



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.

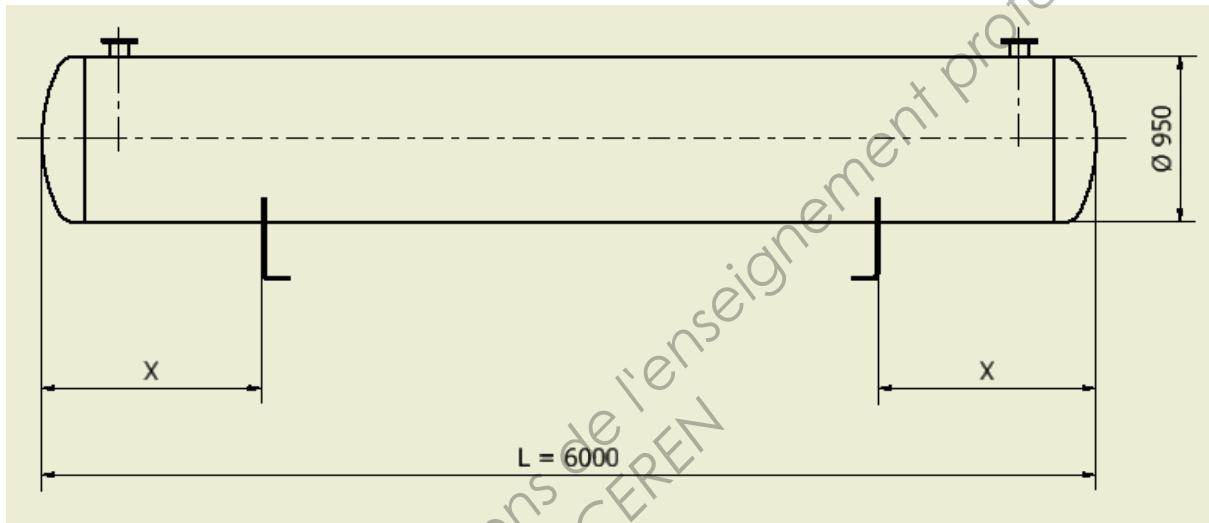
Le sujet comporte 10 pages, numérotées de 1/10 à 10/10.

La rédaction se fera sur feuille de copie.

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 :

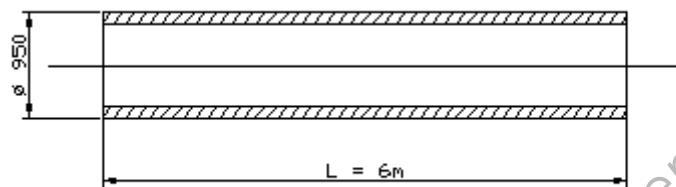
- longueur $L = 6$ m
- diamètre extérieur 950 mm
- épaisseur de la virole 10 mm
- on négligera les différents piquages dans le cadre de cette pré-étude.

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 $\rho_a = 7850 \text{ Kg/m}^3$
- Longueur $L = 6 \text{ m}$
- Diamètre extérieur $De = 950 \text{ mm}$
- Épaisseur $e = 10 \text{ mm}$

Cylindre d'eau

- Masse volumique de l'eau $\rho_e = 1000 \text{ Kg/m}^3$
- Longueur $L = 6 \text{ m}$
- Diamètre intérieur $Di = 930 \text{ mm}$

Tous les autres éléments sont négligés.

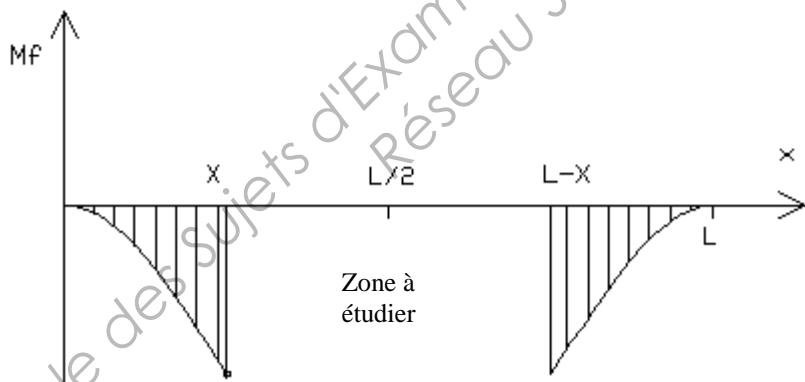
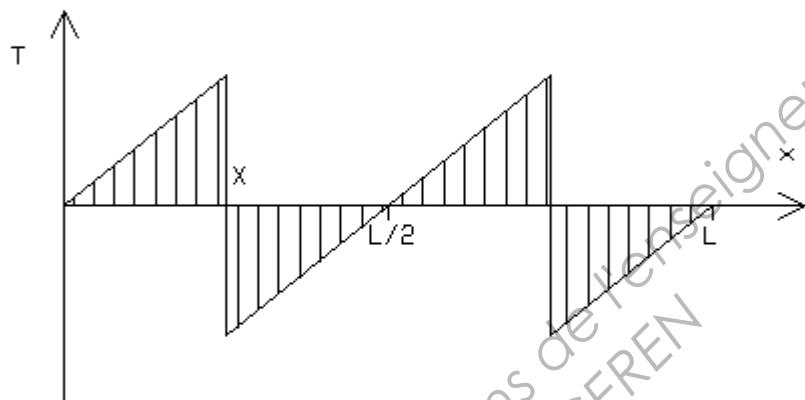
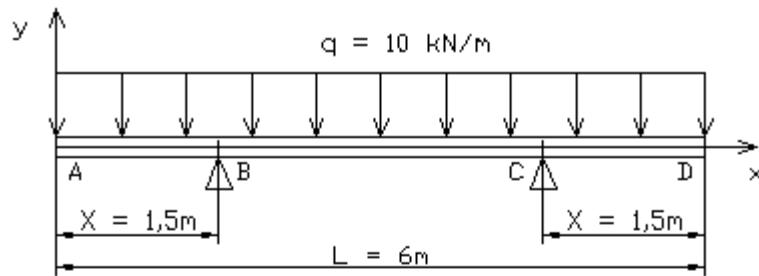
Prendre $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$

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 $q = 10 \text{ kN/m}$ dans la suite des calculs.

1.2 Cas particulier : $X = L/4 = 1,5 \text{ m}$



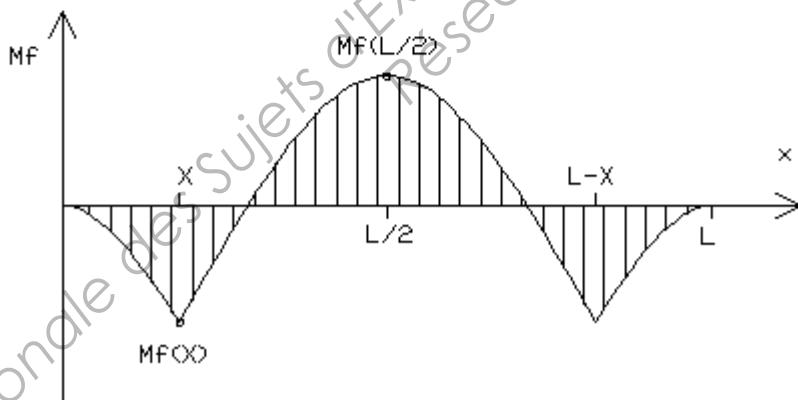
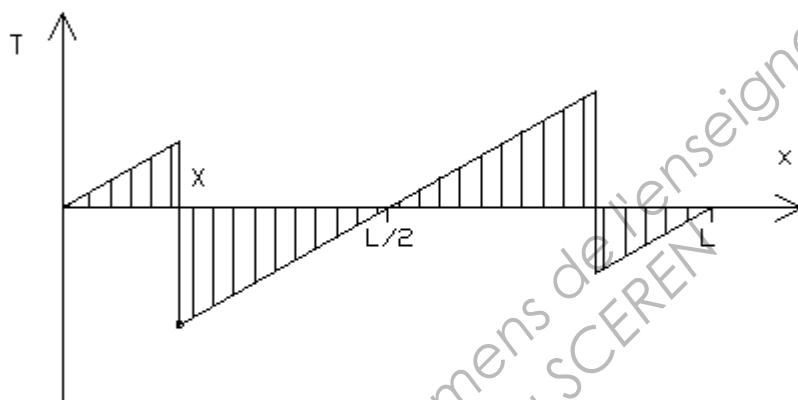
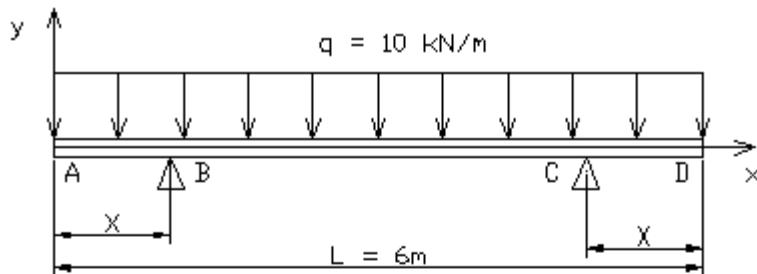
1.2.1 Déterminer les actions aux appuis en B et C.

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

1.2.3 Déterminer la valeur du $|M_{f_{\max}}|$ de la poutre.

1.3 Détermination de X optimum

Le $|M_f|_{\max}$ est minimisé quand on a : $-M_f(x) = M_f(L/2)$



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

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

1.3.3 Montrer que résoudre $-M_f(x) = M_f(L/2)$ revient à résoudre l'équation du second degré :

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

1.3.4 Déterminer la valeur de X, sachant que les deux solutions de l'équation sont :
 $X1 = -7,24 \text{ m}$ et $X2 = 1,24 \text{ m}$

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

1.4 Détermination de la contrainte de flexion

$X = 1,25 \text{ m}$ avec $Mf_{\text{maxi}} = 7,813 \text{ kN.m}$

$L = 6 \text{ m}$

Diamètre $D_{\text{ext}} = 950 \text{ mm}$

Epaisseur $e = 10 \text{ mm}$

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 : $\sigma_{\text{maxi}} = |Mf|_{\text{maxi}} / W$

Le module de flexion $W = I_{GZ} / v$

I_{GZ} pour un tube : $I_{GZ} = \pi \cdot (D_{\text{ext}}^4 - D_{\text{int}}^4) / 64$

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 $+10^\circ\text{C}$ à $+115^\circ\text{C}$.

On rappelle :

Dilatation : $\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta T$ avec $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ pour l'acier

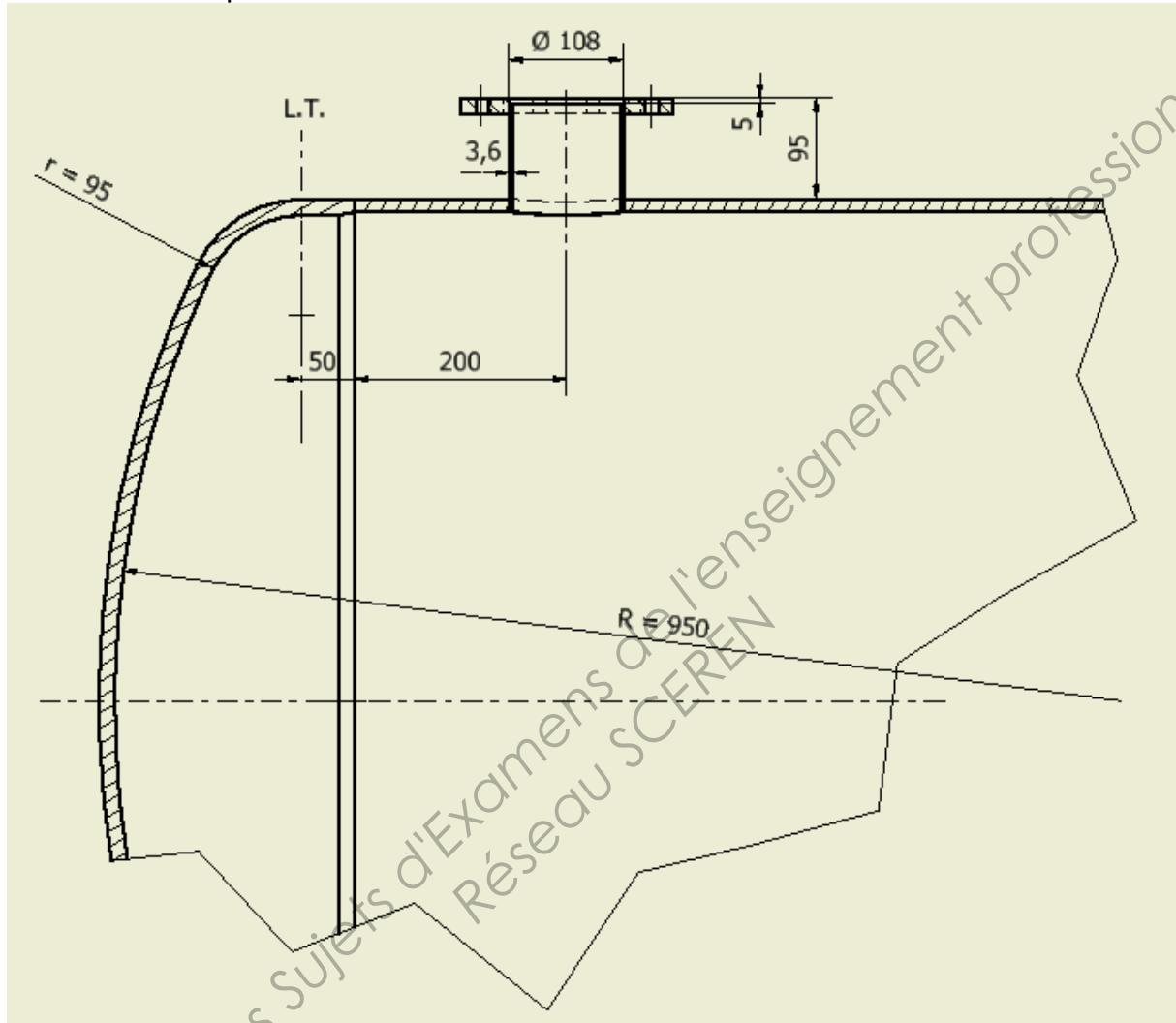
l : distance entre les deux berceaux

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.

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

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

Travail demandé :

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.

Note :

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

- Tubulure : $e_n = 3,6 \text{ mm}$
- Virole : $e_n = 10 \text{ mm}$
- Fond : $e_n = 15 \text{ mm}$

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

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

Tableau 1 — Tolérances sur l'épaisseur

Épaisseur nominale	Écart inférieur	Écart supérieur	Tolérance sur l'épaisseur nominale (voir 7.1.1) ¹⁾					
			Classe A		Classe B		Classe C	
			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 mm	Caractéristiques de traction à la température ambiante			
				Limite apparente d'élasticité R _{eh} MPa min.	Résistance à la traction R _m MPa	Allongement après rupture A % min.	
P235GH	1.0345	+N ^{d)}	≤ 16	235	360 à 480	24	
			16 < t ≤ 40	225			
			40 < t ≤ 60	215			
			60 < t ≤ 100	200	350 à 480		
			100 < t ≤ 150	185			
			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	400 à 530		
			100 < t ≤ 150	200			
			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	440 à 570		
			100 < t ≤ 150	235			
			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			
			150 < t ≤ 250	280	470 à 630		

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								
			50	100	150	200	250	300	350	400	450
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	—
16Mo3	1.5415	< 16	273	264	250	233	213	194	175	159	147
		16 < <i>t</i> ≤ 40	268	259	245	228	209	190	172	156	145
		40 < <i>t</i> ≤ 60	258	250	236	220	202	183	165	150	139
		60 < <i>t</i> ≤ 100	238	230	218	203	186	169	153	139	129
		100 < <i>t</i> ≤ 150	218	211	200	186	171	155	140	127	118
		150 < <i>t</i> ≤ 250	208	202	191	178	163	148	134	121	113
18MnMo4-5 ^{e)}	1.5414	≤ 60	330	320	315	310	295	285	265	235	215
		60 < <i>t</i> ≤ 150	320	310	305	300	285	275	255	225	205
		150 < <i>t</i> ≤ 250	310	300	295	290	275	265	245	220	200

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.