

---

---

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

*Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Spiral plate heat  
exchangers*

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 12211:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a446f5cb-d1d1-4078-a005-68b27f5a22f1/iso-12211-2012>



## iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 12211:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a446f5cb-d1d1-4078-a005-68b27f5a22f1/iso-12211-2012>



### 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](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Version française parue en 2013

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos .....	iv
Introduction.....	v
1 <b>Domaine d'application</b> .....	1
2 <b>Références normatives</b> .....	1
3 <b>Termes et définitions</b> .....	1
4 <b>Généralités</b> .....	4
5 <b>Informations requises dans la proposition</b> .....	5
6 <b>Plans et autres données exigées</b> .....	6
6.1 <b>Plans d'ensemble et autres données de support</b> .....	6
6.2 <b>Informations exigées après examen des plans d'ensemble</b> .....	7
6.3 <b>Rapports et enregistrements</b> .....	8
7 <b>Conception</b> .....	9
7.1 <b>Généralités</b> .....	9
7.2 <b>Températures de calcul</b> .....	9
7.3 <b>Pression de calcul</b> .....	9
7.4 <b>Marge d'encrassement</b> .....	9
7.5 <b>Surépaisseur de corrosion</b> .....	10
7.6 <b>Pièces</b> .....	10
7.7 <b>Supports</b> .....	16
7.8 <b>Garnitures d'étanchéité des couvercles</b> .....	17
7.9 <b>Dispositifs de manutention</b> .....	18
8 <b>Matériaux</b> .....	18
8.1 <b>Généralités</b> .....	18
8.2 <b>Exigences relatives aux aciers au carbone pour une exploitation en milieu acide ou dans des environnements humides contenant du sulfure d'hydrogène</b> .....	18
8.3 <b>Garnitures d'étanchéité des couvercles</b> .....	19
9 <b>Fabrication</b> .....	19
9.1 <b>Soudage</b> .....	19
9.2 <b>Traitement thermique</b> .....	19
9.3 <b>Surfaces de contact de garnitures autres que les faces de brides de tubulures</b> .....	20
10 <b>Contrôle et essais</b> .....	20
10.1 <b>Assurance qualité</b> .....	20
10.2 <b>Maîtrise de la qualité</b> .....	20
10.3 <b>Essais de mise en pression</b> .....	22
10.4 <b>Plaque constructeur</b> .....	22
11 <b>Préparation à l'expédition</b> .....	23
11.1 <b>Protection</b> .....	23
11.2 <b>Identification</b> .....	23
<b>Annexe A (informative) Pratique recommandée</b> .....	24
<b>Annexe B (informative) Liste de contrôle pour les échangeurs thermiques à plaques en spirale</b> .....	31
<b>Annexe C (informative) Feuilles de données pour les échangeurs thermiques à plaques en spirale</b> .....	33
<b>Bibliographie</b> .....	42

## 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 12211 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 12211:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a446f5cb-d1d1-4078-a005-68b27f5a22f1/iso-12211-2012>

## 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 12211:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a446f5cb-d1d1-4078-a005-68b27f5a22f1/iso-12211-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a446f5cb-d1d1-4078-a005-68b27f5a22f1/iso-12211-2012>

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 12211:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a446f5cb-d1d1-4078-a005-68b27f5a22f1/iso-12211-2012>

# Industries du pétrole, de la pétrochimie et du gaz naturel — Échangeurs thermiques à plaques en spirale

## 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 à plaques en spirale utilisés dans les industries du pétrole, de la pétrochimie et du gaz naturel.

Elle est applicable aux échangeurs thermiques à plaques en spirale autonomes, ainsi qu'aux échangeurs associés à un récipient sous pression.

## 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, pétrochimiques et du gaz naturel — Matériaux pour utilisation dans des environnements contenant de l'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) dans la production de pétrole et de gaz*

NACE MR0103<sup>1)</sup>, *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*

## 3 Termes et définitions

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

### 3.1

#### **canaux alternés soudés (ACW)**

canaux dont les bords sont alternativement obturés par des soudures d'étanchéité de manière à rendre chaque chambre accessible en déposant le couvercle d'extrémité correspondant (côté chaud ou froid)

### 3.2

#### **noyau central**

chambre de distribution située au centre de l'échangeur en spirale

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

**3.3 canal**

passage en spirale formé par des bandes métalliques enroulées autour d'un noyau central à l'intérieur d'une calandre extérieure

**3.4 obturation de canal**

configuration permettant d'étanchéifier le bord de la plaque en spirale interne

**3.5 longueur de plaque en spirale  
longueur de passage en spirale**

longueur de la ou des bandes dans la direction des spirales, correspondant à la longueur de chaque passage en spirale

**3.6 espacement des canaux**

distance ou espace entre les plaques en spirale adjacentes

**3.7 largeur de canal  
largeur de plaque en spirale**

largeur de la bande ou plaque à partir de laquelle le corps en spirale est enroulé

**3.8 boulonnerie de serrage**

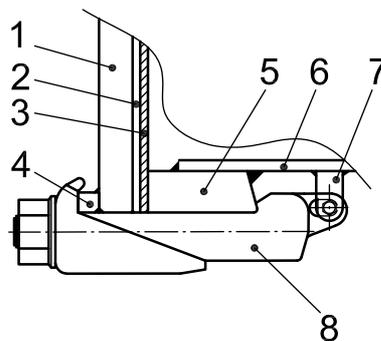
boulonnerie périphérique de type boulon-crochet servant à sceller le couvercle d'extrémité sur l'anneau de bride

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

NOTE 1 La boulonnerie des brides et les couvercles peuvent également être conçus avec des goujons filetés et des écrous doubles.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a446f5cb-d1d1-4078-a005-68b27f5a22f1/iso-12211-2012>

NOTE 2 Voir Figure 1.



**Légende**

- |   |   |   |                   |
|---|---|---|-------------------|
| 1 | couvercle d'extrémité                                 | 5 | anneau de bride   |
| 2 | chemisage (pour l'acier inoxydable ou plus résistant) | 6 | corps en spirale  |
| 3 | joint plat à face pleine                              | 7 | étrier en U       |
| 4 | bague de couvercle                                    | 8 | boulon de serrage |

**Figure 1 — Boulonnerie de serrage de couvercle**

**3.9 bague de couvercle**

anneau métallique soudé ou incorporé dans la face extérieure du couvercle d'extrémité et servant à en retenir (agripper) la partie de serrage

**3.10****fonctionnement cyclique**

opération au cours de laquelle la température, la pression et/ou le débit varie de manière périodique

**3.11****distributeur****poche**

collecteur semi-cylindrique soudé sur la calandre extérieure pour permettre l'entrée ou la sortie du fluide du corps en spirale par les tubulures correspondantes de la calandre

**3.12****couvercle d'extrémité**

couvercle d'étanchéité enfermant les fluides dans leurs chambres respectives et empêchant toute fuite externe

**3.13****orientation de l'échangeur**

orientation de l'axe cylindrique (noyau central) de l'échangeur thermique à plaque en spirale

**3.14****surface d'échange thermique**

aire de surface d'un côté de la plaque en spirale qui est en contact avec des fluides chauds et froids

NOTE 1 Si le canal est formé par plusieurs plaques, l'aire totale des plaques en spirale est alors utilisée pour former le corps en spirale. Cette aire est égale à la largeur de canal multipliée par la longueur de bande multipliée par le nombre de bandes.

NOTE 2 Les aires de la plaque de la calandre extérieure et des goujons d'écartement ne sont pas incluses.

**3.15****utilisation en présence d'hydrogène**

utilisation dans un environnement contenant de l'hydrogène à une pression partielle absolue supérieure à 700 kPa (100 psi)

**3.16****code article**

numéro défini par l'acheteur, identifiant l'échangeur thermique à plaque en spirale

**3.17****température minimale de calcul du métal**

température de métal la plus basse à laquelle les éléments sous pression peuvent être soumis à la pression de calcul

EXEMPLE Température ambiante minimale ou température minimale du fluide process.

**3.18****calandre extérieure**

plaque la plus à l'extérieur soudée sur les plaques internes en spirale et servant de limite de pression pour le corps en spirale

**3.19****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).

**3.20**

**anneau de bride  
anneau d'étanchéité**

bague métallique pleine soudée à chaque extrémité du corps en spirale pour créer la surface d'étanchéité de la garniture, conçue pour comprimer le couvercle et la garniture contre le corps en spirale à l'aide de boulons

**3.21**

**goujon d'écartement**

goujon soudé sur une plaque en spirale et servant à maintenir l'espacement des canaux

**3.22**

**plaque en spirale**

tôle(s) métallique(s) enroulée(s) autour d'un noyau central formant un passage en spirale

**3.23**

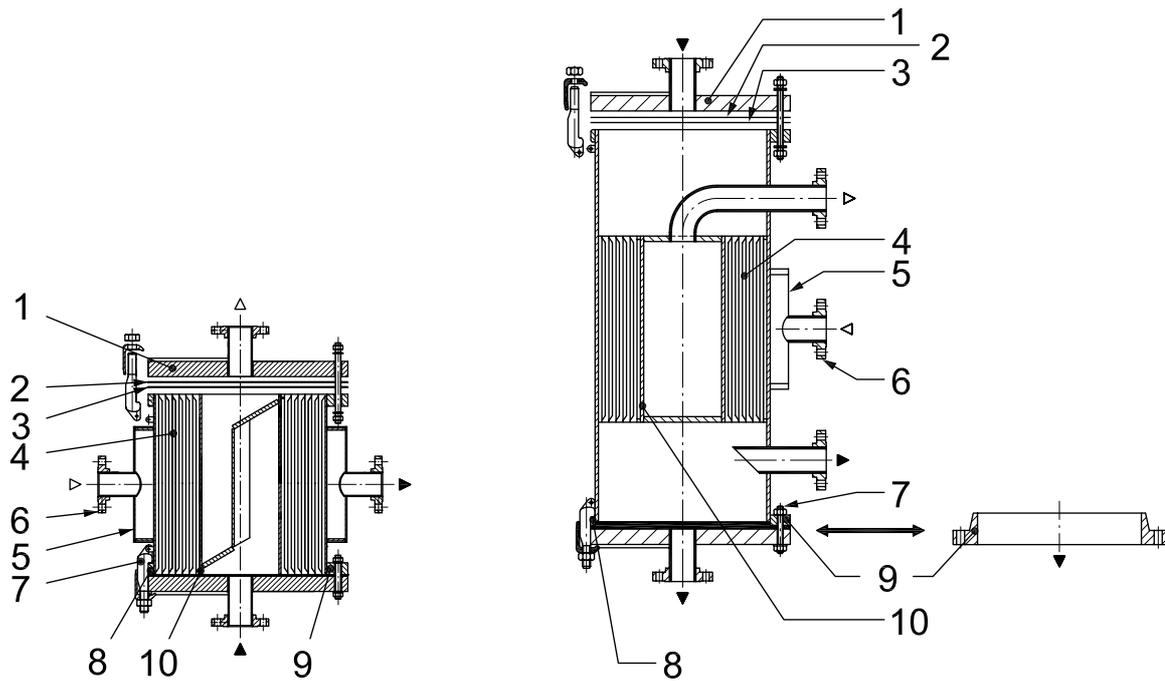
**code de soudage de structure**

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

## 4 Généralités

- **4.1** Le code de conception des appareils à pression doit être spécifié ou approuvé par l'acheteur. Les pièces sous pression doivent être conformes à ce code ainsi qu'aux exigences supplémentaires de la présente Norme internationale.
- **4.2** Le vendeur doit se conformer à la réglementation locale applicable spécifiée par l'acheteur.
- 4.3** Les pièces types d'un échangeur thermique en spirale sont représentées à la Figure 2.
- 4.4** L'Annexe A donnée, pour information, inclut certains détails de conception et certaines caractéristiques mécaniques recommandés.
- 4.5** 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.
- **4.6** L'acheteur doit préciser si l'échangeur est destiné à fonctionner en milieu acide conformément à l'ISO 15156 (toutes les parties) 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).



a) Écoulement en spirale des deux côtés

b) Écoulement transversal en spirale

## Légende

1	couverture d'extrémité central	4	plaque en spirale	7	boulonnerie du couvercle	10	noyau
2	chemise du couvercle	5	distributeur	8	anneau de bride		
3	garniture d'étanchéité du couvercle d'extrémité	6	bride de tubulure	9	bride de calandre		

Figure 2 — Pièces types des échangeurs thermiques à plaques en spirale

## 5 Informations requises dans la proposition

**5.1** La proposition du vendeur doit inclure, pour chaque module d'échangeur thermique, les 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 inclure une description détaillée de toutes les exceptions aux exigences spécifiées dans la demande de renseignements de l'acheteur.

**5.4** La proposition doit inclure un plan indiquant les principales dimensions en vue de dessus et en élévation, incluant les tailles des tubulures et leurs orientations, celles des tubulures d'évent et de vidange, ainsi que la masse approximative de l'échangeur rempli d'eau.

**5.5** La proposition du vendeur doit détailler la construction de l'obturation des canaux.

**5.6** La proposition du vendeur doit spécifier le type de supports.

**5.7** Le vendeur doit fournir la liste des pièces de rechange recommandées pour chaque échangeur thermique à plaque en spirale.

## 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 de calcul, la température minimale de calcul du métal pour les deux côtés 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 pour les côtés chaud et froid;
- d) les spécifications relatives aux matériaux et les nuances pour toutes les pièces;
- e) lorsque l'échangeur thermique est associé à un récipient sous pression ou est installé sur un tel récipient, toutes les dimensions des pièces appariées, tous les détails de préparation de la soudure, y compris les raccords au noyau central et les dimensions des brides, de la boulonnerie et des garnitures d'étanchéité;
- f) les dimensions, emplacements, orientations, bossages et sens d'écoulement des raccords, ainsi que leurs classe et surfaçage si ces raccords sont munis de brides;
- g) les dimensions, classes et orientations des accouplements;
- h) les dimensions, orientations et emplacements des supports, y compris les trous et les fentes pour boulons;
- i) les dimensions hors tout de l'échangeur thermique;
- j) les détails de l'échangeur thermique, incluant l'épaisseur de la calandre extérieure, la largeur de canal, le type de noyau central, l'espacement des canaux et le type d'obturation des canaux (côtés chaud et froid), l'épaisseur de la plaque de canal (côtés chaud et froid), le diamètre et la disposition des goujons d'écartement, les dimensions du couvercle d'extrémité, les dimensions des brides de calandre, les dimensions des distributeurs, les détails concernant la boulonnerie du couvercle, l'encombrement requis pour les pièces amovibles;
- k) la masse de l'échangeur thermique, vide et rempli d'eau, et des pièces démontables de masse supérieure à 25 kg (60 lb), par exemple, des couvercles d'extrémité;
- l) les forces et moments maximaux admis pouvant être appliqués à chaque raccord;
- m) la surépaisseur de corrosion spécifiée pour chaque côté de l'échangeur thermique;
- n) des références au code applicable, aux normes et à la spécification de l'acheteur;
- o) les exigences relatives au traitement thermique après soudage;
- p) les exigences concernant les essais de dureté;
- q) les exigences relatives au contrôle non destructif (CND);
- r) les exigences concernant les essais de résilience des matériaux;
- s) les exigences de préparation de surface et de mise en peinture;
- t) les matières des joints;

- u) l'épaisseur d'isolation;
- v) l'emplacement et l'orientation des plaques constructeur, oreilles de levage, pinces de mise à la terre ou d'autres dispositifs de fixation;
- w) l'emplacement du centre de gravité de l'échangeur vide. Pour les échangeurs équipés de couvercles articulés, le centre de gravité doit être indiqué lorsque l'un des couvercles est ouvert, ou les deux.

**6.1.2** L'examen de la documentation technique par l'acheteur ne doit pas décharger le vendeur de sa responsabilité de se conformer aux exigences de la commande.

## 6.2 Informations exigées après examen des plans d'ensemble

**6.2.1** Les garnitures d'étanchéité doivent être détaillées, y compris leurs type et matériau. Les assemblages à joints doivent être détaillés (voir 7.8.2). Ces informations ne doivent pas comporter de restrictions relatives à l'utilisation.

**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 indiquant toutes les dimensions et tous les matériaux nécessaires aux calculs de conception mécanique de chaque pièce;
- b) les détails de chaque soudure sous pression, y compris son matériau, son épaisseur nominale et son emplacement, ainsi que la méthode de contrôle non destructif applicable;
- c) pour les appendices non soumis à la pression, les détails et l'épaisseur nominale de chaque soudure;
- d) les listes complètes des pièces, y compris leur spécification;
- e) les détails des placages et des recouvrements de soudure;
- f) la finition des faces de brides;
- g) les instructions d'installation, d'utilisation et d'entretien (manuel), incluant le levage et la manutention.

- **6.2.3** Si l'acheteur l'a spécifié, le vendeur doit lui procurer un exemplaire des spécifications concernant les descriptifs des modes opératoires de soudage applicables et un exemplaire des qualifications des modes opératoires ainsi qu'un schéma/une cartographie des soudures réalisées pour examen ou enregistrement.

**6.2.4** 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) pour tous les aciers au carbone qui sont en contact avec le fluide process doit être délivré à l'acheteur pour qu'il l'examine.

- **6.2.5** Si l'acheteur l'a spécifié, le vendeur doit fournir à l'acheteur, pour examen ou enregistrement, la documentation suivante:

- a) les calculs de conception mécanique pour toutes les pièces de l'échangeur thermique soumis à la pression. 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 doivent être fournies;
- b) les calculs mécaniques relatifs à la déformation des couvercles d'extrémité doivent être fournis;

- c) 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;
  - d) les procédures envisagées et les outils recommandés pour l'assemblage des raccords à brides, si des procédures de contrôle du serrage des boulons sont prévues (par exemple, au moyen de clés dynamométriques hydrauliques ou de dispositifs hydrauliques de mise sous tension), tout lubrifiant éventuellement nécessaire devant être indiqué;
  - e) les calculs de conception des charges imposées aux tubulures des échangeurs thermiques fixés sur un récipient vertical.
- **6.2.6** Si l'acheteur le spécifie, le vendeur doit lui soumettre les calculs de conception relatifs aux supports et aux dispositifs de levage.
- 6.2.7** Après examen final, le vendeur doit réviser tous les plans et modes opératoires de soudage requis et soumettre chacun d'entre eux en datant et en indiquant séparément sur chaque feuille la mention suivante: «CERTIFIÉ POUR CONSTRUCTION».

### 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 de détails, portant la mention «CERTIFIÉ 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 plaques de canal (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 les pièces de rechange, mentionnant pour chaque pièce, la quantité, la description, la spécification des matériaux et l'identification;
  - f) les diagrammes de température de tous les traitements thermiques 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 «CERTIFIÉ 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 et 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 enregistrements d'essai hydrostatique sous la forme d'un diagramme ou d'une certification.

## 7 Conception

### 7.1 Généralités

- **7.1.1** L'acheteur doit spécifier si l'un des flux est soumis à l'une des conditions suivantes: fonctionnement cyclique, caractéristiques de fluides imposant des considérations particulières (par exemple, bouillie, particules entraînées, autres types de mécanismes d'encrassement), fluctuations de température, de débit et/ou de pression.
 

**7.1.2** Si le fonctionnement cyclique est spécifié, l'acheteur doit indiquer le type et l'ampleur des variations de pression, température et débit, la durée de la variation (heures, semaines, etc.) et le nombre de cycles ou la fréquence de cette variation attendue au cours de la durée de vie de l'équipement. L'étendue et les critères de réception de toute analyse requise doivent être soumis à l'accord de l'acheteur. Voir A.3.1 pour des conseils concernant le fonctionnement cyclique.

**7.1.3** S'il est spécifié que les fluides contiennent des particules, l'acheteur doit spécifier le pourcentage de particules dans le fluide et leur distribution granulométrique afin de garantir que l'espacement des canaux choisi est correct.
- **7.1.4** L'acheteur doit spécifier si un nettoyage mécanique interne ou au jet d'eau (c'est-à-dire en introduisant une lance dans les canaux) est requis, auquel cas l'espacement minimal des canaux doit être de 10 mm (3/8 in) et les goujons doivent être alignés pour créer des couloirs de nettoyage.
 

**7.1.5** Il doit être possible en cours d'exploitation de mettre les points haut et bas de l'échangeur thermique à l'évent et de les vidanger.

**7.1.6** Le Paragraphe A.3.2 détaille les configurations adaptées aux échangeurs thermiques en spirale.

### 7.2 Températures de calcul

- **7.2.1** L'acheteur doit spécifier pour chaque côté la température de calcul et la température minimale de calcul du métal (MDMT).
- 7.2.2** La température de calcul d'une pièce (y compris la boulonnerie) soumise à l'influence de plusieurs fluides doit être la température de calcul la plus sévère.

### 7.3 Pression de calcul

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

### 7.4 Marge d'encrassement

- L'acheteur doit spécifier un pourcentage de marge d'encrassement,  $F$ , calculé à l'aide de l'Équation (1):

$$F = (U_{\text{propre}} / U_{\text{en service}} - 1) \times 100 \quad (1)$$

où  $U$  est le coefficient de transfert thermique (transmittance thermique totale).

Pour obtenir des conseils sur les marges d'encrassement, voir A.3.3.