NORME INTERNATIONALE ISO 2645

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

Matériel d'équipement pour les industries du pétrole et du gaz naturel — Tubes de cuvelage et tubes de production pour puits de pétrole ou de gaz naturel

Materials and equipment for petroleum and natural gas industries — Casing and tubing for oil or natural gas wells

Première édition — 1975-05-15

CDU 622.245.1 **Réf. nº : ISO 2645-1975 (F)**

Descripteurs : industrie du pétrole, tuyau, tuyau métallique, tube de cuvelage, canalisation métallique, acier, spécification de matière, désignation, dimension, tolérance, essai, essai mécanique, essai non destructif.

Prix basé sur 43 pages

AVANT-PROPOS

L'ISO (Organisation Internationale de Normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (Comités Membres ISO). L'élaboration de Normes Internationales est confiée aux Comités Techniques ISO. Chaque Comité Membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du Comité Technique correspondant. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

Les Projets de Normes Internationales adoptés par les Comités Techniques sont soumis aux Comités Membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes Internationales par le Conseil de l'ISO.

La Norme Internationale ISO 2645 a été établie par le Comité Technique ISO/TC 67, *Matériel et équipement pour les industries du pétrole et du gaz naturel*, et soumise aux Comités Membres en décembre 1972.

Elle a été approuvée par les Comités Membres des pays suivants :

Allemagne	Hongrie	Roumanie
Australie	Inde	Royaume-Uni
Autriche	Israël	Tchécoslovaquie
Bulgarie	Italie	Thaïlande
Canada	Mexique	Turquie
Égypte, Rép. arabe d'	Pays-Bas	U.R.S.S.
France	Portugal	

Le Comité Membre du pays suivant a désapprouvé le document pour des raisons techniques :

U.S.A.

© **Organisation Internationale de Normalisation, 1975** •

Imprimé en Suisse

SOMMAIRE

		Page
1	Objet et domaine d'application	1
2	Références	1
3	Définitions	1
4	Procédés de fabrication	1
5	Indications à fournir par l'acheteur	1
6	Désignation	2
7	Aciers	2
8	État des tubes	4
9	Écarts dimensionnels admissibles	5
10	Analyses chimiques	7
11	Essais mécaniques et non destructifs	7
12	Droit au contrôle	11
13	Procès-verbaux d'essais	12
14	Manchons	12
15	Caractéristiques mécaniques minimales	13
16	Protecteurs de filetage	13
17	Protection des surfaces	13
18	Marquage	13
Annexes		
A	Bases de calcul des caractéristiques du corps du tube	15
B	Base de calcul de la pression élastique interne du manchon et du tube	17

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 2645:1975
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e1d51ab6-a4f4-4b51-a331-3f14e1e395af/iso-2645-1975

Matériel d'équipement pour les industries du pétrole et du gaz naturel — Tubes de cuvelage et tubes de production pour puits de pétrole ou de gaz naturel

1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

1.1 La présente Norme Internationale spécifie les caractéristiques des tubes de cuvelage et des tubes de production utilisés dans l'exploitation des puits de pétrole ou de gaz naturel.

1.2 Elle spécifie également les caractéristiques des manchons filetés pour tubes de cuvelage et de production, et les protecteurs de filetage.

1.3 Elle fixe les dimensions, diamètres, épaisseurs de paroi et nuances d'acier.

1.4 Les tubes de cuvelage et de production sont divisés en trois classes :

— Classe I : Tubes en acier à caractéristiques mécaniques courantes;

— Classe II : Tubes en acier à caractéristiques mécaniques élevées;

— Classe III : Tubes en acier avec gamme de limite conventionnelle d'élasticité restreinte.

1.5 Les stipulations relatives au filetage des tubes et des manchons, ainsi que les méthodes de contrôle à l'aide des instruments de vérification sont données par l'ISO . . .

1.6 La présente Norme Internationale s'applique aux tubes sans soudure et aux tubes soudés.

2 RÉFÉRENCES

ISO/R 202, *Essai d'aplatissement sur tubes en acier.*

ISO 375, *Acier — Essai de traction sur tubes.*

ISO/R 404, *Conditions générales techniques de livraison pour l'acier.*

ISO . . ., *Matériel d'équipement pour les industries du pétrole et du gaz naturel — Tubes de cuvelage, tubes de production et tubes pour conduites — Filetage, calibrage et contrôle des filetages.* [1]

3 DÉFINITIONS

3.1 tube de cuvelage : Tube partant de la surface, destiné à constituer la colonne de revêtement des parois d'un sondage.

3.2 tube de production : Tube placé à l'intérieur d'un sondage et servant, soit de conduite de pompage, soit de conduite de production par éruption, soit de conduite d'injection et de réinjection.

4 PROCÉDÉS DE FABRICATION

4.1 Exécution sans soudure

Applicable aux classes I, II, III. Le tube sans soudure est un produit tubulaire en acier, obtenu par travail à chaud d'un bloc d'acier plein, ce travail pouvant être suivi d'une finition à froid, si nécessaire, pour obtenir les formes, dimensions et propriétés requises.

4.2 Exécution soudée par résistance ou étincelage

Applicable par résistance ou étincelage aux tubes de la classe I et par étincelage aux tubes de cuvelage en acier C 66.

4.3 Exécution soudée électriquement

Applicable aux tubes de la classe I et aux tubes de cuvelage en acier C 66.

Le tube soudé électriquement est un tube ayant un cordon longitudinal formé électriquement par étincelage ou résistance, sans apport de métal extérieur.

5 INDICATIONS À FOURNIR PAR L'ACHETEUR

5.1 À la commande, l'acheteur doit indiquer les points suivants :

a) référence à la présente Norme Internationale;

b) quantité (métrage ou nombre de longueurs);

c) type de tube :

tube de cuvelage

— extrémités filetées ou non filetées,

1) En préparation.

— type du filetage,

— livré avec ou sans manchon;

tube de production

— extrémités refoulées ou non refoulées;

— extrémités filetées ou non filetées,

— type du filetage,

— livré avec ou sans manchon;

d) dimension (diamètre extérieur), en millimètres (voir tableaux 20, 22, 24, 26 et 28);

e) masse linéique, en kilogrammes par mètre ou épaisseur de paroi en millimètres (voir tableaux 20, 22, 24, 26 et 28);

f) classe (I, II, III) et nuance (voir tableaux 1 et 2);

g) gamme de longueurs (voir 9.4);

h) procédé de fabrication (sans soudure ou soudé);

i) date de livraison, instructions d'expédition et marquage;

j) réception en usine (s'il y a lieu).

5.2 L'acheteur doit également préciser à la commande ses exigences quant aux stipulations suivantes, à caractère facultatif :

— recuit de normalisation des tubes de cuvelage J 38 et des tubes de production et de cuvelage K 38 et N 56.

— analyses chimiques de coulée et autres analyses supplémentaires;

— essais d'aplatissement sur tubes sans soudure de nuance H 28;

— tubes raboutés par soudure pour les tubes de cuvelage;

— tubes de cuvelage ou de production avec manchons séparés;

— serrage des manchons (dans le cas du serrage de manutention);

— revêtement des tubes;

— essais non destructifs pour les tubes des classes I et III.

5.3 L'attention est également attirée sur les stipulations suivantes qui doivent faire l'objet d'un accord lors de la commande :

— pressions d'essai pour le cas de serrage de manutention ou de variantes à valeurs supérieures;

— épreuve hydraulique à une valeur supérieure à la valeur normalisée;

— filetages spéciaux ou finitions spéciales (voir 8.2.1.2);

— lubrifiant de filetage;

— protecteurs de filetage;

— marquage.

6 DÉSIGNATION

Chaque tube fabriqué selon la présente Norme Internationale doit être désigné par :

a) son type;

b) le type de ses extrémités et du filetage;

c) sa dimension (diamètre extérieur), en millimètres;

d) sa masse linéique en kilogrammes par mètre ou son épaisseur de paroi, en millimètres;

e) sa nuance;

f) sa gamme de longueur;

g) son procédé de fabrication;

h) une référence à la présente Norme Internationale.

Exemple :

Tubes de cuvelage, Buttress, 114,3 × 5,7, K 38, gamme 2, sans soudure, selon l'ISO 2645.

7 ACIERS

7.1 Élaboration

Les seuls procédés admis par la présente Norme Internationale sont les suivants :

— four Martin, four électrique ou convertisseur avec soufflage à l'oxygène industriellement pur.

7.2 Composition chimique

Le tableau 1 indique, pour la nuance considérée, les limites de la composition chimique admise.

7.3 Caractéristiques mécaniques

Le tableau 2 indique les limites des caractéristiques mécaniques sur éprouvettes (voir 11.3.1) pour l'acier considéré.

7.4 Traitement thermique

Le tableau 3 précise les modes de traitements thermiques obligatoires ou facultatifs pour la nuance considérée.

Après traitement final, les tubes en acier C 52 ne doivent pas être travaillés à froid, sauf pour les opérations normales de dressage. Après traitement final, les tubes de cuvelage en acier C 66 ne doivent pas être soumis à un travail de tension ou d'expansion à froid et ne doivent pas non plus être soumis à une réduction à froid de plus de 3 %.

Les tubes de classes II et III et de nuance N 56, forgés, doivent être traités thermiquement sur toute leur longueur après forgeage.

TABLEAU 1 — **Caractéristiques chimiques**

Classe	Nuance d'acier		C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr + Ni + Cu %	Cr %	Mo %
I	H 28 H 31 J 38 K 38 N 56					⩽ 0,040	⩽ 0,060			
II	P 72 P76					⩽ 0,040	⩽ 0,060			
III	C 52	Type 1	⩽ 0,50	⩽ 0,35	⩽ 1,90	⩽ 0,040	⩽ 0,060	⩽ 0,50		0,15 à 0,30
	—	Type 2	⩽ 0,40	⩽ 0,35	⩽ 1,50	⩽ 0,040	⩽ 0,060			
	—	Type 3	0,38 à 0,48		0,75 à 1,00	⩽ 0,040	⩽ 0,040		0,80 à 1,10	0,15 à 0,25
	C 66[1]		⩽ 0,45	⩽ 0,35	⩽ 1,90	⩽ 0,040	⩽ 0,060			

1) En cas de trempe et revenu : C ⩽ 0,40 avec Mn ⩽ 1,70
ou C ⩽ 0,45 avec Mn ⩽ 1,60

TABLEAU 2 — **Caractéristiques mécaniques**

Classe	Nuance	Limite conventionnelle d'élasticité R_p	Résistance minimale à la traction R_m	Allongement minimal sur $5{,}65\sqrt{S_o}$*
		N/mm²	N/mm²	%
I	H 28	$R_{p\,0,5} \geqslant 276$	414	22,5
I	H 31	$R_{p\,0,5} \geqslant 310$	483	19,3
I	J 38	$379 \leqslant R_{p\,0,5} \leqslant 552$	517	18
I	K 38	$379 \leqslant R_{p\,0,5} \leqslant 552$	655	14,3
III	C 52	$517 \leqslant R_{p\,0,5} \leqslant 621$	655	14,3
I	N 56	$552 \leqslant R_{p\,0,5} \leqslant 758$	689,5	13
III	C 66	$655 \leqslant R_{p\,0,5} \leqslant 758$	724	12,8
II	P 72	$723 \leqslant R_{p\,0,6} \leqslant 931$	827	11,3
II	P 76	$758 \leqslant R_{p\,0,6} \leqslant 965$	862	10,8

* Si d'autres longueurs entre repères sont utilisées, l'allongement correspondant doit être obtenu conformément à l'ISO 2566. En cas de litige, la longueur entre repères de $5{,}65\sqrt{S_o}$ doit être utilisée.

TABLEAU 3 – **Traitements thermiques**

Sauf spécifications à la commande, les traitements thermiques doivent être laissés au choix du fabricant.

Classe	Tubes de cuvelage	Traitement thermique
I	K 38, J 38	Recuit de normalisation, si stipulé à la commande
	N 56	Recuit de normalisation, ou trempe et revenu
II	P 76	Trempe et revenu, ou recuit de normalisation et revenu
III	C 52 types 1,3	Recuit de normalisation et revenu
	C 52 type 2	Trempe et revenu
III	C 66	Trempe et revenu (538 °C min.)
Classe	**Tubes de production**	**Traitement thermique**
I	J 38	Recuit de normalisation, si stipulé à la commande
I	N 56	Recuit de normalisation, ou trempe et revenu
II	P 72	Trempe et revenu, ou recuit de normalisation et revenu
III	C 52 types 1,3	Recuit de normalisation et revenu
	C 52 type 2	Trempe et revenu
III	C 66	Recuit de normalisation et revenu, ou trempe et revenu (538 °C min.)

8 ÉTAT DES TUBES

8.1 Diamètres, épaisseurs de paroi et masses

Les tubes fournis doivent avoir les diamètres, épaisseurs de paroi et masses indiqués dans les tableaux 20, 22, 24, 25, 26 et 28.

8.2 Extrémités des tubes

8.2.1 *Tubes de cuvelage*

Les extrémités peuvent se présenter sous différentes formes.

8.2.1.1 Les tubes de cuvelage doivent, en principe, être livrés avec les deux extrémités usinées avec un filetage triangulaire à angle arrondi de 8 filets au pouce (voir ISO . . .), l'une de ces extrémités étant équipée d'un manchon.

NOTE – Pour les nuances H 28, H 31, J 38, K 38, où les deux types de filetage (court et long) sont donnés dans le tableau 20, l'exécution de la commande se fera en type court. Si le type de filetage n'est pas stipulé sur la commande, le fabricant devra s'en enquérir auprès du client. (Voir chapitre 5.)

La livraison pourra se faire sans manchon, ou avec un manchon (normal ou spécial), avec serrage spécial comme défini en 8.4.

8.2.1.2 Lorsque la commande le spécifie, les filetages d'extrémités peuvent être les suivants :

– Buttress[1], avec ou sans manchon;

– Extrême-Line[1], dans la formule «intégrale» sans manchon (tableau 25);

– finition spéciale, après accord écrit entre fournisseur et acheteur.

8.2.1.3 Dans certains cas, les tubes peuvent être livrés avec les extrémités lisses, coupées d'équerre.

8.2.2 *Tubes de production*

Les extrémités peuvent se présenter sous différentes formes.

8.2.2.1 Des tubes peuvent avoir leurs extrémités forgées. En principe, ces extrémités doivent être munies d'un filetage à filet triangulaire, angle arrondi, de 8 filets au pouce (voir ISO . . .).

Une des extrémités doit normalement être équipée d'un manchon (normal ou spécial) avec un serrage défini en 8.4.

La livraison pourra également se faire sans manchon ou avec serrage spécial de manutention.

8.2.2.2 Dans certains cas, les tubes peuvent être livrés avec les extrémités lisses, non forgées, coupées d'équerre, ou avec les extrémités forgées, non usinées, mais ébavurées.

Si précisé dans la commande, les extrémités de ces tubes pourront être pourvues d'une finition spéciale.

8.3 Filetage des tubes et manchons

Les filetages et les procédés de contrôle, à l'exception des cas spéciaux, doivent être conformes à l'ISO . . .

Les extrémités ne doivent pas être remises au rond par martelage pour obtenir leur conformité avec les exigences de filetage.

Les extrémités intérieures et extérieures de tous les types de tubes doivent être ébavurées.

1) Voir ISO . . .

8.4 Vissage des manchons et protection des filetages

8.4.1 Les manchons à encombrement normal doivent être vissés sur les tubes par serrage à force définitif, excepté si la commande spécifie l'option de serrage de manutention ou l'expédition séparée.

8.4.2 Les manchons à encombrement spécial des tubes de production doivent être vissés par serrage de manutention, excepté lorsque la commande précise une expédition séparée.

8.4.3 Un lubrifiant de vissage de haute qualité doit être utilisé pour recouvrir entièrement les surfaces filetées engagées du tube et du manchon.

Le type et la qualité de cette graisse doivent être conformes aux normes nationales et peuvent être précisés à la commande.[1)]

8.4.4 Les extrémités non manchonnées des tubes et l'extrémité non engagée des manchons doivent être munies d'un protecteur de filetage conforme au chapitre 15.

Toutes les parties exposées des filetages doivent être revêtues de lubrifiant de haute qualité.

NOTE — Le vissage de manutention est défini comme suffisant lorsque le manchon ne peut être dévissé sans utilisation d'une clé.

On a recours au vissage de manutention pour les manchons afin de faciliter leur enlèvement, en vue du nettoyage des filetages, de leur vérification et d'une application d'un lubrifiant neuf avant assemblage des tubes.

L'emploi de cette technique a pour résultat de diminuer les risques de fuite dans les filetages, car les manchons vissés au couple en usine, bien qu'étanches au moment du blocage, peuvent ne pas le rester après transport, manutention et stockage.

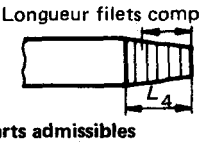
9 ÉCARTS DIMENSIONNELS ADMISSIBLES

9.1 Diamètre extérieur

9.1.1 *Corps du tube*

Les tolérances sur le diamètre extérieur du tube sont données par le tableau 4.

TABLEAU 4 — **Tolérances sur le diamètre**

Corps du tube		Extrémités
Diamètre extérieur	Tolérances	Longueur filets complets  **Écarts admissibles** Ils doivent être tels que la longueur L_4 et le nombre de filets complets compris dans cette longueur soient conformes aux tolérances données dans l'ISO ...
$D < 114{,}3$ mm	± 0,79 mm	
$D \geqslant 114{,}3$ mm	± 0,75 %	

9.1.2 *Extrémités refoulées*

Près du refoulement, dans la partie de raccordement du tube perturbée par la chauffe et le travail de forge, le diamètre extérieur peut avoir les tolérances données dans le tableau 5.

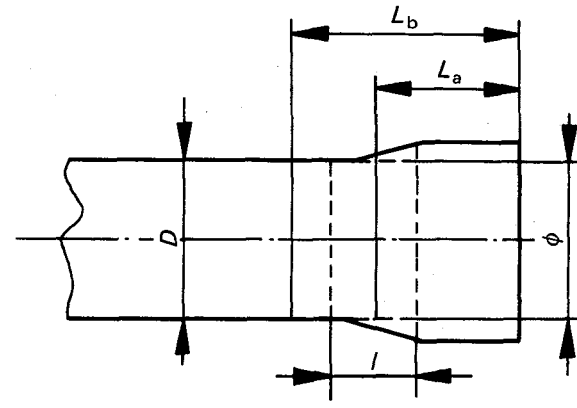


FIGURE 1 — **Extrémité refoulée**

TABLEAU 5 — **Tolérances sur les extrémités refoulées**

Tubes de cuvelage		
Diamètre extérieur D mm	**Tolérances**	**Sur distance l**
$D \leqslant 127{,}0$	+ 2,8 mm − 0,75 % D	127 mm
$139{,}7 \leqslant D \leqslant 219{,}1$	+ 3,2 mm − 0,75 % D	# D
$D \geqslant 244{,}5$	+ 4,0 mm − 0,75 % D	

Tubes de production			
Diamètre extérieur D mm	**Longueur L_a*** mm	**Tolérances sur le diamètre à distance L_a** mm	**Longueur L_b*** mm
60,3	152,4	D + 2,4 − 0,8	254
73	159	D + 2,4 − 0,8	260
88,9	165	D + 2,4 − 0,8	267
101,6	165	D + 2,8 − 0,8	267
114,3	171,5	D + 2,8 − 0,75 % D	273

* Les longueurs L_a et L_b sont mesurées à partir de l'extrémité du tube. L_b est la distance à partir de laquelle les tolérances spécifiées en 9.1 pour le corps du tube s'appliquent.

Les changements de diamètre entre les points de mesurage à la distance L_a et L_b doivent être progressifs, sans variation brusque.

9.2 Épaisseur de paroi

9.2.1 Chaque longueur de tube doit être conforme aux spécifications suivantes :

En aucun point, l'épaisseur minimale ne doit être inférieure à 87,5 % de l'épaisseur stipulée, l'épaisseur maximale étant limitée par la tolérance de masse (voir 9.3.3).

1) Une Norme Internationale sur les graisses est en préparation; entre-temps, se référer au Bulletin API 5 A2, dernière édition.

Les mesurages d'épaisseur doivent être effectués au moyen d'un calibre muni de touches d'un diamètre de 6,35 mm. L'extrémité de la touche venant en contact avec la surface intérieure doit être arrondie, avec un rayon de 38 mm; l'extrémité de la touche venant en contact avec la surface extérieure doit être plate, ou arrondie, avec un rayon de 38 mm.

Les mesurages d'épaisseur peuvent également être effectués à l'aide d'un équipement non destructif, convenablement calibré et d'une précision appropriée. En cas de litige, le mesurage au calibre fera foi.

9.3 Masse

9.3.1 Chaque tube de cuvelage et de production doit être pesé individuellement. Toutefois, les tubes de production de diamètre inférieur ou égal à 33,4 mm peuvent être pesés par lots. Les tubes filetés et manchonnés peuvent être pesés avec leur manchon vissé.

Les tubes filetés, manchonnés ou non manchonnés, doivent être pesés sans protecteurs sauf dans le cas de pesage par wagon, où la masse de ces protecteurs doit être déduite de la masse totale de la pesée.

9.3.2 Les masses déterminées doivent être conformes aux masses calculées spécifiées (ou aux masses calculées ajustées) pour le type d'extrémité prévu à la commande, dans la limite des tolérances indiquées en 9.3.3. Les masses calculées doivent être déterminées suivant la formule

$$W_L = (W_{pe} L) + e_w$$

où

W_L est la masse calculée d'un tube de longueur L, en kilogrammes;

W_{pe} est la masse linéique théorique du tube lisse, en kilogrammes par mètre;

L est la longueur du tube, comme définie en 9.4, en mètres;

e_w est le gain, ou la perte de masse due à la finition d'extrémité, en kilogrammes.

9.3.3 Par tube ou par lot de tubes pesés par lots ($D \leqslant 33{,}4$ mm), la tolérance doit être de $^{+6{,}5}_{-3{,}5}$ %.

Sur un wagon complet (c'est-à-dire au minimum 18 t), la tolérance doit être de $^{0}_{-1{,}75}$ %.

NOTE — Les écarts par tube, lot de tubes ou par wagon, sont exigibles simultanément, sauf pour les charges de poids inférieur à 18 t, où seule est impérative la tolérance $^{+6{,}5}_{-3{,}5}$ %.

9.4 Longueur

9.4.1 Les tubes doivent être fournis dans la gamme de longueur prévue à la commande. Ces gammes doivent être conformes au tableau 6. Lorsque le tube est livré fileté et manchonné, la longueur doit être mesurée de la face extérieure du manchon à l'extrémité lisse mâle opposée. Pour un tube de cuvelage «Extrême-Line», la longueur doit être mesurée de l'extérieur de l'extrémité femelle à l'extrémité filetée mâle opposée.

9.4.2 Si prévu dans la commande, et dans le cas de tubes de cuvelage à filetage triangulaire à angle arrondi seulement, des tubes raboutés (deux longueurs accouplées pour obtenir une longueur normalisée) peuvent être fournis à raison de 5 % au maximum de la commande. Aucune longueur utilisée dans la fabrication d'un tube rabouté ne doit avoir moins de 1,52 m et la longueur totale du tube rabouté doit suivre la règle normale de longueur du tube monobloc.

TABLEAU 6 — **Gammes de longueurs**

	Gamme 1		Gamme 2		Gamme 3	
	m	ft	m	ft	m	ft
Tubes de cuvelage (y compris tubes raboutés)	4,9 à 7,6	16 à 25	7,6 à 10,4	25 à 34	10,4 et plus[1]	34 et plus
Sur 95 % au minimum d'un chargement (voir tableau 8)						
— variation maximale	1,8	6	1,5	5	1,8	6
— longueur minimale	5,5	18	8,5	28	11,0	36
Tubes de production	6,10 à 7,3	20 à 24	8,5 à 9,7	28 à 32		
Sur 100 % au minimum d'un chargement (voir tableau 8)						
— variation maximale	0,6	2	0,6	2		
— longueur minimale	6,1	20	8,5	28		

1) Par accord au moment de la commande, la limite supérieure peut être fixée par l'acheteur

9.5 Diamètre intérieur

Chaque tube doit être vérifié sur toute sa longueur, à l'aide d'un mandrin cylindrique conforme au tableau 7.

L'extrémité avant du mandrin doit être arrondie pour permettre une entrée facile dans le tube. Le mandrin doit passer librement dans tout le tube sous l'effet d'une force raisonnable. Le tube ne sera pas rebuté tant qu'il n'est pas essayé exempt de tout corps étranger et supporté de façon à éviter tout flambage.

TABLEAU 7 — **Dimensions du mandrin de contrôle**

Valeurs en millimètres

Diamètre extérieur nominal D	Longueur du mandrin	Diamètre minimal du mandrin[2]
Tubes de cuvelage[1]		
$D \leqslant 219,1$	152	$d - 3,2$
$244,5 \leqslant D \leqslant 339,7$	305	$d - 4$
$D \geqslant 406,4$	305	$d - 4,8$
Tubes de production		
$D \leqslant 73$	1 067	$d - 2,4$
$D \geqslant 88,9$	1 067	$d - 3,2$

1) Pour les tubes de cuvelage «Extreme-Line», le diamètre minimal du mandrin est indiqué à la colonne 5 du tableau 24.

2) d = diamètre intérieur théorique.

9.6 Courbure

Tous les tubes doivent être livrés raisonnablement droits.

9.7 Chargements

Les chargements sur wagon doivent être conformes aux règles reprises dans le tableau 8.

TABLEAU 8 — **Chargements de wagons (voir gammes — tableau 6)**

Commande inférieure à un chargement de wagon	Commande supérieure à un wagon	
	Transport ferroviaire direct de l'usine à la destination finale	Transport ferroviaire interrompu entre l'usine et la destination finale
Tolérances totales des gammes	Variation totale sur 5 % au maximum du chargement, exigible par wagon, dans la gamme correspondante.	Variation totale sur 5 % au maximum du chargement, exigible pour chargement complet, dans la gamme correspondante.

10 ANALYSES CHIMIQUES

10.1 Analyse de coulée

Sur demande, le fabricant doit fournir au client une analyse de chaque coulée d'acier utilisé. De plus, à la demande, le fabricant doit fournir le résultat d'autres analyses chimiques qu'il peut obtenir. Les analyses ainsi obtenues doivent être conformes aux stipulations de 7.2.

10.2 Analyse de contrôle

10.2.1 Le fabricant doit effectuer des analyses sur deux longueurs de tube fini par lot de 400 tubes ($\phi \leqslant 139,7$ mm) ou 200 tubes ($\phi \geqslant 168,3$ mm) de même diamètre. Pour les tubes sans soudure en longueur multiple, une longueur est considérée comme l'ensemble des éléments découpés dans ladite longueur multiple.

10.2.2 Les éprouvettes doivent être formées de copeaux de fraisage ou de perçage prélevés sur l'épaisseur totale du tube. En cas de perçage, le diamètre minimal du foret doit être de 12,7 mm.

10.2.3 Si l'une des longueurs représentant un lot ne donne pas un résultat conforme à 7.2, le fabricant pourra décider de procéder à de nouveaux essais sur deux longueurs supplémentaires. Si ces contre-essais sont satisfaisants, le lot doit être accepté, à l'exception de la première longueur défectueuse. Si les deux longueurs représentant un lot, ou l'une (ou les deux) longueurs de contre-essai ne donnent pas de résultat satisfaisant, le fabricant pourra décider de rebuter tout le lot ou de procéder à ces contre-analyses individuelles. Ces contre-analyses doivent être effectuées seulement sur les éléments non satisfaisants.

Les prélèvements doivent être effectués comme prévu en 10.2.2.

10.3 Analyse de contrôle en usine

Le fabricant doit effectuer une analyse de chaque coulée d'acier utilisé. Il doit en tenir le registre à la disposition du client.

11 ESSAIS MÉCANIQUES ET NON DESTRUCTIFS

11.1 Nature des essais

Les tubes des classes I, II et III doivent être soumis à des essais de traction et d'aplatissement; ils doivent également être soumis à des essais hydrauliques. Les tubes de la classe II doivent être soumis à un contrôle non destructif. Ce contrôle est facultatif pour les tubes des classes I et III.

11.2 Nombre d'essais

Le nombre d'essais doit être conforme aux indications du tableau 9.

11.3 Essai de traction

11.3.1 Les essais de traction doivent être effectués conformément à l'ISO 375, les valeurs de la limite conventionnelle d'élasticité étant calculées pour un allongement sous charge de 0,5 % ou 0,6 % (voir tableau 2).

Les éprouvettes sont au choix du fabricant, soit une section en bout de tube, soit une bande longitudinale ayant subi le même traitement que le tube (voir figure 2). Une éprouvette doit représenter l'épaisseur totale du tube sur lequel elle a été prélevée; elle ne doit pas être aplatie avant essai. Dans le cas des tubes soudés, elle doit être prélevée à 90° environ de la soudure.

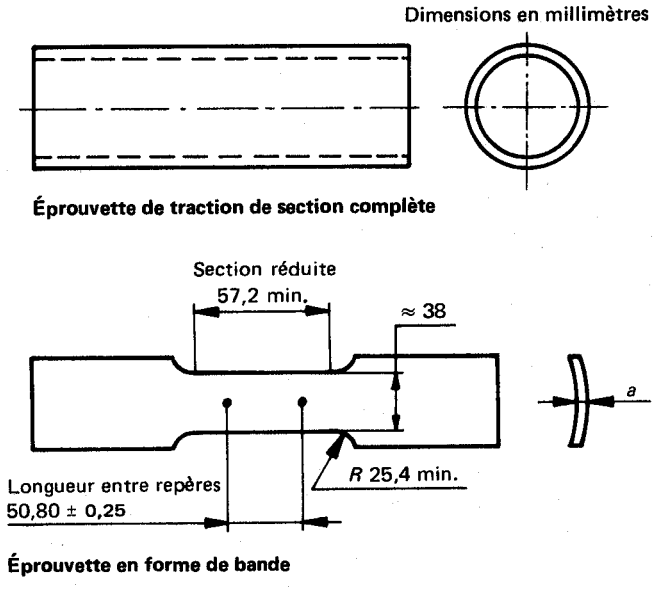


FIGURE 2 — **Éprouvettes de traction**

Dans le cas de tubes traités thermiquement, l'éprouvette de traction doit subir le même traitement que le tube fini.

Les caractéristiques mécaniques des extrémités refoulées doivent être conformes aux exigences indiquées pour le corps du tube. En cas de contestation, la résistance minimale à la traction et la limite conventionnelle d'élasticité doivent être déterminées sur une éprouvette prélevée sur une extrémité refoulée.

11.3.2 La largeur de la partie calibrée de l'éprouvette doit être d'environ 38 mm, si l'on dispose de mors épousant la courbure de l'éprouvette ou si les extrémités de l'éprouvette sont usinées pour réduire la courbure dans la zone des mors; sinon la largeur de la partie calibrée doit être d'environ 19 mm pour les tubes de diamètre inférieur ou égal à 88,9 mm, de 25,4 mm pour les tubes de 101,6 à 193,7 mm et 38 mm environ pour les tubes de diamètre supérieur ou égal à 219,1 mm. En aucun cas, la largeur de la partie calibrée de l'éprouvette ne doit être supérieure à quatre fois l'épaisseur de cette éprouvette.

11.3.3 Si une éprouvette de traction présente un usinage défectueux ou des fissures, elle pourra être écartée et remplacée par une autre.

Lorsque l'allongement d'une éprouvette de traction est inférieur à celui prescrit, un contre-essai est autorisé si une partie de la rupture se trouve en dehors du tiers médian de la longueur entre repères, comme indiqué par les marques au pointeau faites avant l'essai.

TABLEAU 9 — **Nombre d'essais**

Essai	Nombre d'essais		
	Classe I	Classe II	Classe III
Traction sur éprouvette	$D \leqslant 139{,}7$ mm : 1 par 400 longueurs $D \geqslant 168{,}3$ mm : 1 par 200 longueurs } 1) 2)	Tubes de cuvelage : 1 par 100 longueurs Tubes de production : 1 par 200 longueurs } 1) 2)	
Traction de contrôle en usine	1 par coulée		
Aplatissement sur éprouvette	Sur les tubes sans refoulement ou sans traitement : sur chaque extrémité de chaque tube 3) 4) Sur tubes refoulés et sur tubes traités : Les éprouvettes doivent être prélevées à chaque extrémité de chaque tube avant refoulement et traitement, ou sur tubes avant traitement, à raison de 1 par 20 longueurs (tubes de cuvelage) et 1 par 100 longueurs (tubes de production). Dans ce cas, les éprouvettes doivent subir un traitement équivalent à celui qui est prévu pour la nuance considérée.		
Épreuve hydraulique	Sur chaque tube		
Contrôle non destructif	Facultatif	Sur toute la longueur de chaque tube	Facultatif

1) Dans le cas de tubes traités, tous les tubes d'un lot doivent avoir subi le même traitement.

2) Dans le cas de tubes sans soudure en longueurs multiples, une longueur est assimilée à la somme des sections obtenues à partir de cette longueur multiple.

3) L'essai ne doit pas être effectué pour les tubes sans soudure de nuances H 28 et H 31.

4) Dans le cas de tube sans soudure en longueurs multiples, découpé en sections, l'essai doit être effectué sur chaque extrémité de la longueur multiple.

TABLEAU 10 – **Distance *z* entre plateaux**

Nuance d'acier	Distance *z* avec		
	$D/a < 3{,}93$	$3{,}93 \leqslant D/a < 16$	$D/a \geqslant 16$
H 28	$(0{,}83 - 0{,}020\,6\ D/a)\ D$	$(0{,}83 - 0{,}020\,6\ D/a)\ D$	$0{,}5\ D$
H 31	$(0{,}88 - 0{,}020\,6\ D/a)\ D$	$(0{,}88 - 0{,}020\,6\ D/a)\ D$	$0{,}55\ D$
J 38, K 38	$(1{,}104 - 0{,}051\,8\ D/a)\ D$	$(0{,}98 - 0{,}020\,6\ D/a)\ D$	$0{,}65\ D$
	$9 \leqslant D/a \leqslant 25$		
N 56, C 52	$(1{,}074 - 0{,}019\,4\ D/a)\ D$		
C 66	$(1{,}080 - 0{,}017\,8\ D/a)\ D$		
P 72, P 76	$(1{,}086 - 0{,}016\,3\ D/a)\ D$		

D = diamètre extérieur, en millimètres
a = épaisseur de paroi, en millimètres

11.4 Essai d'aplatissement

Cet essai est applicable pour toutes les nuances, sauf pour le H 28 et H 31 dans le cas des tubes sans soudure.

11.4.1 L'essai doit être effectué conformément à l'ISO/R 202.

Aucune crique, ou cassure, ne doit apparaître en quelque point que ce soit sur l'éprouvette, tant que la distance entre plateaux *z* ne sera pas inférieure à celle spécifiée dans le tableau 10.

Si une éprouvette représentant des tubes de classe II ou III ou de nuance N 56 présente un défaut à un point de pliage maximal (12 h et 6 h), l'essai doit être poursuivi jusqu'à ce que la partie restante de l'éprouvette se casse à 90° du point de pliage maximal (3 h ou 9 h).

La rupture prématurée au point de pliage maximal ne doit pas être prise en compte pour le rebut éventuel des tubes.

11.4.2 Dans le cas de tubes soudés, la soudure doit être placée au point de pliage maximal. Toutefois, au gré de l'inspecteur, d'autres essais doivent être effectués avec la soudure placée à 90° du point de pliage maximal.

On ne doit observer ni indices d'une texture défectueuse, ni soudure insuffisamment fondue, dédoublures, brûlures ou bourrelets de métal extrudé.

11.5 Épreuve hydraulique

11.5.1 *Pression d'essai*

Chaque longueur doit être éprouvée hydrauliquement chez le fabricant, sauf stipulation contraire à la commande. L'épreuve doit se faire aux pressions données dans le tableau 11.

TABLEAU 11 – **Pressions d'essai**

Nuance d'acier	Diamètre du tube *D*	Pression *p*
H 28, H 31, J 38, K 38	$D \leqslant 244{,}5$ mm	$p = 0{,}914 \times p_E$ avec 207 bar max.
—	$D \geqslant 273$ mm	$p = 0{,}685 \times p_E$ avec 207 bar max.
Autres nuances		$p = 0{,}914 \times p_E$ avec 689,5 bar max.

p = pression d'épreuve

p_E = pression interne indiquée aux tableaux 20, 22, 24, 26 ou 28 pour le type d'extrémité retenu.

Toutefois, si prévu à la commande, les tubes des classes I et II peuvent être essayés à la pression donnée par la formule, sans tenir compte de la limite maximale.

La pression d'épreuve doit être maintenue durant au moins 5 s, il ne doit se produire aucune fuite.

11.5.2 *Tubes soudés*

Au cours de l'essai, les tubes soudés doivent être frappés aux deux extrémités près de la soudure à l'aide d'un marteau d'environ 1 kg ou son équivalent.

La pression doit être réduite au plus de moitié, et maintenue assez longtemps pour permettre de détecter les fuites et défauts éventuels de la soudure.

11.5.3 *Tubes filetés manchonnés*

a) Tubes avec manchon serré à force

Pour les diamètres inférieurs à 406 mm, l'essai doit être effectué avec le manchon.