
**Corrosion des métaux et alliages —
Corrosivité des atmosphères — Valeurs
de référence relatives aux classes de
corrosivité**

*Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Guiding
values for the corrosivity categories*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 9224:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ed08cea3-78ec-43e6-a8b7-7797ac5153e5/iso-9224-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ed08cea3-78ec-43e6-a8b7-7797ac5153e5/iso-9224-2012>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 9224:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ed08cea3-78ec-43e6-a8b7-7797ac5153e5/iso-9224-2012>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2012

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du 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 Termes et définitions	1
4 Principe	2
5 Prédiction de l'attaque par corrosion après une exposition prolongée	2
6 Critères spécifiques pour le calcul des vitesses de corrosion des métaux de construction	3
6.1 Aciers	3
6.2 Matériaux en zinc	4
6.3 Alliages de cuivre	5
6.4 Alliages d'aluminium	5
7 Expositions à long terme	5
Annexe A (informative) Exemple d'attaque par corrosion maximale après des expositions prolongées pour les classes de corrosivité	8
Annexe B (informative) Vitesses initiales moyennes de corrosion et vitesses stabilisées moyennes de corrosion dans les intervalles relatifs aux classes de corrosivité	10
Annexe C (informative) Prédiction de l'attaque par corrosion des aciers en fonction de leur composition	11
Bibliographie	13

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 Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

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.

L'ISO 9224 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 156, *Corrosion des métaux et alliages*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 9224:1992), qui a fait l'objet d'une révision technique.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ed08cea3-78ec-43e6-a8b7-7797ac5153e5/iso-9224-2012>

Introduction

Le terme «classe de corrosivité» défini dans l'ISO 9223 est un terme général adapté à des objectifs de génie industriel, qui décrit les propriétés de corrosion des atmosphères d'après l'état actuel des connaissances sur la corrosion atmosphérique.

Des valeurs de référence d'attaque par corrosion peuvent être utilisées pour prévoir l'étendue d'une attaque par corrosion lors d'expositions à long terme sur la base de mesurages d'attaque par corrosion sur la première année d'exposition à l'atmosphère extérieure considérée. Ces valeurs peuvent également être utilisées pour établir des estimations prudentes d'attaque par corrosion sur la base d'informations environnementales ou d'estimations de classes de corrosivité comme indiqué dans l'ISO 9223.

Les estimations d'attaque par corrosion obtenues par les méthodes décrites dans la présente Norme internationale peuvent être utilisées pour prédire la durée de vie de composants métalliques et, dans certains cas, de revêtements métalliques exposés aux atmosphères extérieures couvertes par l'ISO 9223. Les résultats d'attaque par corrosion peuvent également être utilisés pour déterminer si des dispositifs de protection, tels que des revêtements, sont nécessaires pour atteindre les durées de vie requises pour les produits. D'autres utilisations comprennent le choix de matériaux de construction pour service en environnement atmosphérique extérieur.

Les valeurs de référence de corrosion peuvent être utilisées comme des éléments d'information pour le choix de la méthode de protection contre la corrosion atmosphérique conformément à l'ISO 11303.

Dans la présente Norme internationale, les valeurs de référence sont basées sur un grand nombre d'expositions en plusieurs endroits du monde. Cependant, la méthode utilisée dans la présente Norme internationale ne peut pas couvrir toutes les situations susceptibles d'être rencontrées dans les environnements naturels et les conditions de service. En particulier, les situations donnant lieu à des changements significatifs dans l'environnement peuvent entraîner des augmentations ou des réductions majeures des vitesses de corrosion. Les utilisateurs de la présente Norme internationale sont invités à demander l'avis d'experts qualifiés dans le domaine de la corrosion atmosphérique en extérieur dans les cas où une corrosion localisée peut être plus importante qu'une attaque généralisée. Les questions spécifiques concernant la corrosion galvanique (bimétallique), la corrosion par piqûres, la corrosion cavernueuse, la fissuration dans un environnement donné et l'effet de coin dans le produit de corrosion ne sont pas traitées dans la présente Norme internationale.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 9224:2012](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ed08cea3-78ec-43e6-a8b7-7797ac5153e5/iso-9224-2012>

Corrosion des métaux et alliages — Corrosivité des atmosphères — Valeurs de référence relatives aux classes de corrosivité

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie des valeurs de référence d'attaque par corrosion pour des métaux et des alliages exposés à des atmosphères naturelles extérieures pendant des périodes supérieures à un an. La présente Norme internationale est destinée à être utilisée conjointement avec l'ISO 9223.

Les valeurs de référence de corrosion relatives à des matériaux de construction de référence peuvent être utilisées lors de calculs de conception. Les valeurs de référence de corrosion spécifient le contenu technique de chaque classe de corrosivité individuelle applicable à ces métaux de référence.

L'Annexe A fournit des exemples d'attaque par corrosion maximale calculée après une exposition prolongée (jusqu'à 20 ans) pour six classes de corrosivité normalisées.

L'Annexe B indique les valeurs supposées des vitesses moyennes initiales et stabilisées de corrosion des métaux de référence dans les intervalles relatifs à six classes de corrosivité normalisées.

L'Annexe C décrit la méthode de calcul de l'attaque par corrosion des aciers en fonction de leur composition.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ed08cea3-78ec-43e6-a8b7-7797ac5153e5/iso-9224-2012>

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour 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 (y compris les éventuels amendements) s'applique.

ISO 8044, *Corrosion des métaux et alliages — Termes principaux et définitions*

ISO 9223, *Corrosion des métaux et alliages — Corrosivité des atmosphères — Classification, détermination et estimation*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 8044 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

valeurs de référence de corrosion

valeurs des vitesses de corrosion, de perte de masse, de pénétration ou d'autres caractéristiques de corrosion exprimant le pouvoir corrosif attendu d'un environnement atmosphérique de classe de corrosivité donnée sur des métaux de référence

3.2

vitesse de corrosion après exposition prolongée

vitesse de corrosion après des périodes d'exposition supérieures à un an

3.3

vitesse moyenne de corrosion

r_{av}
vitesse de corrosion annuelle calculée comme étant la valeur moyenne pour les 10 premières années d'exposition atmosphérique d'un métal

3.4

vitesse stabilisée de corrosion

r_{lin}
vitesse de corrosion annuelle résultant d'une exposition atmosphérique prolongée d'un métal, abstraction faite de la période initiale

NOTE Pour les besoins de la présente Norme internationale, la vitesse de corrosion au bout de 10 ans d'exposition est considérée comme étant constante.

4 Principe

La vitesse de corrosion des métaux et alliages exposés aux atmosphères naturelles extérieures n'est pas constante avec le temps d'exposition. Pour la plupart des métaux et alliages, elle diminue avec le temps d'exposition en raison de l'accumulation de produits de corrosion sur la surface du métal exposé. On observe habituellement que l'attaque sur les métaux et alliages industriels évolue de façon linéaire lorsque l'on trace, sur un système de coordonnées logarithmiques, la courbe de variation du dommage total en fonction du temps d'exposition. Cette relation indique que l'attaque totale, D , exprimée en termes de perte de masse par unité de surface ou de profondeur de pénétration, peut être donnée par:

$$D = r_{corr} t^b \quad (1)$$

où

- t est le temps d'exposition, en années, [ISO 9224:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ed08cea3-78ec-43e6-a8b7-7797ac5153e5/iso-9224-2012)
- r_{corr} est la vitesse de corrosion subie au cours de la première année, en grammes par mètre carré an [g/(m²·a)] ou en micromètres par an (µm/a), conformément à l'ISO 9223;
- b est l'exposant du temps spécifique à la relation métal-environnement et habituellement inférieur à 1.

5 Prédiction de l'attaque par corrosion après une exposition prolongée

Il convient d'utiliser la présente méthode dans les cas où l'étendue de l'attaque par corrosion au cours de la première année est disponible, ou s'il est possible de l'estimer en utilisant les méthodes décrites dans l'ISO 9223, et que l'on veut prévoir l'étendue de l'attaque après une exposition prolongée.

La prédiction de l'attaque par corrosion est calculée en remplaçant les valeurs dans l'Équation (1).

Une valeur b appropriée est choisie ou calculée conformément à l'Article 7. Si des données relatives à la perte de métal à long terme sont disponibles, utiliser la valeur b issue de ces données. Si la composition détaillée du métal n'est pas connue, choisir dans le Tableau 2 la valeur B1 relative au métal ou à l'alliage concerné. Il s'agit de la valeur b à utiliser dans l'Équation (1).

Les valeurs B1 ont été prises comme les exposants du temps moyens dans les analyses de régression des résultats à long terme du programme d'expositions atmosphériques ISO CORRAG^[1].

NOTE Il est nécessaire de faire la distinction entre l'exposant du temps spécifique au couple métal-environnement, b , dans l'Équation (1), estimé à partir des données d'exposition, et les valeurs B1 et B2 supposées ou calculées à partir du programme ISO CORRAG en tant que valeurs de b généralisées.

Le Tableau 3 contient des valeurs de la fonction t^b pour des valeurs de temps jusqu'à 100 ans, avec les exposants B1 pour simplifier les calculs. Cependant, l'Équation (1) peut ne pas s'appliquer à des durées d'exposition supérieures à 20 ans (voir l'Article 7 qui traite des expositions de longue durée).

Dans les cas où il est important d'estimer une limite supérieure prudente de l'attaque par corrosion après une exposition prolongée, il convient d'augmenter la valeur b utilisée dans l'Équation (1) pour tenir compte des incertitudes des données. Pour cela, il existe un moyen consistant à ajouter deux écarts-types à la valeur moyenne pour obtenir une valeur au niveau de confiance supérieur de 95 %. Pour les quatre métaux indiqués dans le Tableau 2, les écarts-types des valeurs $b^{[1]}$ sont les suivants:

— Acier au carbone:	0,026 0
— Zinc:	0,030 0
— Cuivre:	0,029 5
— Aluminium:	0,039 5

NOTE L'estimation d'une limite supérieure prudente de l'attaque par corrosion après une exposition prolongée est fondée sur les incertitudes associées à b . Cette estimation ne tient pas compte des incertitudes associées à r_{corr} , définies dans l'ISO 9223.

Les valeurs B2 indiquées dans le Tableau 2 comprennent les ajouts de deux écarts-types et peuvent être utilisées lorsqu'une limite supérieure d'attaque par corrosion est requise lors de l'utilisation des données du panel du programme ISO CORRAG. Le Tableau 3 fournit également des valeurs calculées pour la fonction t^b jusqu'à 100 ans en utilisant des valeurs B2 pour b (voir l'Article 7 pour les durées d'exposition supérieures à 20 ans).

(standards.iteh.ai)

L'Annexe A indique l'attaque par corrosion maximale pour les métaux de référence couverts par l'ISO 9223 pour des durées d'exposition atteignant 20 ans, pour les six classes de corrosion. Ces calculs ont été effectués à l'aide des exposants du temps donnés dans le Tableau 2.

6 Critères spécifiques pour le calcul des vitesses de corrosion des métaux de construction

6.1 Aciers

La capacité de protection des couches de rouille sur les aciers lors des expositions atmosphériques est très fortement influencée par les éléments d'alliage dans l'acier. Les aciers patinables, en particulier, ont des éléments d'alliage spécifiques favorisant la formation d'une couche de rouille protectrice qui se développe lors de l'exposition. Les performances d'autres aciers au carbone et aciers faiblement alliés exposés aux conditions atmosphériques varient considérablement en fonction de leur teneur spécifique en éléments d'alliage. La méthode de calcul des vitesses de corrosion des aciers en fonction de leur composition est décrite à l'Annexe C.

Les valeurs B1 et B2 dans le Tableau 2 sont estimées pour un acier au carbone ayant la composition indiquée dans le Tableau 1^[2].

Tableau 1 — Composition de l'acier pour lequel les valeurs B1 et B2 sont estimées

Élément	Composition (fraction massique) %
Carbone	0,056
Silicium	0,060
Soufre	0,012
Phosphore	0,013
Chrome	0,02
Molybdène	0,01
Nickel	0,04
Cuivre	0,03
Niobium	0,01
Titane	0,01
Vanadium	0,01
Aluminium	0,02
Étain	0,005
Azote	0,004
Manganèse	0,39

Il a été observé que les crevasses et autres zones protégées non exposées à l'eau de pluie subissaient des dommages par corrosion considérablement plus importants que ceux prédits par l'Équation (1) lors d'expositions prolongées. Par ailleurs, il convient de prévoir que, pour les constructions utilisant des aciers patinables ou des aciers au carbone non protégés, l'eau de pluie laisse des dépôts de rouille sur les surfaces exposées à la pluie et qu'une coloration permanente peut apparaître sur le béton, la pierre, la maçonnerie et autres matériaux poreux.

Des aciers trempés pour obtenir des limites de rupture supérieures à 1 000 MPa environ peuvent subir des fissurations influencées par l'environnement, suite à une corrosion atmosphérique.

6.2 Matériaux en zinc

Les performances des alliages de zinc exposés aux conditions atmosphériques varient également de façon significative. Les valeurs B1 du Tableau 2 sont obtenues à partir d'alliages de zinc pur du commerce, mais d'autres alliages de zinc ont donné des valeurs b plus élevées lors d'expositions atmosphériques^[3]. Étant donné que les dépôts électrolytiques de zinc, les dépôts mécaniques de zinc et les revêtements de zinc par immersion à chaud ont tous des comportements uniques, il est possible que l'utilisation de l'Équation (1) avec les valeurs B1 ou B2 ne permette pas de prédire avec précision leurs performances. Les matériaux en zinc sont particulièrement vulnérables à l'attaque par le dioxyde de soufre et les environnements présentant des niveaux élevés de ce gaz (plage de dioxyde de soufre P_3) sont probablement corrodés à des vitesses plus élevées que celles prédites par l'Équation (1). Dans ces cas, il est prudent de supposer une corrosion linéaire avec le temps, c'est-à-dire une valeur b égale à 1,0.

NOTE Se reporter à l'ISO 14713-1 pour des informations complémentaires sur l'utilisation de revêtements de zinc pour la protection contre la corrosion.

6.3 Alliages de cuivre

Les alliages de cuivre, tels que les laitons (c'est-à-dire les alliages cuivre-zinc), les bronzes (c'est-à-dire les alliages cuivre-étain), les maillechorts (c'est-à-dire les alliages de cuivre contenant du zinc et du nickel) et les cupronickels, ont des vitesses de corrosion atmosphérique similaires (ou légèrement inférieures) à celle du cuivre pur^{[4][5]}. Les valeurs B1 et B2 dans le Tableau 2 conviennent pour tous ces matériaux. Les laitons ayant des teneurs en zinc supérieures à environ 20 % peuvent subir une dézincification dans des atmosphères agressives. Les laitons biphasés sont les plus vulnérables à ce type d'attaque. Il convient de noter également que les alliages de cuivre écrouis peuvent subir des fissurations influencées par l'environnement dans des atmosphères naturelles si leur degré d'écrouissage est suffisamment élevé.

6.4 Alliages d'aluminium

Les alliages d'aluminium subissent une corrosion à la fois généralisée et localisée dans les atmosphères naturelles. Par conséquent, l'attaque calculée par les méthodes décrites ci-dessus peut sous-estimer considérablement les pénétrations maximales qui se produisent. En outre, les alliages à durcissement structural et à haute résistance qui contiennent des quantités significatives de cuivre ou de cuivre-zinc peuvent subir une corrosion exfoliante. Les produits en aluminium ayant une couche d'alliage de protection galvanique appliquée sur l'alliage à haute résistance présentent généralement une bien meilleure résistance à la corrosion lors d'expositions atmosphériques. Des états métallurgiques particuliers ont été également mis au point pour des alliages à durcissement structural à haute résistance contenant des quantités significatives de cuivre-zinc afin d'éviter l'exfoliation ou la fissuration sous contrainte. Les alliages ayant un bon comportement à la corrosion à long terme, utilisés pour des applications structurales, maritimes et dans les bâtiments, sont traités dans des normes spécifiques à l'aluminium.

iTeh STANDARD PREVIEW

7 Expositions à long terme

(standards.iteh.ai)

Il a été constaté que l'Équation (1) est valable pour des durées d'exposition atteignant 20 ans pour les métaux couverts par la présente Norme internationale. Cependant, l'Équation (1) est fondée sur le fait que l'épaisseur et le degré de protection des couches de produit de corrosion augmentent durant l'exposition. À un moment donné au-delà de la période de 20 ans, la couche se stabilise et la vitesse de corrosion devient linéaire avec le temps. Cela s'explique par le fait que la vitesse de perte de métal est égale à la vitesse de perte de couche de produit de corrosion. Malheureusement, il n'existe aucune donnée expérimentale indiquant le moment où cela se produit et il n'existe aucune méthode permettant de le prédire. L'utilisation de l'Équation (1) au-delà de 20 ans est probablement justifiée dans la plupart des cas, notamment si la durée d'exposition n'est pas très supérieure à 20 ans.

Toutefois, une approche qui permet l'estimation maximale de l'attaque consiste à supposer que la vitesse de corrosion devient linéaire au bout d'une durée d'exposition de 20 ans. Dans ce cas, la vitesse de corrosion peut être calculée à l'aide de l'Équation (2):

$$dD/dt = b r_{\text{corr}} (t)^{b-1} \quad (2)$$

L'attaque totale serait alors exprimée comme suit:

$$D(t > 20) = r_{\text{corr}} [20^b + b (20^{b-1}) (t - 20)] \quad (3)$$

Le Tableau 4 donne les valeurs relatives au terme $b (20^{b-1})$ pour les valeurs b indiquées dans le Tableau 2. L'Équation (3) donne des estimations d'attaque par corrosion plus élevées que celles de l'Équation (1) pour des durées d'exposition supérieures à 20 ans, mais, si une estimation d'attaque maximale est requise, l'Équation (3) est justifiée.