
**Corrosion des métaux et alliages —
Essais de corrosion en atmosphères
artificielles — Lignes directrices
pour sélectionner un essai
de corrosion accéléré pour la
qualification du produit**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)
*Corrosion of metals and alloys — Corrosion tests in artificial
atmospheres — Guidelines for selection of accelerated corrosion test
for product qualification*

[ISO/TR 16335:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/82b47121-9893-42c2-8c8c-3b385f08815a/iso-tr-16335-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/82b47121-9893-42c2-8c8c-3b385f08815a/iso-tr-16335-2013>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TR 16335:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/82b47121-9893-42c2-8c8c-3b385f08815a/iso-tr-16335-2013>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2013

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
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 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 Catégories et caractéristiques des essais de corrosion accélérés	2
4 Domaines d'application recommandés pour les différents types d'essais et adéquation des méthodes proposées	4
5 Corrosivité des essais et vitesses de corrosion relatives de métaux ordinaires	7
6 Exigences relatives au matériel d'essai et reproductibilité des résultats	8
7 Modes opératoires recommandés pour la qualification des produits	9
Annexe A (informative) Caractéristiques des essais de corrosion atmosphérique accélérés normalisés	10
Annexe B (informative) Analyse initiale des risques de défaillance potentielle des produits ou unités fonctionnelles	16
Bibliographie	19

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO/TR 16335:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/82b47121-9893-42c2-8c8c-3b385f08815a/iso-tr-16335-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/82b47121-9893-42c2-8c8c-3b385f08815a/iso-tr-16335-2013>

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 (CEI) 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/CEI, 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/CEI, 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 sur la liste ISO des déclarations de brevets reçues (voir www.iso.org/brevets).

Les éventuelles appellations commerciales utilisées dans le présent document sont données pour information à l'intention des utilisateurs et ne constituent pas une approbation ou une recommandation.

Pour une explication de la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, aussi bien que pour des informations 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/82b47121-9893-42c2-8c8c-3b385f08815a/iso-tr-16335-2013>

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

Introduction

Le présent document donne des lignes directrices pour la sélection d'essais de corrosion accélérés adaptés et examine les différentes méthodes d'essai normalisées à l'échelle internationale.

Par conséquent, ce document n'est pas destiné à être normalisé mais offre une aide appréciable à l'industrie et aux instituts d'essai.

C'est la raison pour laquelle il a été élaboré sous forme de Rapport technique.

Les essais de corrosion ont connu une évolution pour passer des méthodes qualitatives à des méthodes plus quantitatives et les conditions préalables aux essais de corrosion pour la qualification des produits évoluent. L'intégration des technologies modernes de contrôle et de régulation des paramètres d'essais climatiques dans les matériels d'essai a engendré une augmentation de la reproductibilité des essais. Pour améliorer la corrélation entre les résultats des essais en laboratoire et les performances en service, des méthodes quantitatives ont été introduites au cours de ces dernières années afin de caractériser la corrosivité. Pour évaluer l'effet de la corrosion sur la performance fonctionnelle des produits, des méthodes quantitatives sont adoptées afin d'évaluer les variations des propriétés fonctionnelles, ainsi que les changements de nature chimique associés qui résultent de la corrosion des matériaux du composant.

Les essais d'exposition en milieu naturel étaient et demeurent la méthode traditionnellement utilisée pour contrôler la résistance à la corrosion des nouveaux matériaux et produits, notamment pour soumettre les nouveaux revêtements ou systèmes de traitement de surface à des essais de protection contre la corrosion. Les sites d'essai choisis peuvent présenter une corrosivité importante, tels que les zones marines ou industrielles. Par conséquent, les sites d'essai représentent souvent les milieux les plus défavorables et en tant que tel, les essais effectués sur ces sites peuvent être assimilés à des essais accélérés. Cependant, le degré d'accélération est souvent modéré et la qualification d'un matériau ou produit soumis à des essais de résistance à la corrosion est généralement longue.

Par conséquent, pour qualifier de nouveaux matériaux et produits en fonction de leur résistance à la corrosion, des essais de corrosion accélérés doivent généralement être adoptés au cours de la phase de conception des produits. Plus le degré d'accélération d'un essai de corrosion sera élevé, plus l'essai de corrosion accéléré sera favorable et plus la durée d'essai requise sera courte. D'autre part, plus l'accélération du processus de corrosion pendant les essais sera élevée, plus il sera difficile de simuler correctement les processus de corrosion naturels. Cette corrélation constitue le principal problème lors de la conception d'essais de corrosion accélérés significatifs pour la qualification des produits.

Des efforts considérables ont été déployés pour mettre au point des essais de corrosion accélérés à des fins de qualification des produits. Ces travaux ont engendré l'élaboration d'un large éventail de méthodes dont certaines sont également disponibles sous forme de Normes internationales. Cependant, certains de ces essais sont uniquement destinés à vérifier la qualité comparative d'un matériau métallique protégé ou non protégé contre la corrosion, alors que d'autres peuvent s'avérer utiles pour prédire ou estimer la performance à long terme d'un produit incluant des matériaux métalliques, en l'exposant à une contrainte de corrosion représentant les conditions de service.

Pour identifier la méthode la plus pertinente pour une application spécifique, il faut disposer de connaissances allant généralement au-delà de celles contenues dans une seule norme. Les présentes lignes directrices fournissent donc un cadre pour comparer les essais de corrosion accélérés existants afin de pouvoir tenir compte des différents aspects et de choisir la méthode et le mode opératoire les plus appropriés.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TR 16335:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/82b47121-9893-42c2-8c8c-3b385f08815a/iso-tr-16335-2013>

Corrosion des métaux et alliages — Essais de corrosion en atmosphères artificielles — Lignes directrices pour sélectionner un essai de corrosion accéléré pour la qualification du produit

1 Domaine d'application

Le présent Rapport technique s'applique pour la sélection d'essais de corrosion atmosphérique accélérés adaptés pour la qualification de produits contenant des matériaux métalliques pourvus ou dépourvus d'une protection contre la corrosion, ou protégés de manière temporaire. Les caractéristiques d'un certain nombre d'essais de corrosion accélérés normalisés sont également indiquées à titre de guide pour l'élaboration de spécifications d'essai.

Le présent Rapport technique examine les aspects suivants:

- Catégories d'essais de corrosion atmosphérique accélérés
- Domaines d'application recommandés pour les différents types d'essais et adéquation
- Corrosivité des essais et vitesses de corrosion relatives de métaux ordinaires
- Exigences relatives au matériel d'essai, critères de reproductibilité et corrélation avec les performances en service
- Modes opératoires recommandés pour la qualification des produits

Le présent Rapport technique vise principalement à présenter un cadre pour comparer les différentes méthodes d'essais de corrosion accélérés, qui sont actuellement disponibles sous forme de Normes internationales. L'adéquation d'une méthode d'essai varie en fonction des exigences fixées par l'application prévue du produit.

2 Références normatives

Les documents suivants, en tout ou partie, sont référencés de manière normative dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 9223, *Corrosion des métaux et alliages — Corrosivité des atmosphères — Classification, détermination et estimation*

ISO 9224:2012, *Corrosion des métaux et alliages — Corrosivité des atmosphères — Valeurs de référence relatives aux classes de corrosivité*

ISO 9225, *Corrosion des métaux et alliages — Corrosivité des atmosphères — Mesurage des paramètres environnementaux affectant la corrosivité des atmosphères*

ISO 9226, *Corrosion des métaux et alliages — Corrosivité des atmosphères — Détermination de la vitesse de corrosion d'éprouvettes de référence pour l'évaluation de la corrosivité*

ISO 9227, *Essais de corrosion en atmosphères artificielles — Essais aux brouillards salins*

ISO 10062, *Corrosion des métaux et alliages — Essais de corrosion en atmosphère artificielle à très faible concentration en gaz polluants*

ISO 11130, *Corrosion des métaux et alliages — Essai en immersions alternées en solution saline*

ISO 11474, *Corrosion des métaux et alliages — Essais de corrosion en atmosphère artificielle — Essai de corrosion accéléré en extérieur par vaporisation intermittente d'un brouillard salin («Scab test»)*

ISO 11844-1, *Corrosion des métaux et alliages — Classification de la corrosivité faible des atmosphères d'intérieur — Partie 1: Détermination et estimation de la corrosivité des atmosphères d'intérieur*

ISO 11997-1, *Peintures et vernis — Détermination de la résistance aux conditions de corrosion cyclique — Partie 1: Brouillard salin/sécheresse/humidité*

ISO 11997-2, *Peintures et vernis — Détermination de la résistance aux conditions de corrosion cyclique — Partie 2: Brouillard salin/sécheresse/humidité/lumière UV*

ISO 14993, *Corrosion des métaux et alliages — Essais accélérés comprenant des expositions cycliques à des conditions de brouillard salin, de séchage et d'humidité*

ISO 16151, *Corrosion des métaux et alliages — Essais cycliques accélérés avec exposition au brouillard salin acidifié, en conditions «sèches» et en conditions «humides»*

ISO 16701, *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*

ISO 20340, *Peintures et vernis — Exigences de performance relatives aux systèmes de peinture pour la protection des structures offshore et structures associées*

ISO 21207, *Essais de corrosion en atmosphères artificielles — Essais de corrosion accélérée par expositions alternées à des gaz oxydants ou au brouillard salin neutre et à un séchage*

CEI 60068-2-11, *Essais d'environnement — Partie 2: Essais — Essai Ka: brouillard salin*

CEI 60068-2-30, *Essais d'environnement — Partie 2-30: Essais — Essai Db: essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 h + 12 h)*

CEI 60068-2-52, *Essais d'environnement — Partie 2: Essais — Essai Kb: brouillard salin, essai cyclique (solution de chlorure de sodium)*

CEI 60068-2-60, *Essais d'environnement — Partie 2: Essais — Essai Ke: essai de corrosion dans un flux de mélange de gaz*

CEI 60068-2-78, *Essais d'environnement — Partie 2-78: Essais — Essai Cab: chaleur humide, essai continu*

3 Catégories et caractéristiques des essais de corrosion accélérés

La méthode la plus ancienne et la plus couramment utilisée pour les essais de corrosion accélérés en laboratoire est peut-être l'essai au brouillard salin neutre (catégorie A du [Tableau 1](#)). L'essai continu au brouillard salin neutre est particulièrement utile pour détecter les discontinuités telles que les pores et d'autres défauts dans certains revêtements métalliques, d'oxyde anodique et de conversion, ainsi que dans les revêtements organiques. Cependant, bien qu'ils soient couramment utilisés pour les essais de qualification, les résultats des essais continus aux brouillards salins correspondent rarement aux performances en service.

Tableau 1 — Catégories d'essais de corrosion atmosphérique accélérés

Catégorie d'essai		Exemples de normes
A	Essais continus aux brouillards salins	ISO 9227; CEI 60068-2-11
B	Essais avec immersion alternée d'objets dans une solution saline suivie d'un séchage ou d'une vaporisation intermittente d'un brouillard salin et d'un séchage	ISO 11130
C	Essais avec variation cyclique de l'humidité (conditions sèches/humides) et incluant également des étapes de vaporisation d'un brouillard salin	ISO 11474, ISO 14993; ISO 11997-1; ISO 11997-2; ISO 16151; ISO 16701, ISO 20340, CEI 60068-2-52
D	Essais avec exposition continue à des atmosphères à faible concentration de gaz corrosifs et à une humidité modérément élevée	ISO 10062; CEI 60068-2-60
E	Essais avec exposition continue à des atmosphères à concentration de gaz corrosifs plus élevée et à humidité supérieure, incluant également des étapes de séchage et une courte période de vaporisation de brouillard salin	ISO 21207
F	Essais sous forte humidité	CEI 60068-2-78, CEI 60068-2-30, NT ELEC 025 (avec condensation) Voir Référence [1] dans la Bibliographie

Une solution pour améliorer cette corrélation consiste à introduire une étape de séchage après l'exposition au brouillard salin (catégorie B du [Tableau 1](#)). Une solution encore plus préférable est de combiner l'exposition au brouillard salin avec un cycle alternant entre des niveaux d'humidité élevé et faible (catégorie C du [Tableau 1](#)), en introduisant ainsi l'humidification et le séchage dans le cycle d'essai de corrosion.

La corrélation entre les résultats de ces essais et les performances en service dans des conditions normales en extérieur semble raisonnablement bonne. Un certain nombre d'essais de corrosion cycliques accélérés, fondés sur ce principe ont été élaborés et normalisés. Cependant, la complexité de ces essais varie, ainsi que les exigences relatives au matériel d'essai. Pour mieux maîtriser les facteurs ayant un impact sur la vitesse de corrosion et leur pertinence par rapport à la corrosion en service, des systèmes avancés ont été introduits.

Certains polluants de l'air, tels que le dioxyde de soufre SO₂, le dioxyde d'azote NO₂, le sulfure d'hydrogène H₂S et le chlore Cl₂, présents sous forme d'éléments à l'état de traces favorisent la corrosion des métaux dans des conditions de forte humidité et doivent être pris en considération lors de l'évaluation de la résistance à la corrosion de produits particulièrement sensibles aux avaries de corrosion, tels que les dispositifs électroniques. Les essais d'exposition sous forte humidité en présence de ces polluants de l'air sont donc souvent utilisés pour la qualification de produits électroniques en fonction de la résistance à la corrosion (catégorie D du [Tableau 1](#)).

Les effets de la corrosion peuvent apparaître à des fractions de volume de polluants dans l'air inférieures à 10⁻⁶. La réalisation des essais de corrosion par les polluants de l'air nécessite donc un type de matériel d'essai très spécial. En outre, des mélanges de gaz polluants sont souvent utilisés pour simuler les effets de synergie.

Pour évaluer la résistance à la corrosion de certains produits, des essais combinant la vaporisation intermittente d'un brouillard salin et l'exposition à des gaz corrosifs ont également été introduits (catégorie E du [Tableau 1](#)). Ces méthodes permettent d'évaluer d'autres effets synergiques. Ces essais sont également recommandés pour la qualification de produits conçus pour des milieux relativement corrosifs.

Les essais impliquant l'exposition d'éprouvettes à une forte humidité et à de l'eau condensée sont parfois assimilés à des essais de corrosion (catégorie F du [Tableau 1](#)). Ces essais peuvent avoir des effets corrosifs sur les parties métalliques des produits en cas de contaminants de surface se présentant sous forme de sels. Des essais de condensation sont également utilisés pour les revêtements organiques car ils peuvent induire des dommages dus au gonflement et au relargage d'additifs. Pour les essais de dispositifs électroniques, des essais sous forte humidité sont utilisés pour contrôler l'étanchéité à l'air et les fuites

d'eau dans les équipements. L'essai visant à évaluer la capacité de protection contre la corrosion d'une enceinte semi perméable incluant un dispositif électrique, en déclenchant un refroidissement rapide de l'enceinte, constitue un cas d'essai spécial. Cet essai entraînera le pompage d'air humide dans l'enceinte et la condensation de la vapeur d'eau si l'effet de refroidissement est suffisamment important.

4 Domaines d'application recommandés pour les différents types d'essais et adéquation des méthodes proposées

Au cours de ces dernières années, des méthodes d'évaluation quantitative et de classification de la corrosivité atmosphérique ont été développées et certaines d'entre elles existent également sous forme de Normes internationales. La corrosivité atmosphérique à un endroit spécifique peut être soit estimée à partir de données météorologiques conformément à la description de l'ISO 9223, soit évaluée en mesurant la vitesse de corrosion d'éprouvettes en métal ordinaire à cet endroit conformément à la description de l'ISO 9226.

L'adéquation des différentes catégories d'essais de corrosion pour la qualification des produits est indiquée dans le [Tableau 2](#) pour quatre différents domaines d'application avec une corrosivité variable d'un milieu de service attendu pour ces applications.

Les catégories de corrosivité (C1 = très faible, C2 = faible, C3 = moyenne, C4 = élevée, C5 = très élevée et CX = extrême) indiquées dans le [Tableau 2](#) sont définies quantitativement dans l'ISO 9223. Les classes de sévérité (G1 = faible, G2 = modérée, G3 = élevée et GX = extrême) indiquées dans le [Tableau 2](#) sont également définies quantitativement dans l'ISA S71.04 (Référence [2] dans la Bibliographie). La classification de la corrosivité en atmosphères faiblement corrosives est également décrite dans l'ISO 11844-1 qui inclut une comparaison des catégories de corrosivité ISO et ISA.

Les classes suivantes sont utilisées pour exprimer l'adéquation d'une catégorie spécifique d'essai de corrosion:

P = Type de méthode préféré

U = Utile pour les essais comparatifs de produits similaires

N = Inutile sauf pour le contrôle qualité du même produit

Tableau 2 — Adéquation des méthodes d'essai de corrosion pour différents domaines d'application

Domaine d'application		Adéquation des différentes catégories d'essais de corrosion					
Description	Corrosivité	A (brouillard salin constant)	B (immersion alternée)	C (cycle d'humidité avec brouillard salin)	D (exposition aux polluants de l'air)	E (exposition aux polluants de l'air, séchage et brouillard salin)	F (condensation)
Constructions marines	Site extérieur (C4-C5)	N	U	P	–	P 2)	–
	Embruns (C5)	N	U	–	–	–	–
	Sous la mer ¹⁾	–	–	–	–	–	–
Automobile	Châssis (C4-C5)	N	U	P	–	P 2)	–
	Compartment moteur (C2-C4)	N	U	P	–	P 2)	–
	Habitacle (C1)	–	–	–	P 2)	–	P
Construction de bâtiments	À l'air libre (C3-C5)	N	U	P	–	P 2)	–
	Sous abri (C2-C4)	N	U	P	–	P 2)	–
	En intérieur (C1-C2)	–	–	–	P 2)	–	P
Dispositifs électriques	Sévère (GX)	U ³⁾	U ³⁾	U ³⁾	–	P	P 4)
	Élevée (G3)	U ³⁾	U ³⁾	U ³⁾	–	P	P 4)
	Faible à modérée (G1-G2)	–	–	–	P	–	P

P = Type de méthode préféré
U = Utile pour les essais comparatifs de produits similaires
N = Inutile sauf pour le contrôle qualité du même produit
1) Il convient d'utiliser l'essai avec immersion totale.
2) Il s'agit du type de méthode préféré pour les dispositifs électriques mais son applicabilité est également plus générale.
3) Pour les essais d'étanchéité.
4) Type de méthode préféré lorsque l'effet des contaminants salins intérieurs prédomine.

Des indications générales concernant l'aptitude des différentes catégories d'essais à évaluer la résistance à la corrosion de matériaux métalliques spécifiques sont indiquées dans le [Tableau 3](#), en utilisant les mêmes classes d'aptitude que celles utilisées dans le [Tableau 2](#).