
**Industries du pétrole, de la pétrochimie et
du gaz naturel — Échangeurs thermiques
en épingle à cheveux**

*Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Hairpin-type
heat exchangers*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 12212:2012

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c49afb4-e8cd-406e-b676-
e9ff3dd1f88f/iso-12212-2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c49afb4-e8cd-406e-b676-e9ff3dd1f88f/iso-12212-2012)



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 12212:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c49afb4-e8cd-406e-b676-e9ff3dd1f88f/iso-12212-2012>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2012

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Version française parue en 2013

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	v
Introduction.....	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Généralités	4
5 Informations requises dans la proposition.....	5
6 Plans et autres données exigées.....	5
6.1 Plans d'ensemble et autres données de support.....	5
6.2 Informations exigées après examen des plans d'ensemble	6
6.3 Rapports et enregistrements	8
7 Conception	8
7.1 Température nominale	8
7.2 Pression nominale.....	9
7.3 Conception pour fonctionnement cyclique.....	9
7.4 Calandre	9
7.5 Obturbateurs avant.....	9
7.6 Obturbateurs arrière.....	12
7.7 Faisceaux de tubes	12
7.8 Tubulures et autres raccords.....	15
7.9 Supports de calandre	20
7.10 Garnitures	21
7.11 Raccords à brides circulaires extérieurs	21
7.12 Placage pour surépaisseur de corrosion.....	21
8 Matériaux	22
8.1 Généralités	22
8.2 Exigences relatives aux aciers au carbone pour une exploitation en milieu acide ou dans des environnements humides contenant du sulfure d'hydrogène	22
8.3 Garnitures d'étanchéité	22
8.4 Tubes	23
9 Fabrication	23
9.1 Calandres	23
9.2 Tubes	23
9.3 Soudage	24
9.4 Traitement thermique.....	24
9.5 Tolérance dimensionnelle	25
9.6 Surfaces de contact de garnitures autres que les faces de brides de tubulures	25
9.7 Raccords tubes-plaque tubulaire	26
9.8 Montage.....	26
10 Contrôle et essais.....	27
10.1 Assurance de la qualité	27
10.2 Maîtrise de la qualité	27
10.3 Essais de mise en pression	28
10.4 Plaque constructeur et numérotation des pièces.....	29
11 Préparation à l'expédition	30
11.1 Protection	30

11.2	Identification.....	30
12	Exigences complémentaires	30
12.1	Généralités	30
12.2	Conception	31
12.3	Contrôle	31
Annexe A (informative)	Pratiques recommandées	32
Annexe B (informative)	Liste de contrôle pour les échangeurs thermiques en épingle à cheveux	34
Annexe C (informative)	Feuilles de données pour les échangeurs thermiques en épingle à cheveux.....	36
Bibliographie		48

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 12212:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c49afb4-e8cd-406e-b676-e9ff3dd1f88f/iso-12212-2012>

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 12212 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 67, *Matériel, équipement et structures en mer pour les industries pétrolière, pétrochimique et du gaz naturel*, sous-comité SC 6, *Systèmes et équipements de traitement*.

ISO 12212:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c49afb4-e8cd-406e-b676-e9ff3dd1f88f/iso-12212-2012>

Introduction

Il est nécessaire que les utilisateurs de la présente Norme internationale soient conscients que certaines applications peuvent devoir répondre à des exigences supplémentaires ou différentes. La présente Norme internationale n'a pas pour objet d'empêcher un vendeur de proposer, ou un acheteur d'accepter, des équipements alternatifs ou des solutions techniques alternatives pour une application particulière. De telles solutions alternatives peuvent notamment être applicables lorsqu'il s'agit de technologies innovantes ou en cours de développement. Lorsqu'une alternative est proposée, il est de la responsabilité du vendeur d'identifier tout écart par rapport à la présente Norme internationale et de fournir tous les détails nécessaires.

La présente Norme internationale impose à l'acheteur de mentionner certains détails et caractéristiques spécifiques.

Le symbole (●) en début d'article ou de paragraphe indique qu'il incombe à l'acheteur de faire un choix ou de fournir des informations (une liste de contrôle est donnée à l'Annexe B, pour information).

Dans la présente Norme internationale, les unités impériales ou d'autres unités sont, dans la mesure du possible, indiquées entre parenthèses à titre d'information.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 12212:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c49afb4-e8cd-406e-b676-e9ff3dd1f88f/iso-12212-2012>

Industries du pétrole, de la pétrochimie et du gaz naturel — Échangeurs thermiques en épingle à cheveux

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les exigences et fournit des recommandations pour la conception mécanique, le choix des matériaux, la fabrication, le contrôle, les essais et la préparation à l'expédition des échangeurs thermiques tubulaires en épingle à cheveux utilisés dans les industries du pétrole, de la pétrochimie et du gaz naturel.

Sont inclus dans les échangeurs thermiques tubulaires en épingle à cheveux les échangeurs thermiques à tubes jumelés et multitubes.

2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 15156 (toutes les parties), *Industries du pétrole et du gaz naturel — Matériaux pour utilisation dans des environnements contenant de l'hydrogène sulfuré (H₂S) dans la production de pétrole et de gaz.*

ISO 23251, *Industries du pétrole, de la pétrochimie et du gaz naturel — Systèmes de dépressurisation et de protection contre les surpressions.*

ASME B16.5¹⁾, *Pipe Flanges and Flanged Fittings: NPS 1/2 through NPS 24.*

NACE MR0103 ²⁾, *Materials Resistant to Sulfide Stress Cracking in Corrosive Petroleum Refining Environments.*

NACE SP0472, *Methods and Controls to Prevent In-Service Environmental Cracking of Carbon Steel Weldments in Corrosive Petroleum Refining Environments.*

TEMA³⁾, *Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers Association.*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

1) ASME International, 3 Park Avenue, New York, NY 10016-5990, USA.

2) NACE International, P.O. Box 218340, Houston, TX 77218-8340, USA.

3) Tubular Exchanger Manufacturers Association, 25 North Broadway, Tarrytown, NY 10591, USA.

- 3.1**
fonctionnement cyclique
opération au cours de laquelle la température, la pression et/ou le débit varie de manière périodique
- 3.2**
à tubes jumelés
présentant un tube unique placé à l'intérieur d'une calandre
- 3.3**
surface d'échange thermique effective
surface extérieure des tubes contribuant au transfert thermique, incluant la surface des ailettes (le cas échéant)
- 3.4**
soudure à pleine pénétration
raccord soudé donnant du métal fondu sur toute l'épaisseur des pièces assemblées
- 3.5**
obturateur avant
obturateur raccordant l'extrémité du tube à la tuyauterie de l'acheteur et fixant le faisceau de tubes ou l'élément à la calandre
- 3.6**
échangeur thermique tubulaire en épingle à cheveux
échangeur thermique à tubes jumelés (à tubes concentriques) ou multitubes dont le faisceau est constitué des deux bras de l'épingle et où chaque bras est doté de sa propre calandre
- NOTE Les composants caractéristiques d'un échangeur thermique tubulaire en épingle à cheveux sont présentés sur la Figure 1.
- 3.7**
module d'échangeur thermique
ensemble fonctionnel d'un ou de plusieurs échangeurs thermiques agencés en série ou en parallèle, fonctionnant ensemble afin d'obtenir le régime prévu
- 3.8**
utilisation en présence d'hydrogène
utilisation dans un environnement contenant de l'hydrogène à une pression partielle absolue supérieure à 700 kPa (100 psi)
- 3.9**
code article
numéro défini par l'acheteur, identifiant l'échangeur thermique tubulaire en épingle à cheveux
- 3.10**
température nominale minimum du métal
température du métal la plus faible à laquelle les éléments sous pression peuvent être soumis à la pression nominale
- EXEMPLES Température ambiante ou température des fluides procédé.
- 3.11**
multitube
présentant des tubes multiples disposés à l'intérieur d'une calandre

3.12**code de conception des appareils à pression**

norme reconnue concernant les récipients sous pression, spécifiée par l'acheteur ou pour laquelle il a donné son accord

EXEMPLES ASME BPVC, section VIII, EN 13445 (toutes les parties).

3.13**obturateur arrière**

obturateur disposé à la partie de l'échangeur thermique où s'inverse le sens d'écoulement et couvrant les coudes en U des tuyaux

3.14**anneau d'étanchéité**

garniture d'étanchéité spéciale placée sur le diamètre extérieur de la plaque tubulaire et la bride latérale de calandre/de tube

3.15**section en épingle à cheveux**

élément de tube en U prolongé par deux bras de calandre

3.16**soudure d'étanchéité**

soudure par rapprochement d'un tube et d'une plaque tubulaire, de résistance non spécifiée, ayant pour seule fonction de réduire les possibilités de fuites

3.17**soudure de résistance**

raccord tubes-plaque tubulaire soudé de façon que sa force soit supérieure ou égale à la force axiale du tube que spécifie le code de conception des appareils à pression

3.18**code de soudage de structure**

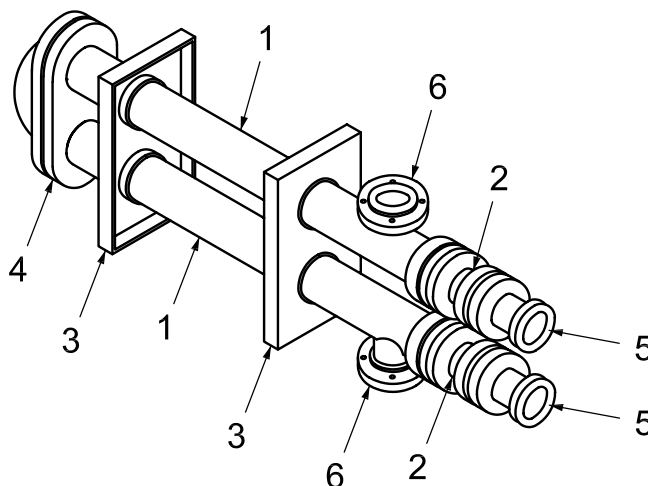
code reconnu concernant le soudage des structures, spécifié par l'acheteur ou pour lequel il a donné son accord

3.19**faisceau de tubes**

ensemble d'épingles à cheveux, de plaques tubulaires et de chicanes, les tubes pouvant être lisses ou à ailettes

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c49afb4-e8cd-406e-b676-e9ff3dd1f88f/iso-12212-2012>



Légende

1 calandre	4 obturateur arrière
2 obturateur avant	5 raccord latéral de tube
3 support	6 raccord latéral de calandre

Figure 1 — Éléments caractéristiques d'un échangeur thermique tubulaire en épingle à cheveux

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

4 Généralités

- 4.1 Le code de conception des appareils à pression doit être spécifié ou approuvé par l'acheteur. Les composants sous pression doivent être conformes à ce code ainsi qu'aux exigences supplémentaires de la présente Norme internationale.
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c49afb4-e8cd-406e-b676-e9ff3dd1f88f/iso-12212-2012>
- 4.2 Lorsque l'utilisation d'une classe TEMA est spécifiée dans la présente Norme internationale, l'échangeur thermique doit être réalisé conformément aux normes de la TEMA, classe R ou toute autre classe TEMA spécifiée.
- 4.3 Habituellement, il n'est pas nécessaire d'équiper les échangeurs en épingle à cheveux de joints de dilatation. Cependant, il peut s'avérer nécessaire de s'en assurer pour certains modules. Dans ce cas, l'acheteur et le vendeur doivent convenir de toutes exigences pertinentes en termes de conception, de fabrication, de contrôle et d'essai.
- 4.4 Le vendeur doit se conformer à la réglementation locale applicable spécifiée par l'acheteur.
- 4.5 L'Annexe A donne, pour information, les détails de conception et les caractéristiques mécaniques recommandés.
- 4.6 L'Annexe B donne une liste de contrôle pouvant permettre à l'acheteur de s'assurer qu'il a bien traité les questions repérées par le symbole (●) dans la présente Norme internationale.
- 4.7 L'acheteur doit préciser si l'échangeur est destiné à fonctionner en milieu acide conformément ISO 15156 (toutes sections) pour les installations de production pétrolière et gazière ainsi que pour les installations d'adoucissement de gaz naturel, ou s'il est destiné à fonctionner dans un environnement humide contenant du sulfure d'hydrogène conformément à la NACE MR0103 pour les autres applications (par exemple, raffineries de pétrole, installations de GNL et usines de produits chimiques), auquel cas tous les matériaux en contact avec le fluide process doivent satisfaire aux exigences de la norme applicable pour atténuer le risque de fissuration sous contrainte en présence de sulfure (ou SSC pour Sulfide Stress Cracking). L'identification de toutes les spécifications relatives aux matériaux, à la qualification, à la fabrication

et aux essais permettant de limiter la fissuration en service due à l'environnement relève de la responsabilité de l'utilisateur (acheteur).

NOTE Pour les besoins de cette disposition, la NACE MR0175 est équivalente à l'ISO 15156 (toutes les parties).

5 Informations requises dans la proposition

5.1 La proposition du vendeur doit inclure pour chaque module d'échangeur thermique des feuilles de données dûment renseignées (sur le modèle de celles données à l'Annexe C).

5.2 Pour les pièces ne correspondant pas exactement aux définitions de l'Article 3, le vendeur doit fournir un descriptif détaillé de leur conception et de leur montage.

5.3 La proposition doit comprendre une description détaillée de toutes les exceptions aux exigences spécifiées dans la demande de renseignements de l'acheteur.

5.4 Pour les échangeurs thermiques superposés, le vendeur doit livrer les pièces suivantes, sauf instructions contraires de l'acheteur:

- a) les boulons, écrous et garnitures d'étanchéité des tubulures de raccordement,
- b) les cales et pièces de boulonnerie pour les supports de raccordement,
- c) la tuyauterie externe de raccordement au(x) tube(s).

5.5 Le vendeur doit fournir la liste des pièces de rechange recommandées pour chaque échangeur thermique tubulaire en épingle à cheveux.

6 Plans et autres données exigées

6.1 Plans d'ensemble et autres données de support

6.1.1 Le vendeur doit soumettre à l'acheteur les plans d'ensemble de chaque module d'échangeur thermique, pour examen. Les plans doivent contenir les informations suivantes:

- a) le type de fonctionnement, le code article, le nom du projet et le site, le numéro de commande de l'acheteur, le numéro de commande correspondant du vendeur et les autres numéros d'identification spéciaux,
- b) la pression de calcul, la pression d'essai, la température maximale de calcul, la température minimale de calcul du métal et toute restriction concernant les essais ou le fonctionnement de l'échangeur thermique,
- c) la pression de service maximale admissible (PSMA) à l'état corrodé et à la température de calcul côté tubes et côté calandre,
- d) les dimensions, emplacements, orientations, bossages et sens d'écoulement des raccords, ainsi que leurs classe et surfaçage si ces raccords sont munis de brides,
- e) les dimensions, classes et orientations des accouplements,
- f) les dimensions, orientations et emplacements des supports, y compris les trous et les fentes pour boulons, ainsi que les modalités d'empilage,
- g) les dimensions hors tout de l'échangeur thermique,
- h) le dégagement nécessaire à la dépose des faisceaux de tubes,

- i) la masse de l'échangeur thermique, vide et rempli d'eau, ainsi que des pièces démontables de masse supérieure à 25 kg (60 lb) (par exemple, faisceaux de tubes, obturateurs avant et obturateurs arrière individuels),
- j) la surépaisseur de corrosion spécifiée pour chaque côté de l'échangeur thermique,
- k) des références au code applicable et à la spécification de l'acheteur,
- l) les exigences en matière de traitement thermique après soudage,
- m) les exigences en matière de contrôle non destructif (CND),
- n) les exigences en matière d'essai de résilience des matériaux,
- o) les exigences en matière de préparation de surface et de mise en peinture,
- p) les matières des joints,
- q) l'épaisseur d'isolation,
- r) l'emplacement et l'orientation des plaques constructeur, oreilles de levage, pinces de mise à la terre ou d'autres dispositifs de fixation,
- s) l'emplacement du centre de gravité de l'échangeur, à vide et rempli d'eau,
- t) les spécifications relatives aux matériaux et les nuances pour tous les composants,
- u) les forces et moments s'appliquant aux raccords tels que spécifiés par l'acheteur,
- v) les modes opératoires de soudage des raccords tubes-plaque tubulaire et les procédures d'essai.

6.1.2 Le vendeur doit donner ses recommandations s'agissant des outils à utiliser pour le montage et l'entretien de l'échangeur thermique tubulaire en épingle à cheveux. Si les boulons doivent être serrés au couple, le vendeur doit préciser les procédures requises.

6.1.3 L'examen de la documentation technique d'ingénierie par l'acheteur ne doit pas dégager le vendeur de sa responsabilité de respecter les exigences de la commande.

6.2 Informations exigées après examen des plans d'ensemble

6.2.1 Des informations génériques sur les garnitures, type et matériau compris, doivent être fournies.

6.2.2 A réception des commentaires de l'acheteur concernant les plans d'ensemble, le vendeur doit remettre un exemplaire de tous les plans détaillés (qui ne sont pas sujets à des droits de propriété), qui doivent donner une description complète de l'échangeur thermique et comprendre au moins les informations suivantes:

- a) les vues d'ensemble et les vues en coupe, y compris les vues détaillées du faisceau de tubes avec dimensions et matériaux,
- b) les détails des faisceaux, y compris:
 - la disposition des tubes,
 - le nombre de chicanes, leur type et leur description (par exemple, pour des chicanes transversales, la coupe transversale, la disposition et l'orientation des chicanes dans une vue montrant les coupes),

— les détails et les emplacements de tous les obturateurs fixes et mobiles,

- c) les détails de chaque soudure sous pression, y compris son matériau de soudage, son épaisseur nominale et son emplacement, ainsi que la méthode d'examen non destructif applicable,
 - d) pour les appendices non soumis à la pression soudés sur des parties sous pression et pour toutes les attaches supportant une charge, les détails et l'épaisseur nominale de chaque soudure,
 - e) les listes complètes des pièces, y compris leurs spécifications et les références de tous les composants sujettes à des droits de propriété,
 - f) les détails des placages et des recouvrements de soudure,
 - g) les détails des raccords tubes-plaque tubulaire, y compris les procédures de montage, de soudage, de dudgeonnage, d'inspection et d'essai,
 - h) la finition des faces de brides.
- **6.2.3** Si l'acheteur l'a spécifié, le vendeur doit lui procurer un exemplaire des spécifications concernant les descriptifs de modes opératoires de soudage applicables et un exemplaire des qualifications des modes opératoires de soudage, ainsi qu'un schéma/une cartographie des soudures réalisées pour examen ou enregistrement.
 - **6.2.4** L'acheteur doit spécifier si le vendeur doit lui procurer pour examen ou enregistrement la documentation suivante:

- a) les calculs de conception mécanique de l'épaisseur de la calandre et du tube, du revêtement des tubulures et autres pièces sous pression non sujettes à des droits de propriété. Si les calculs sont effectués via un logiciel informatique, toutes les données d'entrée et de sortie doivent être fournies afin de permettre une bonne compréhension des procédures de calcul. Les références des équations utilisées dans les sections applicables du code de conception des appareils à pression et des normes TEMA associées doivent être fournies,
- b) l'épaisseur minimale exigible pour tous les composants sous pression, qu'ils soient sujets à des droits de propriété ou pas,
- c) le calcul de la pression de service maximale admissible (PSMA),
- d) les calculs de conception prenant en compte les charges sismiques et les charges dues au vent, au transport et/ou aux tuyauteries lorsque l'acheteur fournit ces informations,
- e) les procédures proposées pour l'assemblage des raccords à brides, tout lubrifiant éventuellement nécessaire devant être indiqué,
- f) les calculs de conception des charges thermiques imposées aux tubulures des échangeurs thermiques superposés,
- g) l'analyse des vibrations induites par l'écoulement.
- h) Si une exploitation en milieu acide ou dans des environnements humides contenant du sulfure d'hydrogène est spécifiée, un rapport d'essai certifié sur les matériaux (ou CMTR pour Certified Material Test Report) doit être fourni pour tous les aciers au carbone qui sont en contact avec le fluide process.

6.3 Rapports et enregistrements

- Une fois l'échangeur thermique construit, le vendeur doit remettre à l'acheteur les documents suivants, au format et dans le nombre d'exemplaires spécifiés par l'acheteur:
 - a) la feuille de données « conforme à la construction »,
 - b) tous les plans d'ensemble et tous les plans d'exécution non sujets à des droits de propriété, portant la mention « CERTIFIE CONFORME A LA CONSTRUCTION »,
 - c) l'enregistrement certifié de tous les essais de résilience effectués,
 - d) les rapports d'essai en usine certifiés de toutes les pièces sous pression, y compris les tubes (chaque rapport d'essai sur les matériaux devant être identifié par une référence),
 - e) la liste complète et certifiée des pièces, permettant d'obtenir toutes pièces de rechange, mentionnant pour chaque pièce, la quantité, la description, la spécification des matériaux et l'identification,
 - f) les diagrammes de températures de tout traitement thermique après soudage,
 - g) le rapport complet des données fournies par le fabricant en conformité avec le code de conception des appareils à pression,
 - h) le décalque ou une reproduction de la plaque constructeur,
 - i) tous les calculs de conception mécanique, portant la mention « CERTIFIE CONFORME A LA CONSTRUCTION »,
 - j) la cartographie des contrôles non destructifs (CND),
 - k) tous les rapports de contrôles non destructifs afférents, y compris les examens par radiographie, magnétoscopie, ressuage, ultrasons, les essais de dureté et de résilience ainsi que l'identification positive des matériaux (ou PMI pour Positive Material Identification) et autres le cas échéant,
 - l) les résultats de réduction de paroi sur des tubes,
 - m) les résultats des essais d'étanchéité des raccords tubes-plaque tubulaire,
 - n) les enregistrements des essais hydrauliques sous forme de diagrammes ou de certifications,
 - o) les instructions d'installation et d'entretien, y compris pour le levage, la manutention et la dépose des faisceaux.

7 Conception

7.1 Température nominale

- **7.1.1** Tous les échangeurs thermiques doivent être conçus avec deux températures nominales pour chaque côté: une température nominale maximale et une température nominale minimale du métal, spécifiées par l'acheteur.
- 7.1.2** Les pièces (y compris la boulonnerie extérieure) soumises aux effets des fluides à la fois du côté de la calandre et du côté du tube doivent être conçues pour la température de calcul la plus élevée.

7.2 Pression nominale

7.2.1 Sauf spécification ou accord de l'acheteur, l'échangeur thermique doit être conçu en appliquant la pression nominale d'un côté et en appliquant la pression atmosphérique ou, si l'acheteur le spécifie, le vide de l'autre côté.

7.2.2 Si l'acheteur spécifie que le calcul de la pression de service maximale admissible (PSMA) est obligatoire, il n'y aura pas de restrictions sur les composants pouvant limiter la PSMA de l'échangeur thermique tubulaire en épingle à cheveux. La pression de service maximale admissible doit être celle définie par le code de conception des appareils à pression en vigueur et il convient qu'elle prenne en compte toutes les charges externes existant simultanément, du type charge des tubulures. La présence de charges externes réduit la valeur de la pression de service maximale admissible par rapport au cas où seule charge est celle de la pression.

7.3 Conception pour fonctionnement cyclique

- **7.3.1** L'acheteur doit spécifier si la conception doit prévoir un fonctionnement cyclique.
- **7.3.2** En cas de fonctionnement cyclique, l'acheteur doit spécifier les variations, la durée des variations (en heures, semaines, mois, etc.) et le nombre de cycles (la fréquence de ces variations) attendu pendant la vie de l'équipement.
- **7.3.3** En cas de fonctionnement cyclique, l'acheteur doit spécifier le type d'analyse nécessaire.

7.4 Calandre

7.4.1 L'épaisseur minimale de la calandre doit être conforme aux normes de la TEMA, classe R ou toute autre classe spécifiée. Pour les diamètres inférieurs à ceux couverts par les normes de la TEMA, l'épaisseur minimale de paroi doit être de la catégorie 40 pour l'acier au carbone et l'acier faiblement allié, et de la catégorie 10S pour les matériaux fortement alliés.

7.4.2 L'utilisation de tubes soudés en spirale est interdite.

7.5 Obturateurs avant

7.5.1 Les obturateurs avant sont le plus souvent sujets à des droits de propriété, utilisant soit un jeu de boulons unique (tel qu'illustré sur la Figure 2), soit un boulonnage côté calandre et un boulonnage côté tubes (ainsi qu'illustré sur la Figure 3).

7.5.2 Un boulonnage séparé côté calandre et côté tubes doit être utilisé dans les conditions suivantes:

- a) pour un fonctionnement avec un différentiel de température entre les plaques tubulaires supérieur à 220 °C (400 °F) (température nominale ou de service, à la plus élevée des deux),
- b) pour une pression de calcul supérieure à 7 000 kPa (relatif) (1 000 psi),
- c) en cas de fonctionnement cyclique,
- d) en cas d'utilisation en environnement contenant de l'hydrogène,
- e) lorsque l'acheteur le spécifie.

7.5.3 Dans les échangeurs utilisant un jeu de boulons unique côté calandre et côté tubes, on doit utiliser pour le boulonnage la température nominale la plus élevée des deux. Dans ce cas, si le fabricant utilise une bride intermédiaire ou centrale à alésages taraudés, cette bride centrale doit être conçue pour la température et pour la pression nominale les plus élevées.