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

Partie 2:

**Détermination de la résistance à la
corrosion chimique par des acides**

bouillants, des liquides neutres

**bouillants, ou des liquides alcalins et/
ou leurs vapeurs**

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

*Part 2: Determination of resistance to chemical corrosion by boiling
acids, boiling neutral liquids, alkaline liquids and/or their vapours*



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 28706-2:2017

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6b99f9c3-f1fa-43b0-bb6d-302a80be9c07/iso-28706-2-2017>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2017, 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
www.iso.org

Sommaire

Page

Avant-propos.....	v
Introduction.....	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
4 Principe	2
5 Réactifs	2
6 Appareillage et matériel	3
6.1 Appareillage d'essai.....	3
6.2 Matériel d'essai.....	8
7 Joints	8
7.1 Généralités.....	8
7.2 Joint A.....	9
7.3 Joint B.....	9
8 Éprouvettes	9
9 Mode opératoire	9
10 Expression des résultats	10
10.1 Perte totale de masse surfacique.....	10
10.2 Vitesse de corrosion.....	10
11 Acide citrique bouillant	11
11.1 Généralités.....	11
11.2 Solution d'essai.....	11
11.3 Durée de l'essai.....	11
11.4 Rapport d'essai.....	11
12 Acide sulfurique bouillant	11
12.1 Généralités.....	11
12.2 Solution d'essai.....	12
12.3 Durée de l'essai.....	12
12.4 Rapport d'essai.....	12
13 Acide chlorhydrique bouillant	12
13.1 Généralités.....	12
13.2 Solution d'essai.....	12
13.3 Durée de l'essai.....	12
13.4 Rapport d'essai.....	13
14 Eau distillée ou déminéralisée bouillante	13
14.1 Généralités.....	13
14.2 Solution d'essai.....	13
14.3 Durée de l'essai.....	13
14.4 Rapport d'essai.....	14
15 Solution détergente normalisée	14
15.1 Généralités.....	14
15.2 Solution d'essai.....	14
15.3 Température d'essai.....	15
15.4 Durée de l'essai.....	15
15.5 Rapport d'essai.....	15
16 Autres solutions et/ou conditions d'essai	15
16.1 Généralités.....	15

16.2	Solution d'essai.....	15
16.3	Durée de l'essai.....	16
16.4	Rapport d'essai.....	16
Bibliographie		17

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 28706-2:2017](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6b99f9c3-f1fa-43b0-bb6d-302a80be9c07/iso-28706-2-2017)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6b99f9c3-f1fa-43b0-bb6d-302a80be9c07/iso-28706-2-2017>

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'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).

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 le lien suivant: www.iso.org/iso/fr/avant-propos.html.

Le présent document a été élaboré par le comité technique l'ISO/TC 107, *Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 28706-2:2008) qui a fait l'objet d'une révision technique avec les modifications suivantes.

- Le présent document peut également être utilisé pour déterminer la résistance à la corrosion chimique en utilisant des liquides alcalins. Le titre du présent document a donc été modifié et un article relatif aux solutions de détergent normalisées a été inclus.
- D'autres réactifs peuvent être utilisés à des fins d'essais et ont été inclus.

Une liste de toutes les parties de la série de normes ISO 28706 peut être consultée sur le site de l'ISO.

Introduction

La corrosion aqueuse des émaux vitrifiés est un processus de dissolution. Le composant principal de l'émail, 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 ($\text{g/m}^2\cdot\text{h}$) scientifiquement exact peut être calculé, ainsi qu'une vitesse de corrosion (millimètres par 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 dans les acides 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 telles que NaOH à 0,1 mol/l (voir l'ISO 28706-4:2016, Article 9), 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 tels que l'acide citrique (voir l'ISO 28706-1:2008, Article 9) ou également les acides plus forts tels que 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 (tels que décrits dans le présent document), 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 [Article 11](#)) et **acide sulfurique à 30 % bouillant** (voir [Article 12](#))

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 [Article 13](#))

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 [Article 14](#)), 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 [Article 15](#)) et d'autres solutions alcalines (voir l'ISO 28706-3:2008, Article 10 et l'ISO 28706-4:2016, Article 10), 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 du présent document.

Pour les émaux vitrifiés cuits à des températures inférieures à 700 °C, les paramètres d'essai (milieux, températures et temps) du présent document 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» de l'ISO 28706-1, l'ISO 28706-2, l'ISO 28706-3 et l'ISO 28706-4.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 28706-2:2017

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6b99f9c3-f1fa-43b0-bb6d-302a80be9c07/iso-28706-2-2017>

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

Partie 2:

Détermination de la résistance à la corrosion chimique par des acides bouillants, des liquides neutres bouillants, ou des liquides alcalins et/ou leurs vapeurs

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.

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie une méthode d'essai permettant de déterminer la résistance de surfaces planes en émail vitrifié à des acides bouillants, des liquides neutres bouillants, des liquides alcalins et/ou leurs vapeurs.

La présente méthode permet de déterminer simultanément la résistance des émaux vitrifiés aux phases liquide et vapeur du milieu corrosif.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 48, *Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique — Détermination de la dureté (dureté comprise entre 10 DIDC et 100 DIDC)*

ISO 649-1, *Verrerie de laboratoire — Aréomètres à masse volumique d'usage général — Partie 1: Spécifications*

ISO 718, *Verrerie de laboratoire — Choc thermique et endurance au choc thermique — Méthodes d'essai*

ISO 3585, *Verre borosilicaté 3.3 — Propriétés*

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

ISO 4788, *Verrerie de laboratoire — Éprouvettes graduées cylindriques*

ISO 4799, *Verrerie de laboratoire — Réfrigérants*

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

3 Termes et définitions

Aucun terme n'est défini dans le présent document.

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

4 Principe

Une série d'éprouvettes émaillées de la même façon est placée selon les exigences dans la zone liquide et/ou dans la zone vapeur de l'appareil d'essai et exposée à l'attaque par un acide bouillant ou un liquide neutre bouillant, ou leurs vapeurs, dans des conditions spécifiées.

Un appareil d'essai de conception identique ainsi que le même principe d'essai sont utilisés pour les différents liquides.

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

5 Réactifs

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

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

5.1 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. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6b99f9c3-f1fa-43b0-bb6d-302a80be9c07/iso-28706-2-2017>

5.2 Solution d'acide acétique, de concentration volumique 50 ml/l, pour nettoyer l'appareillage d'essai et les éprouvettes.

5.3 Solvant de dégraissage, par exemple éthanol ou eau renfermant quelques gouttes de détergent liquide, convenant pour le nettoyage et le dégraissage de l'appareillage d'essai et des éprouvettes.

5.4 Acide citrique monohydraté, ($C_6H_8O_7 \cdot H_2O$), cristallisé.

5.5 Acide sulfurique, de qualité analytique, solution à 30 % (en masse), de masse volumique comprise entre 1,217 g/ml et 1,220 g/ml (mesurée à l'aide d'un aéromètre — voir 6.2.7).

5.6 Acide chlorhydrique, de qualité analytique, solution à 20 % (en masse), de masse volumique comprise entre 1,097 g/ml et 1,099 g/ml (mesurée à l'aide d'un aéromètre — voir 6.2.7).

5.7 Tripolyphosphate de sodium ($Na_5P_3O_{10}$).

5.8 Carbonate de sodium (Na_2CO_3), anhydre.

5.9 Perborate de sodium, hydraté ($NaBO_2 \cdot H_2O_2 \cdot 3H_2O$).

5.10 Silicate de sodium, contenant environ 81 % (en masse) de Na_2SiO_3 .

5.11 Alkylsulfonate [$CH_3(CH_2)_x - C(SO_2Na)H - (CH_2)_3 - CH_3$].

6 Appareillage et matériel

6.1 Appareillage d'essai

6.1.1 L'appareillage d'essai (voir [Figures 1](#) et [2](#)) est constitué d'un cylindre ([6.1.2](#)) (voir [Figure 3](#)), avec un support adjacent, comportant un rodage normalisé pouvant s'adapter à un réfrigérant à reflux ([6.1.3](#)) avec, sur un côté, un collecteur gradué ([6.1.4](#)).

Deux éprouvettes doivent constituer le couvercle et le fond du cylindre. L'une d'elles peut, si besoin, être remplacée par une plaque de verre ([6.1.14](#)). Le cylindre et les éprouvettes doivent être maintenus entre deux plaques (voir [Figure 2](#)) serrées aux angles à l'aide de tiges filetées ([6.1.8](#)), d'écrous à oreilles ([6.1.7](#)) et d'écrous hexagonaux ([6.1.6](#)). Un joint en fibres synthétiques ([6.1.9](#)) est fixé entre les plaques ([6.1.5](#)) et chaque éprouvette. Les éprouvettes sont serrées contre le bord du cylindre à l'aide de joints en anneau ([6.1.10](#)) dont la matière dépend du type de solution d'essai. Toute surface non revêtue de l'éprouvette doit être protégée de l'exposition au milieu attaquant.

Lorsque les éprouvettes sont découpées dans une pièce émaillée, les joints en anneau ([6.1.10](#)) sont remplacés par des enveloppes protectrices (voir [Figure 5](#)) dans lesquelles sont placées les éprouvettes.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 28706-2:2017](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6b99f9c3-f1fa-43b0-bb6d-302a80be9c07/iso-28706-2-2017>