

---

---

**Émaux vitrifiés — Détermination de la  
résistance à la corrosion chimique —**

Partie 4:

**Détermination de la résistance à la  
corrosion chimique par des liquides  
alcalins dans un récipient cylindrique**

*Vitreous and porcelain enamels — Determination of resistance to  
chemical corrosion —*

*Part 4: Determination of resistance to chemical corrosion by alkaline  
liquids using a cylindrical vessel*

ISO 28706-4:2016

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/349dc7c0-325e-4f48-9288-67d9fdbb1fd7/iso-28706-4-2016>



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

[ISO 28706-4:2016](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/349dc7c0-325e-4f48-9288-67d9fdbb1fd7/iso-28706-4-2016)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/349dc7c0-325e-4f48-9288-67d9fdbb1fd7/iso-28706-4-2016>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2016, Publié en Suisse

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  
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401  
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland  
Tel. +41 22 749 01 11  
Fax +41 22 749 09 47  
[copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
[www.iso.org](http://www.iso.org)

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
<b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Principe</b> .....	<b>1</b>
<b>4</b> <b>Réactifs</b> .....	<b>2</b>
<b>5</b> <b>Appareillage et matériaux</b> .....	<b>2</b>
<b>6</b> <b>Éprouvettes</b> .....	<b>7</b>
<b>7</b> <b>Mode opératoire</b> .....	<b>7</b>
<b>8</b> <b>Expression des résultats</b> .....	<b>8</b>
8.1    Perte totale de masse surfacique.....	8
8.2    Vitesse de corrosion.....	8
<b>9</b> <b>Essai à l'hydroxyde de sodium chaud à 0,1 mol/l</b> .....	<b>9</b>
9.1    Généralités.....	9
9.2    Solution d'essai, $c(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol/l}$ .....	9
9.3    Température d'essai.....	9
9.4    Durée de l'essai.....	9
9.5    Rapport d'essai.....	9
<b>10</b> <b>Essai à l'hydroxyde de sodium chaud à 1,0 mol/l</b> .....	<b>10</b>
10.1   Généralités.....	10
10.2   Solution d'essai, $c(\text{NaOH}) = 1,0 \text{ mol/l}$ .....	10
10.3   Température d'essai.....	10
10.4   Durée de l'essai.....	10
10.5   Rapport d'essai.....	10
<b>11</b> <b>Autres solutions d'essai</b> .....	<b>11</b>
11.1   Généralités.....	11
11.2   Solution d'essai.....	11
11.3   Température d'essai.....	11
11.4   Durée de l'essai.....	11
11.5   Rapport d'essai.....	11
<b>Bibliographie</b> .....	<b>12</b>

## 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 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. 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 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'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: [Avant-propos - Informations supplémentaires](#)

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 107, *Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques*.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 28706-4:2008), dont elle constitue une révision mineure.

L'ISO 28706 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Émaux vitrifiés — Détermination de la résistance à la corrosion chimique*:

- *Partie 1: Détermination de la résistance à la corrosion chimique par les acides à température ambiante*
- *Partie 2: Détermination de la résistance à la corrosion chimique par des acides bouillants ou des liquides neutres bouillants, et/ou leurs vapeurs*
- *Partie 3: Détermination de la résistance à la corrosion chimique par des liquides alcalins dans un récipient hexagonal*
- *Partie 4: Détermination de la résistance à la corrosion chimique par des liquides alcalins dans un récipient cylindrique*
- *Partie 5: Détermination de la résistance à la corrosion chimique en milieux fermés*

## Introduction

La corrosion aqueuse des émaux vitrifiés est un processus de dissolution. Le composant principal de l'émail,  $\text{SiO}_2$ , forme un réseau tridimensionnel de silice. Après hydrolyse, celle-ci se décompose en formant de l'acide silicique ou des silicates. Ceux-ci sont libérés dans le milieu attaquant. D'autres composants, principalement des oxydes de métal, également soumis à l'hydrolyse, forment les ions métalliques hydratés ou les hydroxydes correspondants. Tous les produits de corrosion sont plus ou moins solubles dans le milieu attaquant. Le processus complet entraîne une perte de masse par unité de surface.

Avec certaines solutions aqueuses, l'attaque de l'émail s'opère de façon linéaire pendant le temps que dure la corrosion; pour d'autres solutions aqueuses, l'attaque de l'émail s'opère de façon logarithmique pendant le temps de corrosion. Pour la première série de solutions seulement, un taux de perte de masse surfacique ( $\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ) scientifiquement exact peut être calculé, ainsi qu'une vitesse de corrosion ( $\text{mm}/\text{an}$ ).

Les paramètres les plus importants ayant une incidence sur la corrosion aqueuse de l'émail sont la qualité de l'émail, la température et la valeur de pH. En outre, les effets d'inhibition résultant de la solubilité limitée de la silice peuvent y contribuer. La liste suivante décrit les différents types d'attaque de l'émail en fonction de différentes conditions de corrosion:

- a) avec des solutions alcalines aqueuses comme NaOH à 0,1 mol/l (voir [l'Article 9](#) de la présente partie de l'ISO 28706), le réseau de silice de l'émail est fortement attaqué à 80 °C. Les silicates et la plupart des autres composants hydrolysés sont solubles dans l'alcali. L'attaque s'opère linéairement pendant des périodes d'essai régulières. Par conséquent, les résultats des essais sont exprimés en termes de taux de perte de masse surfacique (perte de masse par unité de surface et temps) et de vitesse de corrosion (millimètres par an);
- b) à température ambiante, les acides aqueux faibles comme l'acide citrique (voir l'ISO 28706-1:2008, Article 9) ou également les acides plus forts comme l'acide sulfurique (voir l'ISO 28706-1:2008, Article 10) n'attaquent guère le réseau de silice de l'émail. D'autres constituants sont, dans une certaine mesure, lixiviés de la surface. Les émaux hautement résistants ne présentent aucun changement visible après exposition. Sur les émaux moins résistants, des taches apparaîtront ou la surface deviendra rugueuse;
- c) avec des acides aqueux bouillants (voir l'ISO 28706-2), le réseau de silice de l'émail est attaqué, et la silice ainsi que les autres composants de l'émail sont libérés dans la solution. La solubilité de la silice dans les acides est néanmoins faible. Les solutions attaquantes, qui sont vite saturées de silice dissoute, ne feront que lixivier la surface. L'attaque acide est arrêtée et la vitesse de corrosion diminue de façon marquée.

NOTE L'appareillage d'essai en verre libère également de la silice sous l'effet de l'attaque acide et contribue à l'inhibition de la corrosion.

L'inhibition est efficacement empêchée avec les essais en phase vapeur. Le condensat formé sur l'éprouvette est exempt de tout composant d'émail dissous.

Parmi les exemples de corrosion de l'émail s'opérant de façon logarithmique [voir 1)] et linéairement [voir 2)], on peut citer:

- 1) **Acide citrique bouillant** (voir l'ISO 28706-2:2008, Article 10) **et acide sulfurique à 30 % bouillant** (voir l'ISO 28706-2:2008, Article 11)

Étant donné que l'on ne trouve que des quantités infimes de ces acides dans leurs vapeurs, l'essai est limité à la phase liquide. L'attaque est influencée par des effets d'inhibition et la corrosion dépend du temps d'exposition. Par conséquent, les résultats d'essai sont exprimés en termes de perte de masse par unité de surface; aucun taux de perte de masse surfacique n'est calculé.

- 2) **Acide chlorhydrique à 20 % bouillant** (voir l'ISO 28706-2:2008, Article 12)

S'agissant d'un acide bouillant azéotropique, sa concentration est identique en phase liquide et en phase vapeur; il n'est donc pas nécessaire de réaliser l'essai en phase liquide. Une forte ébullition

fournit un condensat non inhibé et l'attaque se poursuit linéairement pendant le temps que dure l'exposition. Par conséquent, les résultats des essais ne sont exprimés qu'en termes de taux de perte de masse surfacique (perte de masse par unité de surface et temps) et de vitesse de corrosion (millimètres par an);

- d) à des températures élevées, lors d'essais en phase liquide en autoclave (voir l'ISO 28706-5), l'attaque d'acide aqueux est forte. Afin d'éviter l'inhibition, la durée de l'essai est limitée à 24 h et un rapport relativement élevé est choisi entre l'acide attaquant et la surface d'émail attaquée (analogue à celui d'une cuve pour réaction chimique). En outre, seule de l'eau à faible teneur en silice est utilisée pour la préparation des solutions d'essai. Dans ces conditions, l'attaque s'opère de façon linéaire pendant le temps que dure l'exposition. Par conséquent, les résultats des essais avec de l'acide chlorhydrique à 20 % (voir l'ISO 28706-5:2010, Article 8), des solutions d'essai artificielles (voir l'ISO 28706-5:2010, Article 10) ou des fluides de traitement (voir l'ISO 28706-5:2010, Article 11) sont également exprimés en termes de taux de perte de masse surfacique (perte de masse par unité de surface et temps);
- e) dans l'eau bouillante (voir l'ISO 28706-2:2008, Article 13), le réseau de silice est assez stable. La surface d'émail est lixiviée et la silice n'est que faiblement dissoute. Ce type d'attaque est clairement représenté par l'attaque en phase vapeur. En phase liquide, on peut observer une certaine inhibition avec les émaux hautement résistants. Toutefois, si l'émail soumis à essai est peu résistant, l'alcali lixivié dégagé par l'émail peut relever les valeurs de pH à des niveaux alcalins, augmentant ainsi l'attaque par la phase liquide. Les essais en phase liquide et en phase vapeur peuvent donner des informations précieuses;
- f) étant donné que l'attaque peut être linéaire ou non, les résultats sont seulement exprimés en termes de perte de masse par unité de surface et il convient que la durée de l'essai soit indiquée;
- g) pour la solution détergente normalisée (voir l'ISO 28706-3:2008, Article 9), il n'est pas certain que la partie linéaire de la courbe de corrosion soit atteinte pendant l'essai durant 24 h ou 168 h. Le calcul de la vitesse de corrosion n'est donc pas inclus dans le rapport d'essai;
- h) pour d'autres acides (voir l'ISO 28706-2:2008, Article 14) et d'autres solutions alcalines (voir l'ISO 28706-3:2008, Article 10 et [Article 11](#) de la présente partie de l'ISO 28706), on ne sait pas non plus si une vitesse de corrosion linéaire sera atteinte au cours de la période d'essai. Le calcul de la vitesse de corrosion n'est donc pas inclus dans les rapports d'essais de ces parties de la présente Norme internationale.

Pour les émaux vitrifiés cuits à des températures inférieures à 700 °C, les paramètres d'essai (milieux, températures et temps) de la présente partie de l'ISO 28706 ne sont pas appropriés. Pour de tels émaux, par exemple les émaux d'aluminium, il convient d'utiliser d'autres milieux, températures et/ou temps. Pour ce faire, il suffit de suivre les modes opératoires décrits dans l'article intitulé « Autres solutions d'essai » des Parties 1, 2, 3 et 4 de la présente Norme internationale.

# Émaux vitrifiés — Détermination de la résistance à la corrosion chimique —

## Partie 4:

# Détermination de la résistance à la corrosion chimique par des liquides alcalins dans un récipient cylindrique

**AVERTISSEMENT** — Le présent document préconise l'utilisation de substances et/ou de modes opératoires susceptibles d'être dangereux pour la santé si des mesures de sécurité adéquates ne sont pas prises. Le présent document ne traite pas des dangers pour la santé, ni des questions de sécurité ou d'environnement associées à son utilisation. Il appartient à l'utilisateur du présent document d'établir des pratiques appropriées acceptables en termes de santé, de sécurité et d'environnement et de prendre des mesures adéquates pour satisfaire aux réglementations nationales et internationales. La conformité au présent document ne permet pas à elle seule de se soustraire aux obligations légales.

## 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 28706 spécifie une méthode d'essai permettant de déterminer la résistance d'articles en émail vitrifié à l'attaque par des liquides alcalins à des températures comprises entre 25 °C et 95 °C. L'appareillage utilisé est un récipient cylindrique dans lequel une seule éprouvette émaillée est soumise à essai.

NOTE 1 La méthode d'essai a initialement été établie pour la détermination de la résistance d'émaux vitrifiés à une solution d'hydroxyde de sodium chaud. Dans le cadre du domaine d'application de la présente partie de l'ISO 28706, la résistance à d'autres liquides alcalins peut être soumise à essai.

NOTE 2 La présente partie de l'ISO 28706, qui utilise un récipient cylindrique, est généralement utilisée pour des essais réalisés sur des revêtements en émaux vitrifiés pour l'industrie chimique.

## 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 48, *Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique — Détermination de la dureté (dureté comprise entre 10 DIDC et 100 DIDC)*

ISO 1042, *Verrerie de laboratoire — Fioles jaugées à un trait*

ISO 3696, *Eau pour laboratoire à usage analytique — Spécification et méthodes d'essai*

ISO 28764, *Émaux vitrifiés — Production d'éprouvettes pour l'essai des émaux sur la tôle d'acier, la tôle d'aluminium et la fonte*

EN 10088-1, *Aciers inoxydables — Partie 1: Liste des aciers inoxydables*

## 3 Principe

Une éprouvette émaillée est exposée à l'attaque d'un liquide alcalin dans des conditions de température et de durée spécifiées. La solution n'est pas agitée durant l'essai.

La perte de masse est déterminée et utilisée pour calculer le taux de perte de masse surfacique et, si besoin, la vitesse de corrosion.

## 4 Réactifs

Au cours de la détermination, sauf spécification contraire, utiliser uniquement des réactifs de qualité analytique reconnue.

**4.1** Eau, conforme aux exigences de qualité 3 de l'ISO 3696, c'est-à-dire de l'eau distillée ou de l'eau de pureté équivalente.

**4.2** Solution d'acide acétique, de concentration volumique 50 ml/l, pour le nettoyage des éprouvettes.

**4.3** Solvant de dégraissage, par exemple éthanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) ou eau renfermant quelques gouttes de détergent liquide, convenant pour le nettoyage et le dégraissage des éprouvettes.

**4.4** Hydroxyde de sodium (NaOH).

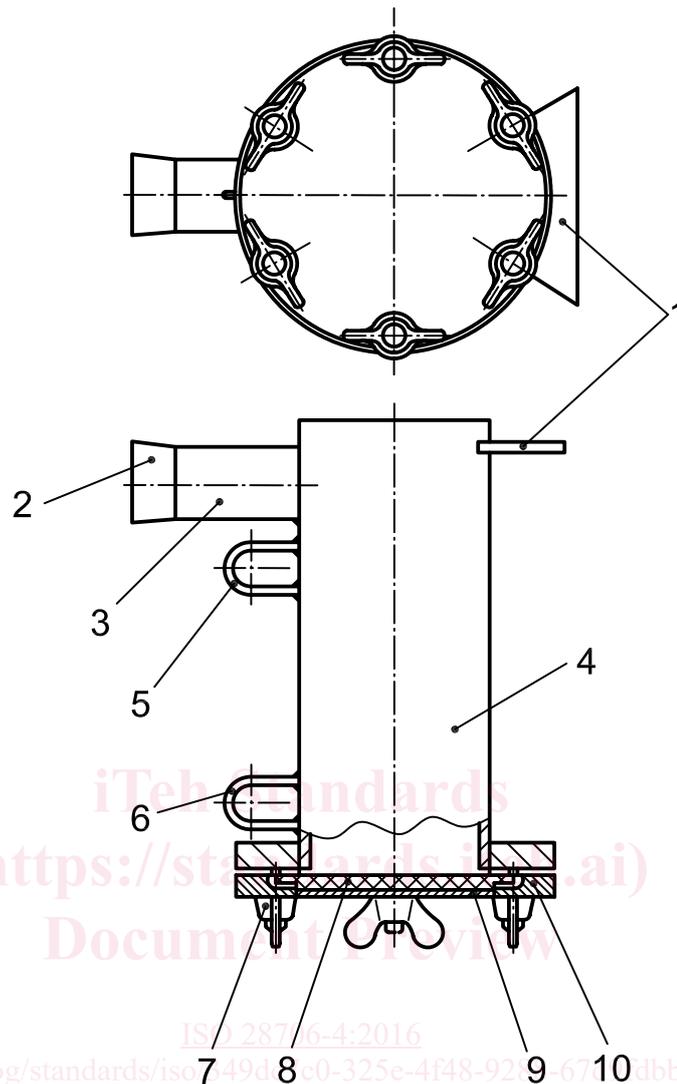
## 5 Appareillage et matériaux

**5.1 Appareillage d'essai:** récipient cylindrique.

### 5.1.1 Généralités

L'appareillage d'essai assemblé est représenté à la [Figure 1](#). Il est composé du cylindre sur lequel sont soudés les éléments suivants représentés à la [Figure 2](#):

- à une extrémité, une plaque;
- à l'autre extrémité, une bride circulaire fixée au moyen de six tiges filetées soudées;
- un pied à l'extrémité opposée à la bride circulaire;
- deux anneaux de levage;
- une tubulure de remplissage.



### Légende

- |   |                         |    |                       |
|---|-------------------------|----|-----------------------|
| 1 | pied                    | 6  | anneau de levage      |
| 2 | bouchon                 | 7  | écrou à oreilles      |
| 3 | tubulure de remplissage | 8  | éprouvette            |
| 4 | cylindre                | 9  | enveloppe protectrice |
| 5 | anneau de levage        | 10 | couvercle             |

**Figure 1 — Appareillage d'essai**

Le cylindre est fermé hermétiquement à l'aide du couvercle et une éprouvette enfermée dans une enveloppe protectrice, placée entre le cylindre et le couvercle. Celui-ci est fixé à la bride circulaire au moyen de six écrous à oreilles. La tubulure de remplissage est obturée à l'aide d'un bouchon.

La hauteur du pied support est fonction du diamètre extérieur de la bride circulaire. Il doit être positionné de façon que la surface de l'éprouvette soit entièrement recouverte par le liquide lorsque l'appareil d'essai est rempli d'un volume de 1 l de solution d'essai et posé sur une surface plane.

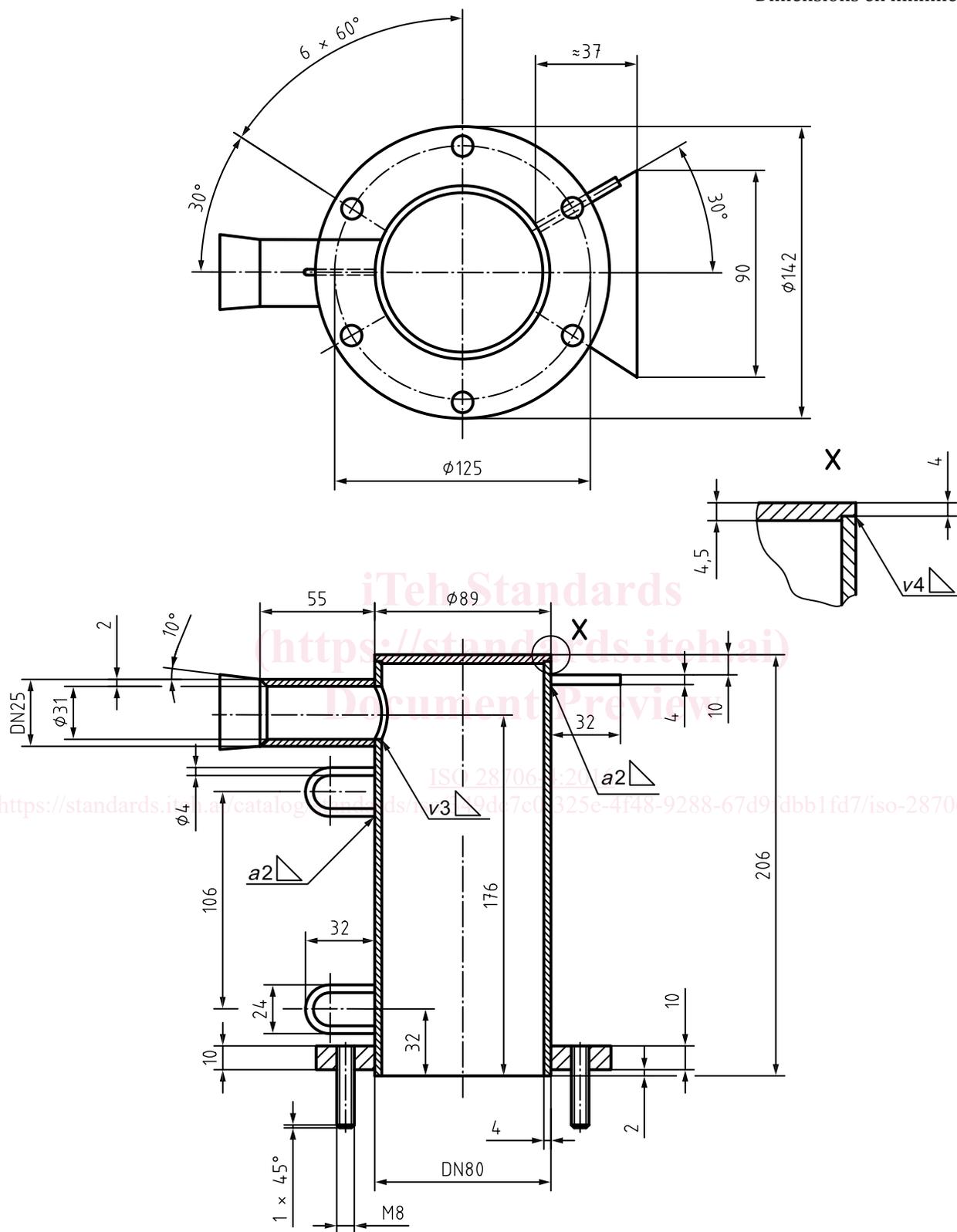


Figure 2 — Cylindre