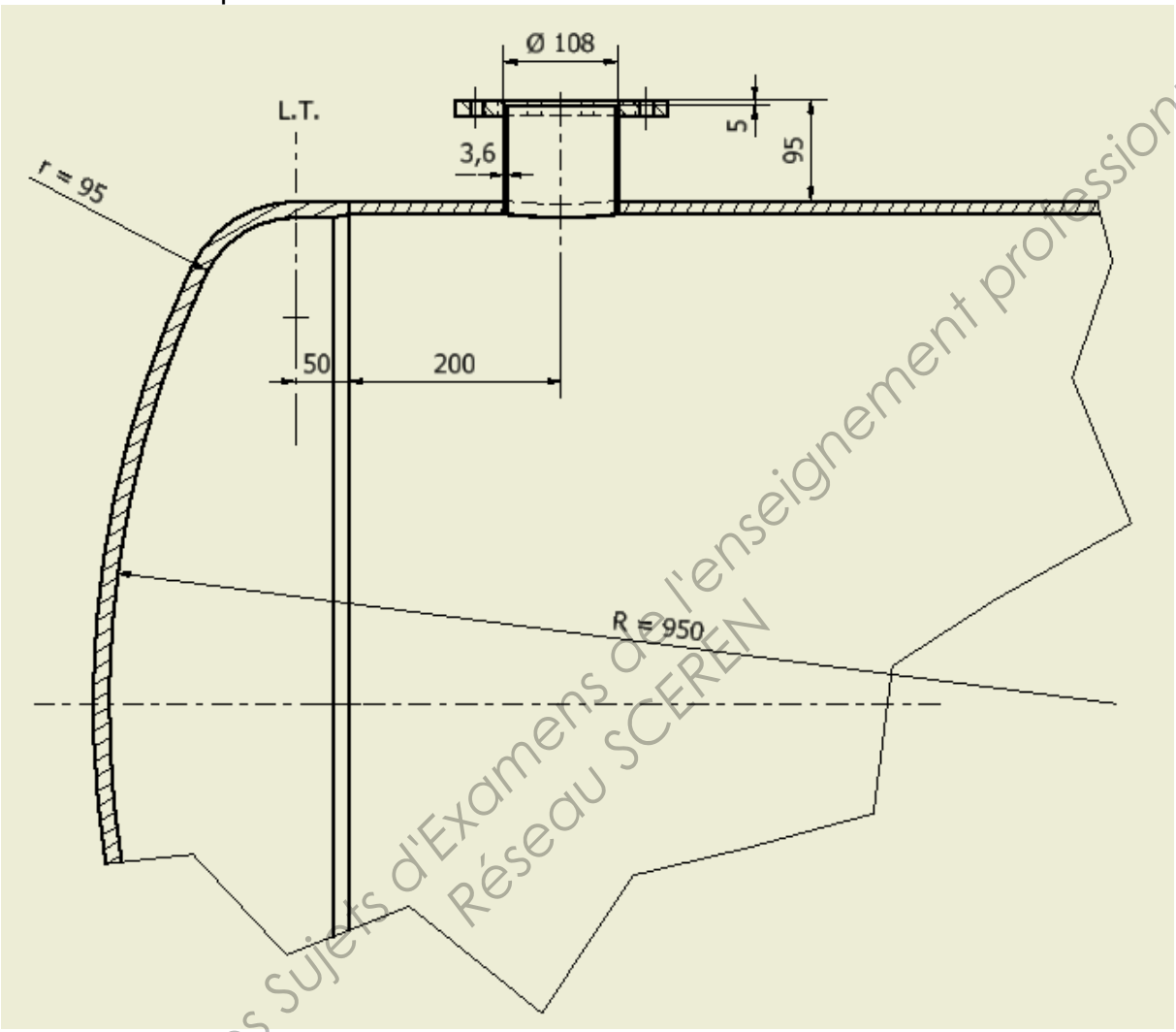
Dilatation : $\Delta l = \alpha . l . \Delta T$ avec $\alpha = 12.10^{-6}$ $°C^{-1}$ pour l'acier
l : distance entre les deux berceaux
ΔT : élévation de température.

1.5.2 Proposer une solution constructive pour limiter les contraintes dues à cette dilatation, si celle-ci dépasse 4 mm.

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

2. Détermination des épaisseurs selon la division 1 du CODAP 2005

Objectif : Définir les épaisseurs des différents éléments de l'appareil d'après le CODAP didactique 2005.



Composition de la cuve :

	Tubulure	**Virole**	**Fond**
Matériaux	Acier non allié P295GH	Acier non allié P295GH	Acier non allié P295GH
Dimensions	De = 108 mm e_n = 3,6 mm	De = 950 mm	De = 950 mm R = 950 mm r = 95 mm
Type de fabrication	Mono bloc	Roulée Soudée	Torisphérique Mono bloc
Sur-épaisseur corrosion	0	0	0
Réduction fabrication	C_1+C_2 = 0,125 en	C_1 (voir tableau) C_2 = 0,15 mm	C_1+C_2 = 15% de en

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

Tôles disponibles pour virole P295GH (classe A)

Épaisseur (mm)	**1,5**	**2**	**2,5**	**3**	**4**	**5**	**6**	**8**	**10**	**12**

Épaisseur disponible pour fond P295GH

Épaisseur (mm)	**6**	**8**	**10**	**12**	**15**	**20**

Type de construction : Catégorie de construction : B2

Conditions d'utilisations :

Conditions	**Normale de service**	**Exceptionnelle**
Pression	2 Mpa	3,5 Mpa
Température	78°C	115°C

<u>Travail demandé</u> :

2.1 Déterminer la contrainte nominale f dans la situation normale de service.

2.2 Déterminer la contrainte nominale f exceptionnelle.

Notes :

Quelles que soient les valeurs obtenues, prendre pour f :

- 170 Mpa en situation normale de service.
- 230 Mpa en situation exceptionnelle.

Les conditions d'applications des règles étant vérifiées dans cette étude, il n'est pas demandé de les revérifier.

2.3 Déterminer l'épaisseur minimale nécessaire (e) de la virole en situation normale de service.

2.4 Déterminer l'épaisseur minimale nécessaire (e) de la virole en situation exceptionnelle.

2.5 En déduire l'épaisseur de commande (e_n) de la virole pour satisfaire les deux conditions.

2.6 Déterminer l'épaisseur minimale nécessaire (e) du fond en situation normale.

2.7 Sachant que l'épaisseur minimale (e) du fond en situation exceptionnelle est de 10,5 mm, déterminer l'épaisseur de commande (e_n) du fond, pour satisfaire les deux conditions d'utilisations.

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

Note :
Quelles que soient les valeurs obtenues on prendra pour les épaisseurs de commandes:

- Tubulure : e_n = 3,6 mm
- Virole : e_n = 10 mm
- Fond : e_n = 15 mm

2.8 Vérifier, pour la situation normale de service, si l'ouverture nécessite ou non un renforcement. Prendre f = f_t = 170 MPa.

2.9 Dans le cas où l'ouverture n'est pas conforme au CODAP, proposer un renforcement d'ouverture.

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

Tableau 1 — Tolérances sur l'épaisseur

Épaisseur nominale		Tolérance sur l'épaisseur nominale (voir 7.1.1) [1]							
		Classe A		Classe B		Classe C		Classe D	
		Écart inférieur	Écart supérieur	Écart inférieur	Écart supérieur	Écart inférieur	Écart supérieur	Écart inférieur	Écart supérieur
≥ 3	< 5	− 0,4	+ 0,8	− 0,3	+ 0,9	0	+ 1,2	− 0,6	+ 0,6
≥ 5	< 8	− 0,4	+ 1,1	− 0,3	+ 1,2	0	+ 1,5	− 0,75	+ 0,75
≥ 8	< 15	− 0,5	+ 1,2	− 0,3	+ 1,4	0	+ 1,7	− 0,85	+ 0,85
≥ 15	< 25	− 0,6	+ 1,3	− 0,3	+ 1,6	0	+ 1,9	− 0,95	+ 0,95
≥ 25	< 40	− 0,8	+ 1,4	− 0,3	+ 1,9	0	+ 2,2	− 1,1	+ 1,1
≥ 40	< 80	− 1,0	+ 1,8	− 0,3	+ 2,5	0	+ 2,8	− 1,4	+ 1,4
≥ 80	< 150	− 1,0	+ 2,2	− 0,3	+ 2,9	0	+ 3,2	− 1,6	+ 1,6
≥ 150	< 250	− 1,2	+ 2,4	− 0,3	+ 3,3	0	+ 3,6	− 1,8	+ 1,8

Tableau 3 — Caractéristiques mécaniques

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

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

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)] t	Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 %, $R_{p0,2}$, minimale (en MPa) à la température (en °C) de									
Désignation symbolique	Désignation numérique	mm	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
P235GH	1.0345	≤ 16	227	214	198	182	167	153	142	133	—	—
		$16 < t \leq 40$	218	205	190	174	160	147	136	128	—	—
		$40 < t \leq 60$	208	196	181	167	153	140	130	122	—	—
		$60 < t \leq 100$	193	182	169	155	142	130	121	114	—	—
		$100 < t \leq 150$	179	168	156	143	131	121	112	105	—	—
		$150 < t \leq 250$	164	155	143	132	121	111	103	97	—	—
P265GH [d)]	1.0425	≤ 16	256	241	223	205	188	173	160	150	—	—
		$16 < t \leq 40$	247	232	215	197	181	166	154	145	—	—
		$40 < t \leq 60$	237	223	206	190	174	160	148	139	—	—
		$60 < t \leq 100$	208	196	181	167	153	140	130	122	—	—
		$100 < t \leq 150$	193	182	169	155	142	130	121	114	—	—
		$150 < t \leq 250$	179	168	156	143	131	121	112	105	—	—
P295GH [d)]	1.0481	≤ 16	285	268	249	228	209	192	178	167	—	—
		$16 < t \leq 40$	280	264	244	225	206	189	175	165	—	—
		$40 < t \leq 60$	276	259	240	221	202	186	172	162	—	—
		$60 < t \leq 100$	251	237	219	201	184	170	157	148	—	—
		$100 < t \leq 150$	227	214	198	182	167	153	142	133	—	—
		$150 < t \leq 250$	213	200	185	170	156	144	133	125	—	—
P355GH [d)]	1.0473	≤ 16	343	323	299	275	252	232	214	202	—	—
		$16 < t \leq 40$	334	314	291	267	245	225	208	196	—	—
		$40 < t \leq 60$	324	305	282	259	238	219	202	190	—	—
		$60 < t \leq 100$	305	287	265	244	224	206	190	179	—	—
		$100 < t \leq 150$	285	268	249	228	209	192	178	167	—	—
		$150 < t \leq 250$	271	255	236	217	199	183	169	159	—	—
16Mo3	1.5415	< 16	273	264	250	233	213	194	175	159	147	141
		$16 < t \leq 40$	268	259	245	228	209	190	172	156	145	139
		$40 < t \leq 60$	258	250	236	220	202	183	165	150	139	134
		$60 < t \leq 100$	238	230	218	203	186	169	153	139	129	123
		$100 < t \leq 150$	218	211	200	186	171	155	140	127	118	113
		$150 < t \leq 250$	208	202	191	178	163	148	134	121	113	108
18MnMo4-5 [e)]	1.5414	≤ 60	330	320	315	310	295	285	265	235	215	—
		$60 < t \leq 150$	320	310	305	300	285	275	255	225	205	—
		$150 < t \leq 250$	310	300	295	290	275	265	245	220	200	—

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

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.