



Norme  
internationale

**ISO 9809-4**

**Bouteilles à gaz — Conception,  
construction et essais des bouteilles  
à gaz et des tubes rechargeables en  
acier sans soudure —**

Partie 4:  
**Bouteilles en acier inoxydable ayant  
une valeur de  $R_m$  inférieure à 1 100  
MPa**

*Gas cylinders — Design, construction and testing of refillable  
seamless steel gas cylinders and tubes —*

*Part 4: Stainless steel cylinders with an  $R_m$  value of less than 1  
100 MPa*

**Troisième édition  
2026-02**

# Sample Document

get full document from [standards.iteh.ai](https://standards.iteh.ai)



## DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2026

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

Publié en Suisse

# Sommaire

Page

|                                                                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Avant-propos</b>                                                                                                      | <b>v</b>  |
| <b>Introduction</b>                                                                                                      | <b>vi</b> |
| <b>1 Domaine d'application</b>                                                                                           | <b>1</b>  |
| <b>2 Références normatives</b>                                                                                           | <b>1</b>  |
| <b>3 Termes et définitions</b>                                                                                           | <b>2</b>  |
| <b>4 Symboles</b>                                                                                                        | <b>3</b>  |
| <b>5 Contrôles et essais</b>                                                                                             | <b>4</b>  |
| <b>6 Matériaux</b>                                                                                                       | <b>4</b>  |
| 6.1 Exigences générales                                                                                                  | 4         |
| 6.2 Contrôles de la composition chimique                                                                                 | 5         |
| 6.3 Traitement thermique                                                                                                 | 5         |
| 6.4 Formage à froid ou cryoformage                                                                                       | 6         |
| 6.5 Non-respect des exigences relatives aux essais                                                                       | 6         |
| <b>7 Conception</b>                                                                                                      | <b>6</b>  |
| 7.1 Exigences générales                                                                                                  | 6         |
| 7.2 Conception de l'épaisseur de l'enveloppe cylindrique                                                                 | 6         |
| 7.3 Conception des extrémités convexes (ogives et fonds)                                                                 | 7         |
| 7.4 Conception des fonds concaves                                                                                        | 9         |
| 7.5 Conception du goulot                                                                                                 | 10        |
| 7.6 Frettes de pied                                                                                                      | 10        |
| 7.7 Collerettes                                                                                                          | 10        |
| 7.8 Plan de conception                                                                                                   | 11        |
| <b>8 Construction et exécution</b>                                                                                       | <b>11</b> |
| 8.1 Généralités                                                                                                          | 11        |
| 8.2 Épaisseur de la paroi                                                                                                | 11        |
| 8.3 Imperfections de surface                                                                                             | 11        |
| 8.4 Contrôle ultrasons                                                                                                   | 11        |
| 8.5 Ovalisation                                                                                                          | 12        |
| 8.6 Diamètre moyen                                                                                                       | 12        |
| 8.7 Rectitude                                                                                                            | 12        |
| 8.8 Verticalité et stabilité                                                                                             | 12        |
| 8.9 Filetage du goulot                                                                                                   | 13        |
| <b>9 Procédure d'approbation de type</b>                                                                                 | <b>13</b> |
| 9.1 Exigences générales                                                                                                  | 13        |
| 9.2 Essai de prototype                                                                                                   | 14        |
| 9.2.1 Exigences générales                                                                                                | 14        |
| 9.2.2 Essai de cyclage en pression                                                                                       | 15        |
| 9.2.3 Vérification du fond                                                                                               | 15        |
| 9.2.4 Essai de pliage et essai d'aplatissement                                                                           | 16        |
| 9.2.5 Essai de serrage pour filtrage conique uniquement                                                                  | 17        |
| 9.2.6 Calcul de la contrainte de cisaillement pour les filetages parallèles                                              | 17        |
| 9.3 Certificat d'approbation de type                                                                                     | 18        |
| 9.4 Essais d'approbation de type/de production spécifiques pour les bouteilles commandées en quantités inférieures à 200 | 18        |
| <b>10 Essais par lot</b>                                                                                                 | <b>19</b> |
| 10.1 Exigences générales                                                                                                 | 19        |
| 10.2 Essai de traction                                                                                                   | 20        |
| 10.3 Essai de résistance aux chocs                                                                                       | 21        |
| 10.4 Essai de rupture hydraulique                                                                                        | 23        |
| 10.4.1 Installation d'essai                                                                                              | 23        |
| 10.4.2 Conditions d'essai                                                                                                | 24        |

|                               |                                                                                                                                                                                              |           |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 10.4.3                        | Interprétation des résultats d'essai .....                                                                                                                                                   | 25        |
| 10.5                          | Essai de corrosion intergranulaire.....                                                                                                                                                      | 26        |
| <b>11</b>                     | <b>Essais/examens sur chaque bouteille .....</b>                                                                                                                                             | <b>26</b> |
| 11.1                          | Généralités .....                                                                                                                                                                            | 26        |
| 11.2                          | Essai hydraulique.....                                                                                                                                                                       | 27        |
| 11.2.1                        | Essai de résistance à la pression.....                                                                                                                                                       | 27        |
| 11.2.2                        | Essai d'expansion volumétrique.....                                                                                                                                                          | 27        |
| 11.3                          | Essai de dureté .....                                                                                                                                                                        | 27        |
| 11.4                          | Essai de fuites.....                                                                                                                                                                         | 27        |
| 11.5                          | Vérification de la contenance en eau.....                                                                                                                                                    | 28        |
| <b>12</b>                     | <b>Certification.....</b>                                                                                                                                                                    | <b>28</b> |
| <b>13</b>                     | <b>Marquage .....</b>                                                                                                                                                                        | <b>28</b> |
| <b>Annexe A</b> (normative)   | <b>Description et évaluation des imperfections de fabrication et des critères de rejet des bouteilles à gaz en acier sans soudure au moment de l'inspection finale par le fabricant.....</b> | <b>29</b> |
| <b>Annexe B</b> (normative)   | <b>Contrôles ultrasons.....</b>                                                                                                                                                              | <b>43</b> |
| <b>Annexe C</b> (informative) | <b>Exemple de certificat d'approbation de type .....</b>                                                                                                                                     | <b>49</b> |
| <b>Annexe D</b> (informative) | <b>Exemple de certification de réception.....</b>                                                                                                                                            | <b>50</b> |
| <b>Annexe E</b> (informative) | <b>Exemple de calcul de la résistance au cisaillement pour les filetages parallèles.....</b>                                                                                                 | <b>53</b> |
| <b>Bibliographie.....</b>     |                                                                                                                                                                                              | <b>55</b> |

# Sample Document

get full document from [standards.iteh.ai](https://standards.iteh.ai)

## 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](http://www.iso.org/directives)).

L'attention est attirée 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. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets)).

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](http://www.iso.org/avant-propos).

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 58, *Bouteilles à gaz*, sous-comité SC 3, *Construction des bouteilles*, en collaboration avec le comité technique CEN/TC 23, *Bouteilles à gaz transportables*, du Comité européen de normalisation (CEN), conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 9809-4:2021), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications sont les suivantes:

- modification de la définition en [3.8](#);
- modification de la [Formule 1](#) en [7.2](#);
- déplacement de l'essai de pliage et de l'essai d'aplatissement vers [l'Article 9](#) (essais de prototype);
- clarification du calcul de la contrainte de cisaillement pour les filetages parallèles;
- clarification de [9.4](#);
- mise à jour de la Bibliographie.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 9809 se trouve sur le site web de l'ISO.

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](http://www.iso.org/fr/members.html).

## Introduction

Le présent document fournit une spécification pour la conception, la construction, le contrôle et les essais d'une bouteille en acier inoxydable sans soudure. L'objectif est de parvenir à un équilibre entre les aspects liés à la conception et au rendement économique d'une part, et les exigences d'acceptabilité internationale et d'utilité universelle d'autre part.

L'ISO 9809 (toutes les parties) vise à éliminer les préoccupations concernant le climat, les contrôles redondants et les restrictions imposées du fait de l'absence de Normes internationales reconnues.

Le présent document a été élaboré de sorte à pouvoir être référencé dans le Règlement type des Nations Unies<sup>[1]</sup>.

Sample Document

get full document from [standards.iteh.ai](https://standards.iteh.ai)

# Bouteilles à gaz — Conception, construction et essais des bouteilles à gaz et des tubes rechargeables en acier sans soudure —

## Partie 4:

## Bouteilles en acier inoxydable ayant une valeur de $R_m$ inférieure à 1 100 MPa

### 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les exigences minimales concernant le matériau, la conception, la construction et la mise en œuvre, les procédés de fabrication, les examens et les essais au moment de la fabrication des bouteilles à gaz rechargeables en acier sans soudure d'une contenance en eau inférieure ou égale à 150 l.

Il s'applique aux bouteilles pour les gaz comprimés, liquéfiés et dissous ayant une résistance à la traction réelle,  $R_{ma}$ , maximale inférieure à 1 100 MPa.

NOTE Si cela est souhaité, les bouteilles d'une contenance en eau comprise entre 150 l et 450 l peuvent être fabriquées conformément au présent document.

### 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).

ISO 148-1, *Matériaux métalliques — Essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy — Partie 1: Méthode d'essai*

ISO 3651-2, *Détermination de la résistance à la corrosion intergranulaire des aciers inoxydables — Partie 2: Aciers ferritiques, austénitiques et austéno-ferritiques (duplex) — Essais de corrosion en milieux contenant de l'acide sulfurique*

ISO 6506-1, *Matériaux métalliques — Essai de dureté Brinell — Partie 1: Méthode d'essai*

ISO 6508-1, *Matériaux métalliques — Essai de dureté Rockwell — Partie 1: Méthode d'essai*

ISO 6892-1, *Matériaux métalliques — Essai de traction — Partie 1: Méthode d'essai à température ambiante*

ISO 9328-1, *Produits plats en acier pour service sous pression — Conditions techniques de livraison — Partie 1: Exigences générales*

ISO 9329-4, *Tubes sans soudure en acier pour service sous pression — Conditions techniques de livraison — Partie 4: Aciers inoxydables austénitiques*

ISO 9712, *Essais non destructifs — Qualification et certification du personnel END*

ISO 10286, *Bouteilles à gaz — Vocabulaire*

ISO 13341, *Bouteilles à gaz — Montage des robinets sur les bouteilles à gaz*

ISO 13769, *Bouteilles à gaz — Marquage*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'ISO 10286 ainsi que les suivants 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:

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

#### 3.1

##### **lot**

quantité pouvant atteindre 200 bouteilles, plus celles nécessaires aux essais destructifs, de même diamètre nominal, de même épaisseur, de même longueur et de même conception, fabriquées de manière consécutive sur une même installation à partir de la même coulée d'acier et ayant subi le même traitement thermique pendant la même durée

#### 3.2

##### **pression de rupture**

$p_b$

pression la plus haute atteinte dans une bouteille lors d'un essai de rupture

#### 3.3

##### **formage à froid**

procédé dans lequel la bouteille est soumise à une pression supérieure à la *pression d'épreuve* (3.11) de la bouteille afin d'accroître la *limite d'élasticité* (3.12) de l'acier

#### 3.4

##### **cryoformage**

procédé selon lequel la bouteille est soumise à un traitement de déformation contrôlé à basse température afin d'augmenter sa résistance de façon permanente

#### 3.5

##### **facteur de contrainte théorique**

$F$

rapport de la contrainte équivalente de paroi à la *pression d'épreuve*,  $p_{tr}$  (3.11) à la contrainte minimale d'élasticité garantie,  $R_{eg}$

#### 3.6

##### **trempe**

traitement thermique de durcissement au cours duquel une bouteille qui a été portée à une température uniforme est refroidie rapidement dans un milieu adapté

#### 3.7

##### **rejeter**

mettre une bouteille de côté (niveau 2 ou 3) et refuser sa mise en service

#### 3.8

##### **rendu inutilisable**

résultat du traitement d'un équipement visant à rendre sa mise en service impossible

Note 1 à l'article: Des exemples de méthodes acceptables pour rendre les bouteilles inutilisables peuvent être trouvés dans l'ISO 18119.

#### 3.9

##### **réparer**

ramener l'état d'une bouteille rejetée au niveau 1

### 3.10 revenu

traitement thermique d'adoucissement qui suit la *trempe* (3.6), au cours duquel une bouteille est portée à une température uniforme inférieure à celle du point critique inférieur ( $A_{c1}$ ) de l'acier

### 3.11 pression d'épreuve

$p_h$   
pression requise appliquée pendant un essai de pression

Note 1 à l'article: La pression d'épreuve est utilisée pour le calcul de l'épaisseur de la paroi de la bouteille.

### 3.12 limite d'élasticité

valeur correspondant à la limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 %, ou, pour les aciers austénitiques à l'état recuit de mise en solution, à la limite conventionnelle d'élasticité à 1 %

### 3.13 pression de service

pression établie d'un gaz comprimé à une température de référence uniforme de 15 °C dans une bouteille à gaz pleine

## 4 Symboles

|       |                                                                                                                                                                                                                         |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $A$   | allongement après rupture, exprimé en pourcentage                                                                                                                                                                       |
| $a$   | épaisseur minimale calculée de l'enveloppe cylindrique, exprimée en millimètres                                                                                                                                         |
| $a'$  | épaisseur minimale garantie de l'enveloppe cylindrique, exprimée en millimètres                                                                                                                                         |
| $a_1$ | épaisseur minimale garantie d'un fond concave à la jointure, exprimée en millimètres (voir <a href="#">Figure 2</a> )                                                                                                   |
| $a_2$ | épaisseur minimale garantie au centre d'un fond concave, exprimée en millimètres (voir <a href="#">Figure 2</a> )                                                                                                       |
| $b$   | épaisseur minimale garantie au centre d'un fond convexe, exprimée en millimètres (voir <a href="#">Figure 1</a> )                                                                                                       |
| $c_1$ | écart maximal autorisé du profil de rupture pour les bouteilles trempées et revenues, exprimé en millimètres (voir <a href="#">Figure 11</a> )                                                                          |
| $c_2$ | écart maximal autorisé du profil de rupture pour les bouteilles cryoformées ou en recuit de mise en solution ayant une épaisseur de paroi inférieure à 7,5 mm, exprimé en millimètres (voir <a href="#">Figure 12</a> ) |
| $D$   | diamètre nominal extérieur de la bouteille, exprimé en millimètres (voir <a href="#">Figure 1</a> )                                                                                                                     |
| $D_f$ | diamètre du mandrin, exprimé en millimètres (voir <a href="#">Figure 6</a> )                                                                                                                                            |
| $F$   | facteur de contrainte théorique (variable)                                                                                                                                                                              |
| $H$   | hauteur extérieure de la partie bombée (ogive ou fond convexe), exprimée en millimètres (voir <a href="#">Figure 1</a> )                                                                                                |
| $h$   | profondeur extérieure (fond concave), exprimée en millimètres (voir <a href="#">Figure 2</a> )                                                                                                                          |
| $L_0$ | longueur initiale entre repères comme définie dans l'ISO 6892-1, exprimée en millimètres (voir <a href="#">Figure 5</a> )                                                                                               |
| $l$   | longueur totale de la bouteille, exprimée en millimètres (voir <a href="#">Figure 3</a> )                                                                                                                               |
| $n$   | rapport du diamètre du mandrin utilisé pour l'essai de pliage à l'épaisseur réelle de l'éprouvette, $t$                                                                                                                 |
| $p_b$ | pression de rupture réelle, exprimée en bars, au-dessus de la pression atmosphérique                                                                                                                                    |

NOTE 1 bar =  $10^5$  Pa = 0,1 MPa.

|          |                                                                                                                                                                          |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $p_h$    | pression d'épreuve hydraulique, exprimée en bars, au-dessus de la pression atmosphérique                                                                                 |
| $p_y$    | pression à la limite élastique observée pendant l'essai de rupture hydraulique, exprimée en bars, au-dessus de la pression atmosphérique                                 |
| $r$      | rayon de raccordement interne, exprimé en millimètres (voir <a href="#">Figures 1</a> et <a href="#">2</a> )                                                             |
| $R_{ea}$ | valeur réelle de la limite d'élasticité déterminée par l'essai de résistance à la traction, exprimée en mégapascals (voir <a href="#">10.2</a> )                         |
| $R_{eg}$ | valeur minimale garantie de la limite d'élasticité (voir <a href="#">7.1.1</a> ) pour la bouteille finie, exprimée en mégapascals                                        |
| $R_{ma}$ | valeur réelle de la résistance à la traction déterminée par l'essai de résistance à la traction, exprimée en mégapascals (voir <a href="#">10.2</a> )                    |
| $R_{mg}$ | valeur minimale garantie de la résistance à la traction pour la bouteille finie, exprimée en mégapascals                                                                 |
| $S_0$    | section initiale de l'éprouvette de traction conformément à l'ISO 6892-1, exprimée en millimètres carrés                                                                 |
| $t$      | épaisseur réelle de l'éprouvette, exprimée en millimètres                                                                                                                |
| $t_m$    | épaisseur moyenne de la paroi d'une bouteille dans la zone de l'essai d'aplatissement, exprimée en millimètres                                                           |
| $u$      | rapport de la distance entre les bords du couteau ou des plateaux pour l'essai d'aplatissement à l'épaisseur moyenne de la paroi de la bouteille dans la zone de l'essai |
| $V$      | contenance en eau de la bouteille, en litres                                                                                                                             |
| $w$      | largeur de l'éprouvette de traction, en millimètres (voir <a href="#">Figure 5</a> )                                                                                     |

## 5 Contrôles et essais

Pour l'évaluation de la conformité au présent document, les utilisateurs doivent connaître la réglementation applicable dans le pays concerné.

Afin de s'assurer que les bouteilles sont conformes au présent document, elles doivent être soumises à des contrôles et essais conformément aux [Articles 9](#), [10](#) et [11](#).

Les essais et examens visant à démontrer la conformité au présent document doivent être effectués à l'aide d'instruments étalonnés avant leur mise en service et réalisés selon un programme établi.

## 6 Matériaux

### 6.1 Exigences générales

**6.1.1** Les matériaux utilisés pour la fabrication des bouteilles à gaz doivent faire partie de l'une des catégories suivantes:

- a) aciers pour bouteilles reconnus au plan international;
- b) aciers pour bouteilles reconnus au plan national;
- c) nouvelles catégories d'acier pour bouteilles, résultant de progrès techniques.

Toutes ces catégories doivent respecter les conditions pertinentes énoncées en [6.2](#) et [6.3](#).

**6.1.2** Le traitement à chaud des aciers inoxydables austénitiques et duplex entraîne un risque de sensibilisation à la corrosion intergranulaire (par exemple, appauvrissement en chrome au joint de grains). Un essai de corrosion intergranulaire doit être réalisé pour ces matériaux conformément à 10.6.

**6.1.3** Le fabricant de bouteilles doit établir des moyens permettant d'identifier les bouteilles avec les coulées d'acier à partir desquelles elles ont été fabriquées.

**6.1.4** Les nuances d'acier utilisées pour la fabrication des bouteilles doivent être compatibles avec le gaz prévu en service, par exemple, gaz corrosifs et gaz fragilisants (voir l'ISO 11114-1).

**6.1.5** Certaines nuances d'acier inoxydable peuvent être sensibles au phénomène de corrosion sous contrainte lié à l'environnement. Des précautions particulières, telles qu'un revêtement approprié, doivent être prises dans ces cas.

**6.1.6** Certaines nuances d'acier inoxydable peuvent être sensibles à une transformation de phase à basse température conduisant à un alliage fragile. Des précautions particulières doivent être prises dans ces cas, c'est-à-dire ne pas utiliser la bouteille à une température inférieure à la température minimale acceptable.

## **6.2 Contrôles de la composition chimique**

**6.2.1** Les quatre grandes catégories d'aciers inoxydables sont les suivantes:

- ferritique;
- martensitique;
- austénitique;
- austéno-ferritique (duplex).

Les aciers reconnus sont listés dans l'ISO 15510. D'autres nuances d'acier inoxydable peuvent également être utilisées sous réserve qu'elles satisfassent à toutes les exigences du présent document.

**6.2.2** Le fabricant de bouteilles doit obtenir et tenir à disposition les certificats d'analyses (thermiques) de coulée des aciers fournis pour la fabrication des bouteilles à gaz.

Si des vérifications sont exigées, elles doivent être réalisées soit sur des échantillons prélevés pendant la fabrication sur le matériau tel que fourni par l'aciériste au fabricant de bouteilles, soit sur des bouteilles finies. Dans toute analyse de vérification, les écarts maximaux admis par rapport aux limites spécifiées pour les analyses de coulée doivent être conformes aux valeurs indiquées dans l'ISO 9329-4.

## **6.3 Traitement thermique**

**6.3.1** Le fabricant de bouteilles doit certifier le traitement thermique appliqué aux bouteilles finies.

**6.3.2** Les bouteilles finies fabriquées à partir des catégories d'acier ferritique ou martensitique doivent être trempées et revenues, sauf si elles sont formées à froid (voir [6.4](#)).

**6.3.3** Pour les aciers ferritiques et martensitiques, le procédé de traitement thermique doit permettre d'obtenir les propriétés mécaniques requises.

**6.3.4** La température réelle appliquée à un type d'acier pour obtenir une résistance à la traction donnée ne doit pas s'écarter de plus de 30 °C de celle spécifiée par le fabricant de bouteilles.

## 6.4 Formage à froid ou cryoformage

Le formage à froid ou cryoformage est utilisé pour améliorer les propriétés mécaniques finies de certains matériaux en acier inoxydable.

Pour les bouteilles soumises au formage à froid ou au processus de cryoformage, toutes les exigences de traitement thermique se réfèrent aux opérations de préformage de la bouteille. Les bouteilles formées à froid ou cryoformées ne doivent être soumises à aucun traitement thermique ultérieur.

## 6.5 Non-respect des exigences relatives aux essais

En cas de non-respect des exigences relatives aux essais, un contre-essai ou un nouveau traitement thermique suivi d'un nouvel essai doivent être effectués de la manière suivante à la satisfaction de l'inspecteur.

- a) lorsqu'il est prouvé qu'une erreur a été commise dans l'exécution de l'essai, ou dans le cas d'une erreur de mesure, un nouvel essai doit être effectué. Si ce dernier est satisfaisant, le premier essai doit être ignoré;
- b) si l'essai a été réalisé de façon satisfaisante, la cause de la non-conformité de l'essai doit être identifiée:
  - 1) si la non-conformité est due au traitement thermique appliqué, le fabricant peut soumettre toutes les bouteilles non conformes à un seul nouveau traitement thermique. Par exemple, si la non-conformité concerne un essai de bouteilles d'un lot ou de prototypes, toutes les bouteilles représentatives doivent faire l'objet d'un nouveau traitement thermique avant le contre-essai. Ce nouveau traitement thermique doit consister en un nouveau revenu ou un nouveau traitement thermique total. Lorsque les bouteilles sont soumises à un nouveau traitement thermique, l'épaisseur minimale garantie de la paroi doit être conservée. Seuls les essais applicables à un prototype ou à un lot doivent être réalisés une nouvelle fois pour prouver la conformité du nouveau lot. Si un ou plusieurs d'entre eux ne sont pas satisfaisants, même partiellement, toutes les bouteilles du lot doivent être refusées;
  - 2) si la non-conformité porte sur autre chose que le traitement thermique appliqué, toutes les bouteilles défectueuses doivent être refusées ou réparées par une méthode approuvée. Si les bouteilles réparées satisfont à l'essai ou aux essais requis pour la réparation, elles doivent ensuite être considérées comme faisant partie du lot d'origine.

# 7 Conception

## 7.1 Exigences générales

**7.1.1** Le calcul de l'épaisseur de la paroi des parties soumises à des pressions doit prendre en compte la valeur minimale garantie de la limite d'élasticité,  $R_{eg}$ , du matériau de la bouteille finie.

**7.1.2** Les bouteilles doivent être conçues avec une ou deux ouvertures le long de l'axe central de la bouteille uniquement.

**7.1.3** La pression interne, sur laquelle est basé le calcul de l'épaisseur de paroi, doit être la pression d'épreuve hydraulique  $p_h$ .

## 7.2 Conception de l'épaisseur de l'enveloppe cylindrique

L'épaisseur minimale garantie de l'enveloppe cylindrique,  $a'$ , ne doit pas être inférieure à l'épaisseur calculée à l'aide des [Formules \(1\)](#) et [\(2\)](#), et la [Formule \(3\)](#) doit en outre être satisfaite:

$$a = \frac{D}{2} \left( 1 - \sqrt{\frac{10FR_{eg} - \sqrt{3}p_h}{10FR_{eg}}} \right) \quad (1)$$

où

- $a$  est l'épaisseur minimale calculée de l'enveloppe cylindrique, exprimée en millimètres;  
 $D$  est le diamètre nominal extérieur de la bouteille, exprimé en millimètres;  
 $R_{eg}$  est la valeur minimale garantie de la limite d'élasticité (voir 7.1.1) pour la bouteille finie, exprimée en mégapascals;  
 $p_h$  est la pression d'épreuve hydraulique, exprimée en bars, au-dessus de la pression atmosphérique.

F (facteur de contrainte théorique) correspond à la valeur la plus faible entre  $\frac{0,65}{R_{eg} / R_{mg}}$  et 0,85.

$\frac{R_{eg}}{R_{mg}}$  ne doit pas dépasser 0,90.

$R_{mg}$  est la valeur minimale garantie de la résistance à la traction pour la bouteille finie, exprimée en mégapascals.

L'épaisseur de la paroi doit également satisfaire à la [Formule \(2\)](#):

$$a \geq \frac{D}{250} + 1 \quad (2)$$

avec un minimum absolu de  $a = 1,5$  mm.

Le rapport de rupture doit être satisfait par essai selon la [Formule \(3\)](#):

$$p_b/p_h \geq 1,6 \quad (3)$$

NOTE Il est généralement admis que, pour les gaz comprimés,  $p_h = 1,5$  fois la pression de service pour les bouteilles conçues et fabriquées en vue d'une conformité au présent document.

### 7.3 Conception des extrémités convexes (ogives et fonds)

**7.3.1** Lorsque les bouteilles sont à fond convexe (voir [Figure 1](#)), l'épaisseur  $b$  au centre du fond convexe doit être comme suit: si le rayon de raccordement interne  $r$  n'est pas inférieur à  $0,075 D$ , alors:

- $b \geq 1,5 a$  pour  $0,40 > H/D \geq 0,20$ ;
- $b \geq a$  pour  $H/D \geq 0,40$ .

Afin d'obtenir une répartition satisfaisante des contraintes dans la zone de raccordement de l'extrémité à la partie cylindrique, toute augmentation de l'épaisseur du fond, lorsqu'elle est requise, doit être progressive à partir du point de raccordement, en particulier au fond. Pour l'application de cette règle, le point de raccordement entre la partie cylindrique et l'extrémité est défini par les lignes horizontales indiquant la cote  $H$  à la [Figure 1](#).

La forme b) ne doit pas être exclue de ces exigences.

**7.3.2** Le fabricant de bouteilles doit prouver, par l'essai de cyclage en pression détaillé en [9.2.2](#), que la conception est satisfaisante.

La [Figure 1](#) montre des configurations types d'ogives et de fonds convexes. Les formes a), b), d) et e) représentent des fonds; les formes c) et f) représentent des ogives.

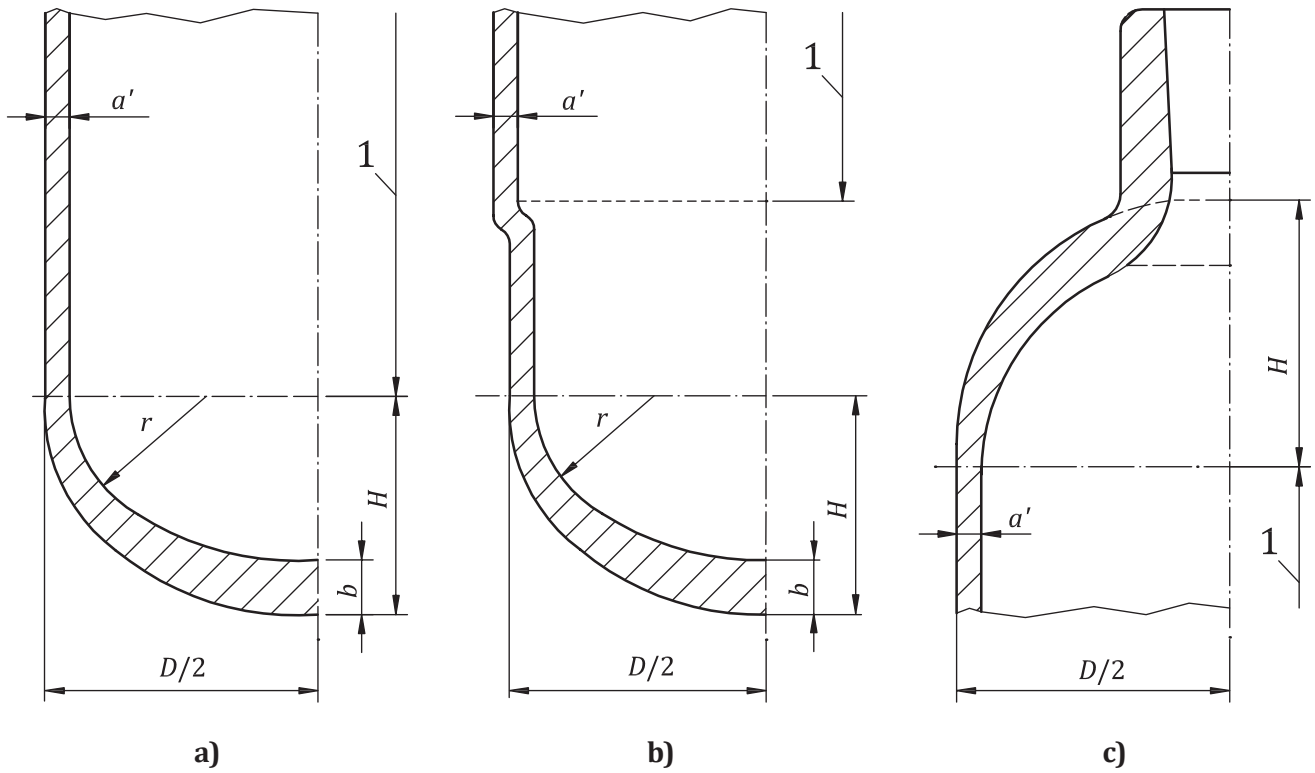
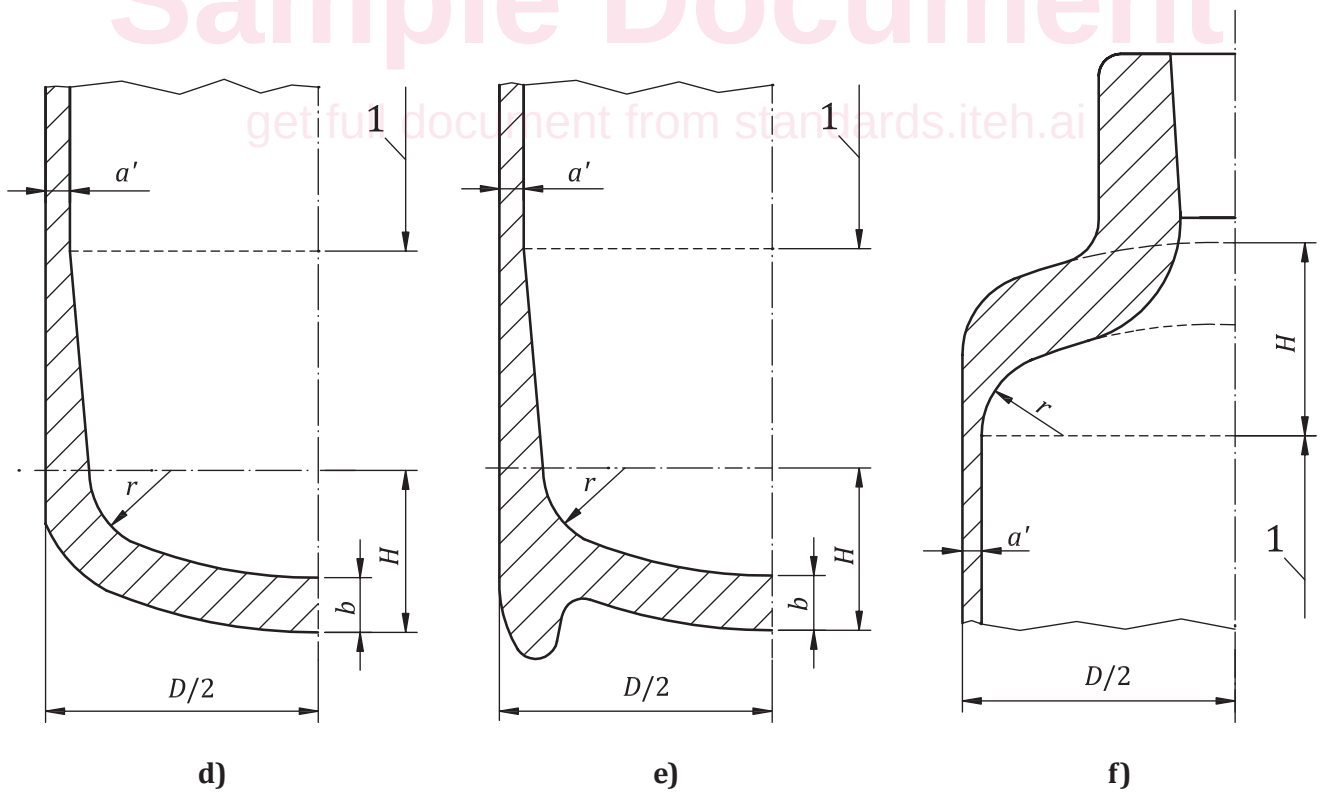


Figure 1 — Extrémités convexes types (1 sur 2)



**Légende**

|      |                                                                                         |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | partie cylindrique                                                                      |
| $a'$ | épaisseur minimale garantie de l'enveloppe cylindrique, exprimée en millimètres         |
| $b$  | épaisseur minimale garantie au centre d'un fond convexe, exprimée en millimètres        |
| $D$  | diamètre nominal extérieur de la bouteille, exprimé en millimètres                      |
| $H$  | hauteur extérieure de la partie bombée (ogive ou fond convexe), exprimée en millimètres |
| $r$  | rayon de raccordement interne, exprimé en millimètres                                   |

**Figure 1 — Extrémités convexes types (2 sur 2)**

## 7.4 Conception des fonds concaves

**7.4.1** Lorsque les bouteilles sont à fond concave (voir [Figure 2](#)), il est recommandé d'utiliser les valeurs de conception suivantes:

- $a_1 \geq 2 a$ ;
- $a_2 \geq 2 a$ ;
- $h \geq 0,12 D$ ;
- $r \geq 0,075 D$ .

où

- $a$  est l'épaisseur minimale calculée de l'enveloppe cylindrique, exprimée en millimètres;
- $a_1$  est l'épaisseur minimale garantie d'un fond concave à la jointure, exprimée en millimètres;
- $a_2$  est l'épaisseur minimale garantie au centre d'un fond concave, exprimée en millimètres;
- $D$  est le diamètre nominal extérieur de la bouteille, exprimé en millimètres;
- $h$  est la profondeur extérieure (fond concave), exprimée en millimètres;
- $r$  est le rayon de raccordement interne, exprimé en millimètres.

Le plan de conception doit au moins indiquer les valeurs de  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $h$  et  $r$ .

Afin d'obtenir une répartition satisfaisante des contraintes, l'épaisseur de la paroi de la bouteille doit augmenter progressivement dans la zone de transition entre la partie cylindrique et le fond.

**7.4.2** Le fabricant de bouteilles doit, dans tous les cas, prouver par l'essai de cyclage en pression détaillé en [9.2.2](#) que la conception est satisfaisante.