



Norme
internationale

ISO 16904-2

**Installations et équipements de
gaz naturel liquéfié — Conception
et essais des systèmes de transfert
marins —**

**Partie 2:
Conception et essais des flexibles de
transfert**

*Installation and equipment for liquefied natural gas — Design
and testing of marine transfer systems —*

Part 2: Design and testing of transfer hoses

**Première édition
2024-01**

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

ISO 16904-2:2024

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/115a82b2-a1a8-46a7-9772-21e0614df87a/iso-16904-2-2024>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2024

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée 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 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes, définitions et abréviations	1
3.1 Termes et définitions	1
3.2 Abréviations	5
4 Catégories d'application et de qualification	5
4.1 Applications	5
4.2 Catégories de qualification	6
5 Description des conceptions types des flexibles de transfert de GNL et des accessoires	7
5.1 Généralités	7
5.2 Composants obligatoires	7
5.3 Composants facultatifs	7
5.4 Construction typique des flexibles de transfert de GNL	8
5.4.1 Catégories principales de tuyaux flexibles	8
5.4.2 Flexibles métalliques onduleux	8
5.4.3 Flexibles en thermoplastique multicouches (non vulcanisés) (flexibles composites)	10
5.4.4 Flexible à double paroi avec espace annulaire	11
6 Caractéristiques de conception des flexibles de transfert de GNL	12
6.1 Généralités	12
6.2 Paramètres de conception de la technologie de flexible de transfert	12
6.3 Paramètres de conception spécifiques au projet	13
6.3.1 Choix de la longueur du tuyau flexible	13
6.3.2 Durée de vie	13
6.3.3 Choix de la flottabilité et de la submersion	13
6.3.4 Choix de l'isolation	13
6.3.5 Choix de la protection extérieure	13
6.3.6 Choix de la détection des fuites	13
6.4 Détails des composants — Pièce d'extrémité	14
6.4.1 Généralités	14
6.4.2 Terminaison d'extrémité	14
6.4.3 Connecteur	15
6.4.4 Raidisseur/limiteur de courbure (facultatif)	15
6.5 Appareil de manipulation/levage de tuyaux flexibles	15
6.6 Systèmes de sécurité	15
6.6.1 Détection des fuites (facultative)	15
6.6.2 Exigences de sécurité au feu	16
6.6.3 Exigences de sécurité électrique	16
6.7 Raccordement au navire	16
6.8 Systèmes de commandes hydrauliques et électriques	16
7 Exigences de qualification	16
7.1 Avant-propos	16
7.2 Processus de qualification	17
7.2.1 Principe général	17
7.2.2 Exigences spécifiques de niveaux de qualification	17
7.2.3 Définition de la gamme de certification à partir d'un flexible soumis à essai	18
7.2.4 Extension et mise à jour de la certification	19
7.3 Essais de flexibles	19
7.3.1 Généralités	19
7.3.2 Essais de caractérisation des propriétés du tuyau	20
7.3.3 Essais de qualification avec critères d'acceptation	29

8	Contrôle et assurance de la qualité	38
8.1	Généralités	38
8.2	Choix des matériaux	38
8.3	Fabrication	38
8.3.1	Principes de fabrication	38
8.3.2	Traçabilité	39
8.3.3	Marquage	39
8.3.4	Emballage et protection	39
8.4	Essais de réception en usine	39
8.4.1	Généralités	39
8.4.2	Essais à réaliser sur tous les flexibles	40
9	Documentation	40
9.1	Lignes directrices d'achat	40
9.2	Documentation de conception, de qualification et de fabrication	40
9.3	Documentation finale/recueil des données de fabrication	40
9.4	Manuel d'utilisation	41
Annexe A (informative) Tableau de lignes directrices d'achat		42
Annexe B (informative) Lignes directrices relatives à un programme d'essai supplémentaire		44
Annexe C (Informative) Lignes directrices pour la sélection des catégories de qualification des flexibles (CQF)		52
Annexe D (informative) Considérations de surpression pour les tuyaux de GNL		55
Annexe E (informative) Tests de fuite de pression - justification du taux de perméabilité admissible autorisé et de la valeur de détection de fuite		56
Bibliographie		58

iteh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

ISO 16904-2:2024

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/115a82b2-a1a8-46a7-9772-21e0614df87a/iso-16904-2-2024>

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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'ISO attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'ISO ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'ISO n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse www.iso.org/brevets. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de propriété.

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir www.iso.org/avant-propos.

Ce document a été élaboré par le Comité européen de normalisation (CEN) (en tant que EN 1474-2:2020+AC:2023) et a été préparé selon les règles éditoriales. Il a été attribué au comité technique ISO/TC 67, *Industries du pétrole et du gaz, y compris les énergies à faible émission de carbone*, sous-comité SC 9, *Installations de production, de transport et de stockage des gaz liquéfiés cryogéniques*, et adopté sans modification.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Installations et équipements de gaz naturel liquéfié — Conception et essais des systèmes de transfert marins —

Partie 2: Conception et essais des flexibles de transfert

1 Domaine d'application

Ce document fournit des lignes directrices générales relatives à la conception, au choix des matériaux, à la qualification, à la certification et aux détails des essais concernant les flexibles destinés aux applications de transfert marin de Gaz Naturel Liquéfié (GNL).

Les flexibles de transfert font partie intégrante des systèmes de transfert (ce qui signifie qu'ils peuvent être équipés d'ERS, de QCDC, de systèmes de manutention, de composants hydrauliques et électriques, etc.). Afin d'éviter toute répétition inutile, les références à l'EN ISO 16904 et à l'EN 1474-3 sont valables pour tous les éléments compatibles, ainsi que pour les références, définitions et abréviations. Si des références, des définitions et des abréviations supplémentaires sont spécifiquement nécessaires pour les tuyaux flexibles de GNL, elles sont énumérées dans la présente Norme européenne.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

EN 1474-1:2008, *Installations et équipements de gaz naturel liquéfié — Conception et essais des systèmes de transfert marins — Partie 1 : Conception et essais des bras de chargement/déchargement*

EN 1474-3:2008, *Installations et équipements de gaz naturel liquéfié — Conception et essais des systèmes de transfert marins — Partie 3 : Systèmes de transfert offshore*

EN ISO 7369:2004, *Tuyauteries — Tuyaux et tuyauteries métalliques flexibles — Vocabulaire (ISO 7369:2004)*.

EN ISO 8330:2014, *Tuyaux et flexibles en caoutchouc et en plastique — Vocabulaire (ISO 8330:2014)*.

EN ISO 10012:2003, *Systèmes de management de la mesure - Exigences pour les processus et les équipements de mesure (ISO 10012:2003)*

EN ISO 10619-1:2018, *Tuyaux et tubes en caoutchouc et en plastique — Mesurage de la flexibilité et de la rigidité — Partie 1 : Essais de courbure à température ambiante (ISO 10619-1:2017)*.

EN ISO 16904:2016, *Industries du pétrole et du gaz naturel — Conception et essais des bras de transfert de GNL sur des terminaux terrestres conventionnels (ISO 16904:2016)*.

3 Termes, définitions et abréviations

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'EN ISO 7369:2004 et dans l'EN ISO 8330:2014 s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes :

- IEC Electropedia : disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/> ;
- ISO Online browsing platform : disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>.

3.1.1

espace annulaire

espace entre la couche intérieure de transport de fluide et une seconde couche pouvant être utilisée à des fins d'isolation et/ou de sécurité

3.1.2

couche d'armature

tresse de fils (voir tresse) ou feuillard de métal ou de plastique utilisé pour fournir une résistance à la pression et/ou une protection extérieure

3.1.3

rigidité axiale

capacité de résistance d'un flexible à la déformation en traction sous l'effet de l'application d'une force axiale

3.1.4

rigidité à la flexion

capacité de résistance à la déformation d'un tuyau flexible lorsqu'il est soumis à des charges de flexion à une tension, une pression et une température constantes

3.1.5

limiteur de courbure

dispositif destiné à limiter le rayon de courbure par des moyens mécaniques

Note 1 à l'article: Un limiteur de courbure se compose généralement d'une série d'anneaux à verrouillage, métalliques ou moulés, appliqués sur la surface extérieure.

3.1.6

raidisseur

élément auxiliaire de forme conique qui soutient localement le tuyau afin de maintenir les contraintes de flexion et la courbure du tuyau à des niveaux acceptables

Note 1 à l'article: Les raidisseurs peuvent être fixés soit à une pièce d'extrémité, soit à une structure portante par laquelle le tuyau flexible traverse le raidisseur.

3.1.7

gaz d'évaporation

BOG (de l'anglais « boil-off gas »)

évaporation naturelle du gaz naturel liquéfié due à la regazéification

3.1.8

essai d'éclatement

essai mené sur un échantillon de tuyau jusqu'à ce que celui-ci éclate sous l'effet de la pression interne

3.1.9

flottabilité

degré auquel le tuyau flexible a des capacités de flottabilité calculées conformément au [7.3.2.6](#)

3.1.10

connecteur

partie de la pièce d'extrémité utilisée pour assurer un raccordement structurel étanche entre la pièce d'extrémité et la tuyauterie adjacente

3.1.11

essai d'écrasement

application d'une charge verticale au moyen d'une poutre placée latéralement en travers du tuyau

3.1.12

double enveloppe

couches ou ensemble de couches assurant le confinement, et ainsi l'isolation de l'environnement, des structures, systèmes et composants dont la défaillance peut conduire à un rejet inacceptable de GNL

3.1.13

charge dynamique

configuration de flexible ou de tuyau soumise à des charges qui varient dans le temps ou dont les déformations ou les conditions aux limites varient dans le temps

3.1.14

système de déconnexion d'urgence

ERS

système permettant la déconnexion rapide active du système de transfert, tout en garantissant l'isolation nécessaire entre le méthanier et le système de transfert

Note 1 à l'article: L'ERS se compose d'un déconnecteur d'urgence (ERC) et de vannes d'isolement enclenchées qui se ferment automatiquement des deux côtés, contenant ainsi le GNL ou la vapeur dans les lignes de transfert (déconnexion à sec) et, le cas échéant, le système de commande associé.

3.1.15

terminaison d'extrémité

dispositif mécanique servant de transition entre le corps du tuyau flexible et le connecteur dont les différentes couches de tuyau se terminent dans la pièce d'extrémité de sorte à transférer la charge entre le flexible et le connecteur

3.1.16

pièce d'extrémité

assemblage d'un connecteur et d'une terminaison d'extrémité

3.1.17

déconnecteur d'urgence

ERC

dispositif permettant de déconnecter rapidement le système de transfert en cas d'urgence

3.1.18

résistance à la fatigue

nombre de cycles d'un caractère spécifique auquel une éprouvette résiste avant que survienne une défaillance de nature spécifiée

3.1.19

flexible

tuyau et ses raccords

3.1.20

essai de résistance au choc

essai permettant de déterminer la résistance au choc d'un matériau

3.1.21

système de détection des fuites

système capable de détecter une défaillance/fuite issue de la partie de transport de fluide du tuyau

3.1.22

gaz naturel liquéfié

GNL

gaz naturel qui a été refroidi et condensé sous forme liquide

3.1.23

énergie de résistance au choc maximale admissible

MAIE

énergie de résistance au choc maximale qui peut être appliquée à l'ensemble de flexible sans endommager de façon permanente la structure et les performances de l'ensemble de flexible

3.1.24

charge d'écrasement maximale admissible

MACL

charge d'écrasement maximale admissible qui peut être appliquée à l'ensemble de flexible sans endommager de façon permanente la structure et les performances de l'ensemble de flexible

3.1.25

pression de service maximale admissible

MAWP

pression maximale (manométrique) sur la totalité de la plage de température spécifiée à laquelle le tuyau peut être exposé et peut être utilisé

Note 1 à l'article: Elle est communément utilisée par les terminaux pour définir les possibilités de pression de leur système de cargaison (à savoir les réglages d'arrêt de la pompe ainsi que de hauteur statique ou de sécurité du système de cargaison.

Note 2 à l'article: Il n'est pas prévu que cette pression nominale tienne compte des surpressions dynamiques, mais elle inclue les variations de pression nominale pendant les opérations de transfert de la cargaison)

3.1.26

force de traction maximale

MWL

force de traction maximale admissible du flexible dans la direction axiale, appliquée aux embouts

3.1.27

rayon maximal de courbure

MBR

rayon minimal auquel le tuyau est conçu pour fonctionner

3.1.28

essai non destructif

ND

essai non destiné à provoquer un dommage permanent au flexible, de sorte que le tuyau puisse être utilisé lors d'essais ultérieurs ainsi que pour l'exploitation

3.1.29

exploitant

entité commerciale qui a le titre légal ou légitime sur l'actif destiné au transfert de GNL.

3.1.30

pression d'épreuve

pression à laquelle le tuyau est soumis à essai (c'est-à-dire au cours d'un essai de réception en usine) pour démontrer son intégrité structurelle lorsqu'il est soumis à une pression interne

Note 1 à l'article: Selon le Recueil IGC de l'OMI, cette pression d'épreuve à température ambiante ne doit être ni inférieure à $1,5 \times \text{MAWP}$, ni supérieure à deux cinquièmes de sa pression de rupture.

3.1.31

orifice de pompage

raccordement permettant de fixer une pompe à vide pour les tuyaux isolés sous vide

3.1.32

coupleur de connexion et de déconnexion rapide

QCDC

dispositif mécanique manuel ou hydraulique utilisé pour connecter un bras de chargement ou un tuyau à la traverse du navire sans utiliser de boulons

3.1.33

durée de vie

durée pendant laquelle le flexible satisfait à toutes les exigences de performance

3.1.34

charge statique

flexibles non exposés à des charges variant significativement de manière cyclique ou à des déformations dans des conditions normales d'exploitation

3.1.35

rayon de courbure de stockage

rayon minimum auquel l'ensemble de tuyaux est conçu pour être stocké ou manipulé. SBR peut être inférieur à MBR

3.1.36

super isolation

plusieurs feuilles hautement réfléchissantes destinées à réduire le transfert thermique par rayonnement dans le cadre d'un système d'isolation sous vide

3.1.37

certificat d'approbation de type

certificat émis par un organisme tiers indépendant (OTI) confirmant l'adéquation et les limites appropriées des méthodologies de conception du fabricant, des processus de fabrication et des matériaux

Note 1 à l'article: à l'article : Le nom de ce certificat peut différer selon l'OTI

3.1.38

inspection visuelle

examen des pièces et équipements visant à rechercher tout défaut visible de matériau et de fabrication

3.2 Abréviations

D	diamètre intérieur du flexible
FAT	essai de réception en usine (Factory Acceptance Test)
FSRU	unité flottante de stockage et de regazéification (Floating Storage Regasification Unit)
CQF	catégorie de qualification des flexibles
OTI	organisme tiers indépendant
L	longueur de la zone flexible du flexible
LNGC	méthanier (Liquefied Natural Gas Carrier)
MAAT	torsion appliquée maximale admissible (Maximum Allowable Applied Twist)

4 Catégories d'application et de qualification

4.1 Applications

Cette section décrit les principales applications qui utilisent les flexibles de transfert de GNL.

Au gré du développement de la technologie et de l'industrie, d'autres types d'applications peuvent envisager l'utilisation de flexibles de transfert de GNL et doivent être inclus dans la présente norme.

Liste d'applications (non exhaustive) :

- déchargement/chargement offshore de FLNG en tandem, flottant ou aérien ;
- transfert de navire à navire tel que le soutage de GNL, transfert d'un LNGC à une FSRU ;
- transfert de terre à navire, tel que le soutage de GNL ;

- transfert de navire à terre tel que le déchargement/chargement.

En fonction de l'application et de l'utilisation du flexible, différentes catégories de qualification de flexible sont requises. La principale différence réside dans les charges dynamiques sur le flexible. La section suivante présente les Catégories de Qualification des Flexibles (CQF).

NOTE Des lignes directrices à l'intention des exploitants concernant les applications et les CQF correspondantes sont disponibles dans l'[Annexe C](#). La sélection des CQF relève de la seule responsabilité de l'exploitant.

4.2 Catégories de qualification

Cette section établit des critères permettant de définir les catégories de qualification des flexibles pour les flexibles couverts par cette spécification. Les catégories de qualification des flexibles spécifiées ci-dessous définissent différentes exigences de vérification de conception conformément à la [Section 7.2.2](#).

Les exigences de catégories de qualification définissent la base de la qualification, mais sont indépendantes des données spécifiques à chaque projet (données Metocean, données de houle et de courant...). Au cours de la qualification pour un projet, la CQF requise doit être vérifiée par l'exploitant et / ou l'OTI.

L'exploitant / OTI peut exiger la mise en œuvre d'essais supplémentaires (de fatigue) afin de déterminer si le flexible proposé est « adapté à l'usage prévu » (Pour le test de fatigue par exemple, une attention particulière doit être accordée aux charges de flexion adjacentes aux terminaisons d'extrémité).

- Catégorie A de qualification des flexibles

Cette CQF est destinée à être utilisée pour les applications quasi statiques (c'est-à-dire les applications uniquement concernées par la manutention et/ou la fatigue thermique et par pression).

Cette catégorie comprend les exigences de performance applicables à tous les flexibles de transfert aériens, aux lignes de transfert couramment utilisées dans un environnement protégé pour une utilisation intermittente sans contact avec l'eau et avec des mouvements dynamiques très limités.

- Catégorie B de qualification des flexibles

Cette CQF est destinée à être utilisée dans des applications dynamiques concernées par la fatigue liée au transfert aérien y compris une fatigue importante en traction et en flexion (flexion, température et pression).

Cette catégorie comprend les exigences de performance applicables à tous les flexibles de transfert aérien et généralement applicables aux lignes utilisées dans le cadre d'un environnement exposé et/ou d'une utilisation permanente ainsi que dans des configurations en contact avec des structures flottantes permanentes.

- Catégorie C de qualification des flexibles

Cette CQF est destinée à être utilisée pour des applications dynamiques pour flexibles sous-marins ou flottants.

Les essais de qualification pour cette catégorie comprennent des essais représentatifs de contact avec l'eau, portant par exemple sur l'isolation, les propriétés d'étanchéité et les potentiels problèmes de raccordement permanent.

Le fabricant du flexible doit proposer une méthodologie d'évaluation de la fatigue à appliquer à chaque phase du projet afin de vérifier que le flexible est adapté à l'usage prévu pour l'application à laquelle il est destiné.

La méthodologie doit être validée par un OTI.

5 Description des conceptions types des flexibles de transfert de GNL et des accessoires

5.1 Généralités

Ce document traite des flexibles en tant que composant de bride à bride.

Cela signifie que toutes les déclarations et exigences concernant les flexibles doivent être prises en compte entre les deux extrémités des surfaces étanches pour le transport de fluide.

5.2 Composants obligatoires

Un flexible de transfert de GNL doit comprendre les éléments suivants :

- un tuyau flexible ;
- les pièces d'extrémité associées.

Les pièces d'extrémité du tuyau doivent permettre le montage d'un coupleur de connexion et de déconnexion rapide (QCDC) ou d'une manchette de raccordement ou permettre un raccordement direct au méthanier (LNGC), au terminal de GNL ou à un autre flexible.

NOTE L'EN ISO 16904 donne une description du QCDC, l'EN 1474-3 est indiquée comme référence pour le système de transfert.

Les pièces d'extrémité du tuyau doivent permettre le montage d'un système de déconnexion d'urgence (ERS) doté de vannes et d'un déconnecteur d'urgence (ERC).

(L'EN ISO 16904 et l'EN 1474-3 donnent une description du système de déconnexion d'urgence) ;

- des marques d'identification permanentes ;
- un ou des dispositifs de manipulation du tuyau (oreilles de levage, collier de levage...).

Le tuyau doit être équipé d'accessoires nécessaires à la manipulation, la connexion et la déconnexion sans danger, depuis le LNGC ou le système du terminal GNL à terre ou en mer comme requis par la conception du système conformément à l'EN 1474-3:2008.

5.3 Composants facultatifs

Un flexible de transfert de GNL peut comprendre les éléments suivants :

- un système de détection des fuites.

Si l'exploitant l'exige, le tuyau flexible doit incorporer un système de détection des fuites :

- un système d'isolation (pour réduire au minimum la formation de glace sur la surface extérieure) ;
- une ou plusieurs barrières étanches intermédiaires ;
- des raidisseurs ou limiteurs de courbure ;
- un système de flottaison ;
- des éléments de poids
- un équipement de soutien spécifique

Le tuyau peut supporter (par exemple, monté sur le tuyau) des tuyaux hydrauliques ou pneumatiques, des câbles électriques pour l'alimentation de l'ERS et des systèmes de QCDC conformément à l'EN ISO 16904:2016, Article 6.

5.4 Construction typique des flexibles de transfert de GNL

5.4.1 Catégories principales de tuyaux flexibles

Actuellement, les flexibles de transfert de GNL sont classés en trois catégories en fonction de leur méthode de construction :

- ceux basés sur une construction en tuyau métallique onduleux renforcé, appelée ci-après tuyau métallique onduleux ;
- ceux basés sur une construction dans laquelle des films et des tissus à base de polymère sont calés entre deux fils hélicoïdaux à spires serrées, appelée ci-après tuyau composite ;
- ceux basés sur une construction de flexible à double paroi avec un espace annulaire qui peuvent provenir de l'une des technologies susmentionnées ;
- avec les progrès de la technologie, d'autres types de tuyaux flexibles peuvent faire leur apparition ; le cas échéant, ils seront également à prendre en compte pour être couverts par la présente Norme européenne.

5.4.2 Flexibles métalliques onduleux

Un flexible métallique onduleux se compose d'une couche centrale constituée d'ondes en acier inoxydable et de plusieurs autres couches, métalliques ou non métalliques, qui renforcent la résistance mécanique du tuyau.

Dans l'ordre, en commençant par le diamètre intérieur, la construction habituelle est comme suit :

- a) une couche intérieure, constituée d'ondes en acier inoxydable (parfois appelées soufflets), construction parallèle ou hélicoïdale. Assure l'étanchéité intérieure de la structure et supporte la pression radiale ;
- b) des couches d'armature, en acier ou en textile, qui supportent les charges axiales et renforcent la résistance à la pression radiale intérieure ;
- c) facultativement, des couches d'isolation thermique qui assurent le maintien de la température interne tout en empêchant la formation de glace à l'extérieur du tuyau flexible ;
- d) facultativement, des couches extérieures, qui protègent le tuyau de tout endommagement mécanique extérieur. Ces couches peuvent être étanches, fournissant au tuyau une double enveloppe (avec un espace annulaire entre) et permettant ainsi la détection de toute fuite de GNL dès son apparition. En cas de fuite dans la couche intérieure, la couche extérieure peut être en mesure de supporter une certaine pression à une certaine température pendant une certaine durée.

La couche extérieure, si étanche, empêche toute pénétration d'eau et d'air de l'extérieur.

Le nombre, la disposition et l'ordre des couches des étapes b) à d) sont spécifiques à la taille et à l'application du tuyau et peuvent varier en fonction de la technologie de tuyau métallique.

La construction du flexible doit assurer que tous les matériaux sont utilisés dans leur plage de température spécifique.