
**Corrosion des métaux et alliages —
Corrosion en atmosphère artificielle
— Essai de corrosion accélérée
comprenant des expositions sous
conditions contrôlées à des cycles
d'humidité et à des vaporisations
intermittentes de solution saline**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

*Corrosion of metals and alloys — Corrosion in artificial atmosphere
— Accelerated corrosion test involving exposure under controlled
conditions of humidity cycling and intermittent spraying of a salt
solution*

<https://standards.iteh.ai/en/standards/sist/668f36e9-e437-45aa-9a8b-9d65ae6348c7/iso-16701-2015>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 16701:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/668f36e9-e437-45aa-9a8b-9d65ae6348c7/iso-16701-2015>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2015

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
Fax: +41 22 749 09 47
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Réactif	2
4 Appareillage	2
4.1 Armoire climatique	2
4.2 Dispositif de vaporisation	3
4.3 Système de séchage forcé	3
5 Objets soumis à essai	3
6 Mode opératoire	4
6.1 Disposition des objets soumis à essai	4
6.2 Conditions d'exposition des cycles d'essai	4
6.3 Durée de l'essai	7
6.4 Traitement des objets soumis à essai après l'essai	7
7 Évaluation des résultats	7
8 Rapport d'essai	7
Annexe A (informative) Durées d'essai recommandées	9
Annexe B (informative) Conception appropriée d'un appareillage d'essai avec dispositif de vaporisation	10
Annexe C (informative) Méthode d'évaluation de la corrosivité de l'essai	13
Bibliographie	15

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 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](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/668136e9-e437-45aa-9a8b-9d65ae6348c7/iso-16701-2015).

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 156, *Corrosion des métaux et alliages*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 16701:2003), dont elle constitue une révision mineure.

La présente version corrigée de l'ISO 16701:2018 inclut les corrections suivantes:

- en 4.2, «1120 ml h⁻¹» a été corrigée à «120 ml h⁻¹».

Introduction

La corrosion atmosphérique de matériaux métalliques, avec ou sans protection contre la corrosion, est influencée par de nombreux facteurs environnementaux, dont l'importance peut varier selon le type de matériau métallique et le type d'environnement. Il est, par conséquent, impossible de concevoir un essai de corrosion en laboratoire permettant de prendre en compte la complexité des conditions réelles de service. L'accélération (conditions forcées), en tant que telle, peut également avoir une incidence négative sur la corrélation avec les performances sur le terrain. Néanmoins, les essais avec cycles d'humidité et exposition seulement intermittente à une solution saline assureront en général une meilleure corrélation avec les performances sur le terrain que les essais utilisant une vaporisation continue de solution saline.

La présente Norme internationale a été élaborée dans le domaine de l'industrie automobile, où l'élément majeur contribuant à la corrosion est l'utilisation de sels hivernaux de déverglacement des routes dans des zones tempérées chaudes/froides partout dans le monde, en l'occurrence les composés contenant du chlorure de sodium agissant dans des cycles d'humidité contrôlée. Le mode opératoire est quelque peu influencé par l'humidité et le sel et est destiné à être appliqué à l'assurance de la qualité des métaux et aux protections contre la corrosion habituellement rencontrés dans les véhicules à moteur. Cette méthode peut être également applicable dans d'autres champs d'application, à condition de reproduire des conditions climatiques similaires avec une influence de composés contenant du chlorure de sodium.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 16701:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/668f36e9-e437-45aa-9a8b-9d65ae6348c7/iso-16701-2015)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/668f36e9-e437-45aa-9a8b-9d65ae6348c7/iso-16701-2015>

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 16701:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/668f36e9-e437-45aa-9a8b-9d65ae6348c7/iso-16701-2015>

Corrosion des métaux et alliages — Corrosion en atmosphère artificielle — Essai de corrosion accélérée comprenant des expositions sous conditions contrôlées à des cycles d'humidité et à des vaporisations intermittentes de solution saline

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie la méthode d'essai, les réactifs et le mode opératoire à utiliser dans un essai de corrosion atmosphérique accélérée consistant en une exposition de 6 h, deux fois par semaine, à une solution légèrement acidifiée de 1 % de NaCl, suivie de cycles d'humidité contrôlés entre 95 % HR et 50 % de HR à une température constante de 35 °C.

La présente Norme internationale ne spécifie pas les dimensions des éprouvettes, la durée d'exposition à utiliser pour un produit donné, ni l'interprétation des résultats. De tels détails sont fournis dans les spécifications de produit appropriées.

L'essai de corrosion accélérée en laboratoire s'applique:

- aux métaux et à leurs alliages;
- aux revêtements métalliques (anodiques ou cathodiques);
- aux revêtements de conversion chimique; et
- aux revêtements organiques sur des matériaux métalliques.

NOTE 1 Si les essais portent sur des aciers inoxydables faiblement alliés, notamment des aciers austénitiques, conformément à la présente Norme internationale, on risque d'observer une quantité excessive de piqûres, ce qui n'est pas représentatif de la plupart des environnements prévus.

NOTE 2 La présente Norme internationale ne convient pas aux essais relatifs aux agents de protection anticorrosion à base de cire et d'huile, en raison de la condition de température constamment élevée de l'essai.

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 4628-1, *Peintures et vernis — Évaluation de la dégradation des revêtements — Désignation de la quantité et de la dimension des défauts, et de l'intensité des changements uniformes d'aspect — Partie 1: Introduction générale et système de désignation*

ISO 4628-2, *Peintures et vernis — Évaluation de la dégradation des revêtements — Désignation de la quantité et de la dimension des défauts, et de l'intensité des changements uniformes d'aspect — Partie 2: Évaluation du degré de cloquage*

ISO 4628-4, *Peintures et vernis — Évaluation de la dégradation des revêtements — Désignation de la quantité et de la dimension des défauts, et de l'intensité des changements uniformes d'aspect — Partie 4: Évaluation du degré de craquelage*

ISO 4628-5, *Peintures et vernis — Évaluation de la dégradation des revêtements — Désignation de la quantité et de la dimension des défauts, et de l'intensité des changements uniformes d'aspect — Partie 5: Évaluation du degré d'écaillage*

ISO 8407, *Corrosion des métaux et alliages — Élimination des produits de corrosion sur les éprouvettes d'essai de corrosion*

ISO 10289, *Méthodes d'essai de corrosion des revêtements métalliques et inorganiques sur substrats métalliques — Cotation des éprouvettes et des articles manufacturés soumis aux essais de corrosion*

3 Réactif

Solution saline, préparée en dissolvant du chlorure de sodium, dans de l'eau distillée ou déionisée (deminéralisée) pour obtenir une concentration de $10 \text{ g l}^{-1} \pm 1 \text{ g l}^{-1}$. L'eau distillée ou déionisée (deminéralisée) utilisée doit avoir une conductivité inférieure ou égale à 2 mS m^{-1} à $25 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$.

Les teneurs maximales admissibles en impuretés dans le chlorure de sodium sont données dans le [Tableau 1](#).

Tableau 1 — Teneurs en impuretés maximales admissibles dans le chlorure de sodium, calculées sur le sel sec

Impuretés	Fraction massique maximale des impuretés %	Note
Cuivre (calculé sur le sel sec)	0,001	Déterminée par spectrophotométrie d'absorption atomique ou par toute autre méthode de précision comparable
Nickel (calculé sur le sel sec)	0,001	
Iodure de sodium	0,1	
Total	0,5	

Vérifier le pH de la solution saline par mesure potentiométrique à $25 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$. Ajuster précisément le pH de la solution saline à une valeur de $4,2 \pm 0,1$ en ajoutant une solution d'acide sulfurique dilué (par exemple 1 ml de H_2SO_4 0,05 mol/L est ajouté à 1 l de solution saline).

4 Appareillage

4.1 Armoire climatique

L'armoire climatique doit être conçue de sorte que les conditions d'essai suivantes puissent être obtenues, contrôlées et enregistrées pendant l'essai.

Un écart maximal instantané d'une valeur fixée d'humidité relative de $\pm 4 \%$ dans la plage située entre 50 % et 95 % à 35 °C , correspondant à une température d'une précision requise de $\pm 0,8 \text{ °C}$ à ladite température. La valeur moyenne d'humidité relative doit être maintenue pendant une durée de 7 h à 8 h dans des conditions climatiques constantes avec une précision de $\pm 2 \%$ correspondant, dans ce cas, à une température d'une précision requise de $\pm 0,4 \text{ °C}$.

Pour remplir les exigences de précision relatives à la température et à l'humidité, il convient d'équiper l'armoire climatique de dispositifs permettant une circulation d'air efficace pour assurer des variations de température et d'humidité infimes. Une isolation suffisante des parois de l'armoire et des couvercles est requise afin d'éviter une condensation excessive sur ces surfaces.

L'armoire climatique doit également être conçue de sorte que l'humidité relative puisse être modifiée de façon linéaire de 95 % à 50 % et inversement en l'espace de 2 heures. La [Figure B.1](#) présente un exemple d'armoire climatique conçue de façon appropriée.

Les niveaux de température et d'humidité de l'armoire climatique pendant un cycle d'essai doivent être surveillés en permanence ou vérifiés régulièrement afin qu'il soit possible de confirmer que, pour un cycle d'essai complet, la variation de l'humidité relative en fonction du temps est comprise dans les plages spécifiées à 95 % HR et 50 % HR. Pour mesurer l'humidité relative, utiliser un hygromètre conçu pour effectuer des mesures à de hauts niveaux d'humidité, par exemple un capteur combiné de température et d'humidité capacitif de haute qualité, ou un appareil de mesure du point de rosée à miroir doré. Pour mesurer la température, utiliser de préférence des capteurs Pt 100.

4.2 Dispositif de vaporisation

Le dispositif de vaporisation de la solution saline installé dans l'armoire climatique doit permettre de produire un flux de vaporisation de brouillard ou de fines gouttelettes, distribué(es) finement et de manière homogène vers le bas sur les objets soumis à essai, à un débit linéaire cible de $15 \text{ mm h}^{-1} \pm 5 \text{ mm h}^{-1}$.

Si un cylindre en verre gradué, d'une surface collectrice de 80 cm^2 , est utilisé pour vérifier si ce débit est compris dans la fourchette spécifiée, le débit de collecte de la solution saline doit avoir une valeur cible de $120 \text{ ml h}^{-1} \pm 40 \text{ ml h}^{-1}$.

Le dispositif de vaporisation de solution saline comprend, de préférence, un certain nombre de diffuseurs montés en série sur un rail ou un tube. La répartition de la vaporisation prend alors la forme d'un éventail, avec un recouvrement partiel. Le dispositif de vaporisation doit être constitué ou revêtu de matériaux résistants à la corrosion par la solution saline et qui n'ont pas d'incidence sur la corrosivité de la solution saline vaporisée. Il est recommandé d'utiliser un acier inoxydable allié au molybdène ou du plastique. La Figure B.2 présente un exemple de dispositif de vaporisation conçu de façon appropriée.

Une fois vaporisée, la solution saline ne doit pas être réutilisée.

4.3 Système de séchage forcé

ISO 16701:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/668f36e9-e437-45aa-9a8b-9d65aa6348c7/iso-16701-2015>

L'armoire climatique doit être équipée d'un système de séchage à flux d'air forcé dans la mesure où, après vaporisation et repos, il convient que tous les objets soumis à essai soient séchés et ainsi déchargés de toute macrohumidité excessive. Le contrôle climatique doit également pouvoir être repris dans un temps raisonnable.

Le séchage forcé est, de préférence, obtenu en refroidissant fortement, puis en réchauffant un flux circulant en interne. Sinon, il est possible d'effectuer le séchage en laissant un flux forcé d'air ambiant préchauffé ventiler l'armoire. Pour une armoire climatique d'un volume de 1 m^3 à 2 m^3 , un débit d'air de 50 ls^{-1} à 100 ls^{-1} est recommandé. Le flux d'air forcé ne doit pas être préchauffé à des niveaux de température tels que la température maximale de l'armoire de 35 °C soit dépassée.

NOTE La pratique a montré qu'un préchauffage du flux d'air forcé à une température de 40 °C est adapté.

5 Objets soumis à essai

5.1 Le nombre et le type des objets soumis à essai, ainsi que leur forme et leurs dimensions doivent être sélectionnés en fonction de la spécification du matériau ou du produit soumis à essai. Lorsque ce dernier n'est pas spécifié, ces détails doivent faire l'objet d'un accord entre les différentes parties intéressées.

5.2 Pour chacune des séries d'objets soumis à essai, les données doivent être enregistrées et conservées. Elles doivent comprendre les informations suivantes:

- a) la spécification du matériau à soumettre à essai; par exemple, pour les matériaux comportant un traitement de surface: le type du matériau de base, son prétraitement, le type de revêtement, la méthode d'application et l'épaisseur du film sec;

- b) si le revêtement de l'éprouvette est soumis à un dommage intentionnel, il convient de décrire la forme et l'emplacement du dommage, ainsi que la manière dont il a été obtenu. Il convient de spécifier également l'orientation du dommage pendant l'essai;

Si les objets soumis à essai sont prélevés sur une pièce revêtue plus grande, la découpe doit être effectuée de manière à ne pas endommager le revêtement dans la zone adjacente à la découpe. Sauf spécification contraire, les bords de coupe doivent être protégés de manière adéquate par un matériau de revêtement approprié, stable dans les conditions de l'essai, tel que peinture, cire ou ruban adhésif;

- c) les informations relatives à la méthode de nettoyage à appliquer avant l'essai;
- d) les informations relatives au(x) matériau(x) de référence avec lequel (lesquels) l'éprouvette doit être comparée;
- e) la manière avec laquelle l'objet soumis à essai doit être examiné et les propriétés qui doivent être évaluées, voir par exemple l'[Article 7](#).

6 Mode opératoire

6.1 Disposition des objets soumis à essai

Les objets soumis à essai doivent être placés dans l'armoire, sur des supports, leur surface d'essai orientée vers le haut. L'angle d'exposition de la surface des éprouvettes dans l'armoire est important. Pour les objets plats, l'angle d'inclinaison de la surface d'essai doit être de préférence de $20^\circ \pm 5^\circ$ par rapport à la verticale. Dans le cas de surfaces irrégulières, par exemple de composants entiers, il faut se conformer le plus possible à cet angle.

Les supports et les objets soumis à essai doivent être placés au même niveau de l'armoire climatique. Les supports doivent être réalisés en matériau non métallique non réactif, tels que du verre, du plastique ou du bois convenablement revêtu. S'il est nécessaire de suspendre l'objet soumis à essai, le matériau utilisé ne doit en aucun cas être métallique mais en fibre synthétique, en fil de coton ou autre matériau isolant non réactif.

6.2 Conditions d'exposition des cycles d'essai

6.2.1 Effectuer un essai d'exposition dans l'armoire climatique conformément au schéma cyclique suivant (cycles de 12 h). Pendant les 1^{er}, 8^e, 15^e cycles et, par la suite, une fois tous les sept cycles, effectuer un cycle A de vaporisations salines tel que spécifié en [6.2.3](#). Dans les autres cycles, effectuer un cycle B tel que spécifié en [6.2.2](#).

NOTE D'un point de vue pratique, il peut être parfois préférable d'effectuer la vaporisation saline le première jour et le dernière jour de la semaine de travail. Si l'essai commence le première jour de la semaine de travail, effectuer respectivement le cycle A lors des 1^{er}, 9^e, 15^e, 21^e, 29^e cycles, etc. Pour les autres cycles, effectuer le cycle B.

6.2.2 Le cycle B se compose des étapes suivantes, voir également la [Figure 1](#):

- Étape 1 Exposition à 35 °C et à 95 % de HR pendant 4 h.
- Étape 2 Exposition à 35 °C avec une réduction linéaire de l'humidité relative en fonction du temps, de 95 % à 50 % sur une durée totale de 2 h.
- Étape 3 Exposition à 35 °C et à 50 % de HR pendant 4 h.
- Étape 4 Exposition à 35 °C avec une augmentation linéaire de l'humidité relative en fonction du temps, de 50 % à 95 % sur une durée totale de 2 h.

6.2.3 Le cycle A se compose des étapes suivantes, voir également la [Figure 2](#):

- Étape 5 Vaporisation de solution saline sur les objets soumis à essai à l'intérieur de l'armoire climatique à 35 °C, à un débit linéaire vers le bas de 15 mm h⁻¹ pendant 15 min.
- Étape 6 Exposition à 35 °C pendant 1 h 45 min, avec une humidité relative fixée entre 95 % et 99 % de manière à ce que les objets soumis à essai restent mouillés.

Les étapes 5 et 6 sont alors répétées l'une à la suite de l'autre deux fois de plus afin d'aboutir à une durée d'humidité totale de 6 h.

- Étape 7 Séchage des objets soumis à essai (voir [4.3](#)), à une humidité relative fixée (objectif) de 50 % et avec une température de 35 °C sur une durée de 4 h. Il convient que le niveau d'humidité spécifié soit atteint dans les 2 h, laissant ainsi les objets soumis à essai et l'intérieur de l'armoire sans humidité visible.
- Étape 4 Exposition à 35 °C avec une augmentation linéaire de l'humidité relative en fonction du temps, de 50 % à 95 % sur une durée totale de 2 h.

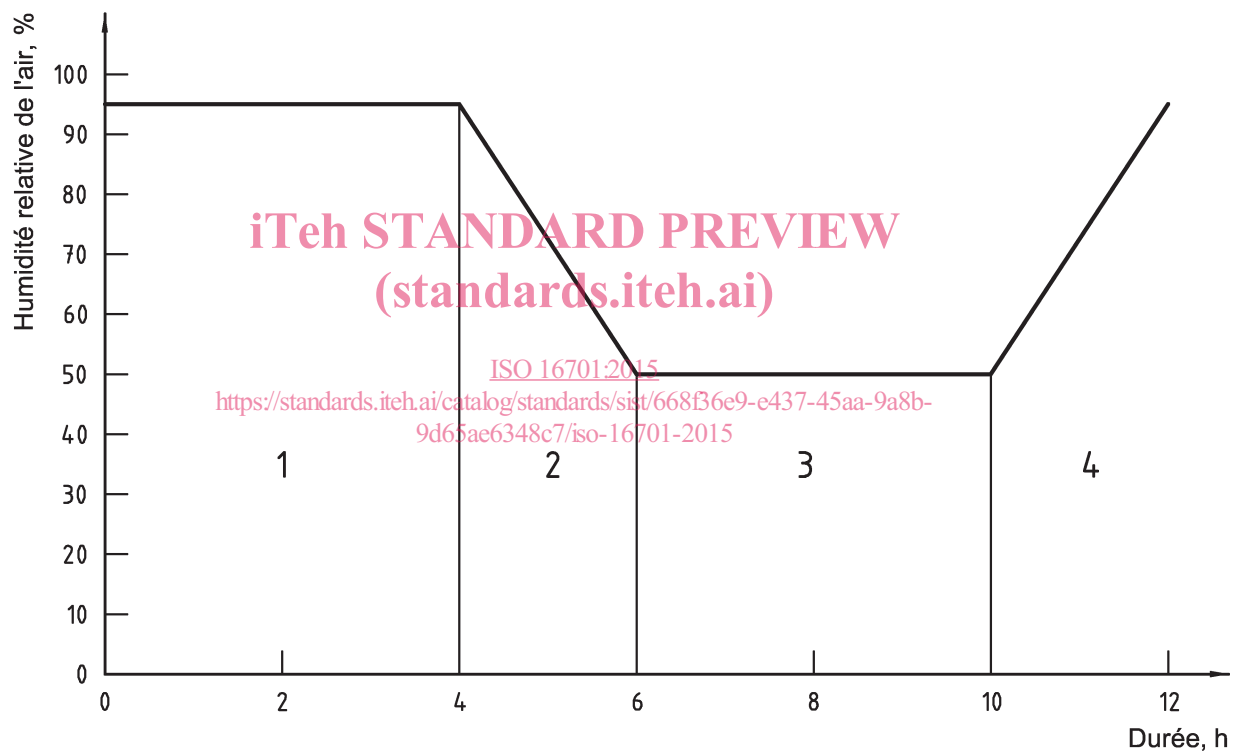


Figure 1 — Cycle B sans vaporisation composé de la série d'étapes suivante: 1, 2, 3, 4