
**Fixations — Systèmes de revêtements
électrolytiques**

Fasteners — Electroplated coating systems

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 4042:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6ccc8871-a714-45ca-9aba-fd02c4be9e04/iso-4042-2022>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 4042:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6ccc8871-a714-45ca-9aba-fd02c4be9e04/iso-4042-2022>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2022

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
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	v
Introduction	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
4 Caractéristiques générales du revêtement	3
4.1 Métaux ou alliages constituant le revêtement et objectifs principaux	3
4.2 Constitution des principaux systèmes de revêtements électrolytiques	3
4.3 Systèmes de revêtements et procédés de revêtement	4
4.4 Fragilisation par l'hydrogène interne	5
4.4.1 Généralités	5
4.4.2 Fixations de dureté jusqu'à 360 HV	5
4.4.3 Fixations de dureté supérieure à 360 HV et jusqu'à 390 HV	5
4.4.4 Fixations de dureté supérieure à 390 HV	6
4.4.5 Fixations conformes à l'ISO 898-1, ISO 898-2 et ISO 898-3	6
4.4.6 Fixations cémentées	7
4.4.7 Fixations écrouies et fixations avec filets roulés après traitement thermique	9
4.4.8 Fixations à structure bainitique	9
4.5 Dégazage	9
5 Protection contre la corrosion et essais	9
5.1 Généralités	9
5.2 Essai au brouillard salin neutre (BS) pour systèmes de revêtements à base de zinc	10
5.3 Essai au dioxyde de soufre (essai Kesternich)	11
5.4 Manutention en vrac, procédés automatiques tels que l'alimentation et/ou le tri, stockage et transport	12
6 Exigences dimensionnelles et essais	12
6.1 Généralités	12
6.2 Fixations à filetage métrique ISO	12
6.2.1 Épaisseur de revêtement	12
6.2.2 Aptitude au contrôle par calibre du filetage et aptitude à l'assemblage	13
6.3 Autres fixations	14
6.4 Méthodes d'essai pour la détermination de l'épaisseur	14
7 Caractéristiques mécaniques et physiques, et essais	17
7.1 Généralités	17
7.2 Aspect	17
7.3 Résistance à la corrosion par rapport à la température	17
7.4 Relation couple/tension	17
7.5 Détermination du chrome hexavalent	17
8 Conditions d'application des essais	18
8.1 Généralités	18
8.2 Essais obligatoires pour chaque lot	18
8.3 Essais pour le contrôle en fabrication	18
8.4 Essais à effectuer lorsque spécifiés par le client	18
9 Système de désignation	18
9.1 Généralités	18
9.2 Désignation des systèmes de revêtements électrolytiques pour la commande	19
9.3 Exemples de désignation des systèmes de revêtements électrolytiques sans chrome hexavalent pour les fixations	21
9.4 Désignation des fixations avec systèmes de revêtements électrolytiques pour l'étiquetage	22

10	Spécifications pour la commande d'un revêtement électrolytique	22
11	Conditions de stockage	23
Annexe A (informative)	Aspects relatifs à la conception et aux assemblages avec des fixations revêtues	24
Annexe B (informative)	Considérations relatives à la fragilisation par l'hydrogène	32
Annexe C (informative)	Protection contre la corrosion pour les revêtements de zinc avec chromatation	37
Annexe D (informative)	Épaisseur de revêtement et jeu dans le filetage pour les filetages métriques ISO	38
Annexe E (informative)	Systemes de revêtements soumis à essai conformément à l'ISO 9227, BS — Évaluation de l'agressivité de l'enceinte pour l'essai au brouillard salin neutre	45
Annexe F (informative)	Codes de désignation obsolètes pour les systèmes de revêtements électrolytiques des fixations, selon l'ISO 4042:1999	55
	Bibliographie	58

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 4042:2022](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6ccc8871-a714-45ca-9aba-fd02c4be9e04/iso-4042-2022)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6ccc8871-a714-45ca-9aba-fd02c4be9e04/iso-4042-2022>

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 attirée 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 www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été préparé par le comité technique ISO/TC 2, *Fixations*, Sous-comité SC 14 *Revêtements de surface*, en collaboration avec le Comité Européen de Normalisation (CEN) comité technique CEN/TC 185, *Fixations*, conformément à l'accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (accord de Vienne).

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition (ISO 4042:2018) qui a fait l'objet d'une révision technique. Les principales modifications sont les suivantes:

- à l'[Article 1](#), le fait que les exigences du présent document pour les fixations avec revêtement électrolytique priment sur celles des autres documents traitant de revêtement électrolytique a été ajouté;
- toutes les références à l'ISO 2081 et à l'ISO 19598 ont été supprimées, car l'ISO 4042 est un document autonome pour le domaine des fixations;
- au [4.4](#), les mesures pour éviter la fragilisation par l'hydrogène interne pour les écrous, les rondelles de forme plane et les vis cimentées ont été entièrement révisées;
- au [6.4](#), les zones de référence pour la détermination de l'épaisseur ont été spécifiées de façon plus précise;
- la rédaction de l'ensemble du document a été améliorée pour être plus précise, en particulier pour les sujets complexes.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Introduction

L'ISO 4042:1999 a été complètement révisée pour prendre en compte les nouveaux développements sur les passivations sans chrome hexavalent, l'application de finitions «sealer» et «top coat», les exigences concernant les caractéristiques fonctionnelles ainsi que les résultats des travaux de recherche pour minimiser le risque de fragilisation par l'hydrogène. Cette révision a été publiée en 2018.

Les dernières éditions de l'ISO 2081:2018 ainsi que de l'ISO 19598:2016, qui sont des normes générales pour les revêtements électrolytiques, sont inadéquates pour traiter des exigences des fixations avec revêtement électrolytique qui font l'objet de l'ISO 4042, et tout particulièrement par rapport à la fragilisation par l'hydrogène et au dégazage. Par conséquent, une nouvelle révision de l'ISO 4042:2018 a été nécessaire pour supprimer toute référence à ces deux normes générales afin d'éviter toute contradiction.

Pour les écrous, les rondelles de forme plane et les vis cémentées avec revêtement électrolytique, les mesures pour minimiser le risque de fragilisation par l'hydrogène, en particulier en ce qui concerne le dégazage, ont été révisées pour être en cohérence avec les révisions des ISO 898-2 et ISO 2702, et pour tenir compte des résultats des travaux de recherche les plus récents. Dans le cas des rondelles de forme plane avec revêtement électrolytique conformes à l'ISO 898-3, il est généralement admis que la contrainte de traction résultant d'une flexion lors de l'utilisation, prévisible ou intempestive, peut augmenter le risque de fragilisation par l'hydrogène. Une méthode d'essai appropriée pour simuler un tel scénario est actuellement à l'étude.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 4042:2022](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6ccc8871-a714-45ca-9aba-fd02c4be9e04/iso-4042-2022)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6ccc8871-a714-45ca-9aba-fd02c4be9e04/iso-4042-2022>

Fixations — Systèmes de revêtements électrolytiques

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les exigences pour les fixations en acier avec revêtements et systèmes de revêtements électrolytiques. Les exigences relatives aux caractéristiques dimensionnelles s'appliquent également aux fixations en cuivre ou en alliages de cuivre.

Il spécifie également les exigences et donne des recommandations afin de minimiser le risque de fragilisation par l'hydrogène; voir [4.4](#) et l'[Annexe B](#).

Il s'applique principalement aux fixations avec revêtement de zinc et d'alliage de zinc (zinc, zinc-nickel, zinc-fer) et de cadmium ainsi qu'aux systèmes de revêtements, essentiellement destinés à la protection contre la corrosion et à l'obtention d'autres caractéristiques fonctionnelles:

- avec ou sans couche de conversion;
- avec ou sans finition «sealer»;
- avec ou sans finition «top coat»;
- avec ou sans lubrifiant (lubrifiant intégré et/ou lubrifiant additionnel).

Les spécifications concernant d'autres revêtements et systèmes de revêtements électrolytiques (étain, étain-zinc, cuivre-étain, cuivre-argent, cuivre, argent, cuivre-zinc, nickel, nickel-chrome, cuivre-nickel, cuivre-nickel-chrome) sont incluses dans le présent document uniquement pour les exigences dimensionnelles relatives aux fixations à filetage métrique ISO.

Les exigences du présent document pour les fixations avec revêtement électrolytique priment sur celles des autres documents traitant de revêtement électrolytique.

Le présent document s'applique aux fixations en acier, vis, goujons, tiges filetées et écrous à filetage métrique ISO, et autres fixations filetées et non filetées telles que les rondelles, les goupilles, les clips et les rivets.

NOTE Le revêtement électrolytique est également appliqué aux fixations en acier inoxydable, par exemple pour assurer la lubrification afin d'éviter le grippage.

Des informations sur la conception et l'assemblage des fixations revêtues sont données à l'[Annexe A](#).

Le présent document ne spécifie pas d'exigence pour les caractéristiques telles que la soudabilité ou l'aptitude à la peinture.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils 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 1456, *Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques — Dépôts électrolytiques de nickel, de nickel plus chrome, de cuivre plus nickel et de cuivre plus nickel plus chrome*

ISO 1463, *Revêtements métalliques et couches d'oxyde — Mesurage de l'épaisseur de revêtement — Méthode par coupe micrographique*

ISO 1502, *Filetages métriques ISO pour usages généraux — Calibres à limites et vérification*

ISO 1891-2, *Fixations — Terminologie — Partie 2: Vocabulaire et définitions pour les revêtements*

ISO 2082, *Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques — Dépôts électrolytiques de cadmium avec traitements supplémentaires sur fer ou acier*

ISO 2093, *Dépôts électrolytiques d'étain — Spécifications et méthodes d'essai*

ISO 2177, *Revêtements métalliques — Mesurage de l'épaisseur — Méthode coulométrique par dissolution anodique*

ISO 2178, *Revêtement métalliques non magnétiques sur métal de base magnétique — Mesurage de l'épaisseur du revêtement — Méthode magnétique*

ISO 3497, *Revêtements métalliques — Mesurage de l'épaisseur du revêtement — Méthodes par spectrométrie de rayons X*

ISO 3613, *Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques — Couches de conversion au chromate sur zinc, cadmium et alliages d'aluminium-zinc et de zinc-aluminium — Méthodes d'essai*

ISO 4521, *Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques — Dépôts électrolytiques d'argent et d'alliages d'argent pour applications industrielles — Spécifications et méthodes d'essai*

ISO 8991, *Système de désignation des éléments de fixation*

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

ISO 15330, *Éléments de fixation — Essai de précharge pour la détection de la fragilisation par l'hydrogène — Méthode des plaques parallèles*

ISO 15726, *Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques — Dépôts électrolytiques d'alliages de zinc au nickel, cobalt ou fer*

ISO 16047, *Éléments de fixation — Essais couple/tension*

ISO 16228, *Fixations — Types de documents de contrôle*

ISO 21968, *Revêtements métalliques non magnétiques sur des matériaux de base métalliques et non métalliques — Mesurage de l'épaisseur de revêtement — Méthode par courants de Foucault sensible aux variations de phase*

ASME B18.6.3, *Machine Screws, Tapping Screws, and Metallic Drive Screws (Inch Series)*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'ISO 1891-2 ainsi que les suivants, s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

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

3.1

plaque de référence

matériau de référence à exposer pour vérifier le degré d'agressivité de l'enceinte d'essai utilisée pour les essais de fixations

4 Caractéristiques générales du revêtement

4.1 Métaux ou alliages constituant le revêtement et objectifs principaux

Les systèmes de revêtements électrolytiques pour les fixations en acier sont essentiellement destinés à la protection contre la corrosion et à l'obtention de caractéristiques fonctionnelles, telles que la relation couple/tension.

De plus, d'autres caractéristiques fonctionnelles ou propriétés d'aspect peuvent être spécifiées; voir [Annexe A](#).

Le [Tableau 1](#) présente les revêtements électrolytiques couramment utilisés pour les fixations, ainsi que leur(s) fonction(s) principale(s). Des informations supplémentaires, telles que la désignation ou l'aspect, peuvent être trouvées dans d'autres normes ISO pertinentes listées dans la dernière colonne du [Tableau 1](#).

Tableau 1 — Revêtements électrolytiques par rapport à leur(s) fonction(s) principale(s), et normes ISO correspondantes

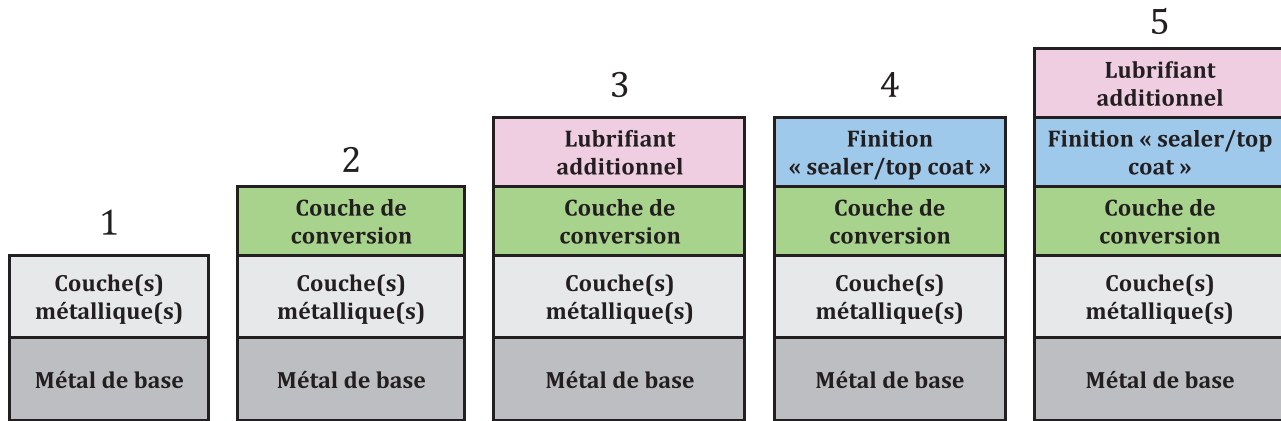
Métal/Métaux du revêtement		Nature	Fonction principale du revêtement pour fixations	Norme ISO
Symbole	Élément			
Zn	Zinc	Métal	P/D/F	—
ZnNi	Zinc-nickel	Alliage	P/D/F	ISO 15726
ZnFe	Zinc-fer	Alliage	P/D/F	ISO 15726
Cd	Cadmium ^a	Métal	P/F	ISO 2082
Ni	Nickel	Métal	D/F	ISO 1456
Ni+Cr	Nickel+chrome	Multicouche	D	ISO 1456
Cu+Ni	Cuivre+nickel	Multicouche	D	ISO 1456
Cu+Ni+Cr	Cuivre+nickel+chrome	Multicouche	D	ISO 1456
CuZn	Laiton	Alliage	D	—
CuSn	Cuivre-étain (bronze)	Alliage	F	—
Cu	Cuivre	Métal	F/D	—
Ag	Argent	Métal	F/D	ISO 4521
CuAg	Cuivre-argent	Alliage	F	—
Sn	Étain	Métal	F	ISO 2093
SnZn	Étain-zinc	Alliage	F/P	—

P protection contre la corrosion
 F caractéristiques fonctionnelles
 D propriétés décoratives (couleur, aspect)

^a Le cadmium est restreint ou interdit pour de nombreuses applications (les derniers utilisateurs du cadmium sont principalement les industries militaires et aérospatiales).

4.2 Constitution des principaux systèmes de revêtements électrolytiques

La [Figure 1](#) montre les principaux systèmes de revêtements électrolytiques.



Légende

- 1 uniquement couche(s) métallique(s)
- 2 couche(s) métallique(s) + couche de conversion
- 3 couche(s) métallique(s) + couche de conversion + lubrifiant additionnel
- 4 couche(s) métallique(s) + couche de conversion + finition «sealer/top coat»
- 5 couche(s) métallique(s) + couche de conversion + finition «sealer/top coat» + lubrifiant additionnel

Figure 1 — Représentation schématique des principaux systèmes de revêtements électrolytiques

Une couche de conversion augmente la protection contre la corrosion sur les revêtements de zinc, d'alliage de zinc et de cadmium. Il peut s'agir d'une passivation (sans chrome VI) ou d'une chromatisation (contenant du chrome VI). La couche de conversion peut également permettre une meilleure adhérence de la/des couche(s) supplémentaire(s), et/ou des couleurs/peintures additionnelles.

Une finition «sealer/top coat» additionnelle (avec ou sans lubrifiant intégré) peut être choisie pour augmenter la résistance à la corrosion et/ou obtenir d'autres caractéristiques spécifiques (par exemple, relation couple/tension, résistance chimique, résistance mécanique, aspect, couleur, stabilité thermique, résistance électrique accrue, résistance aux rayons UV). Il convient de choisir la nature de la finition «sealer» ou «top coat» en fonction des caractéristiques additionnelles souhaitées.

Un lubrifiant additionnel peut être appliqué pour ajuster ou modifier la relation couple/tension.

NOTE Le revêtement électrolytique est également appliqué aux fixations en acier inoxydable, par exemple pour assurer la lubrification afin d'éviter le grippage.

4.3 Systèmes de revêtements et procédés de revêtement

Il convient que le type et la géométrie de la fixation soient pris en compte lors du choix du système de revêtement et du procédé d'application adapté (voir [Annexe A](#)) et que les aspects de fragilisation par l'hydrogène soient pris en considération (voir [Annexe B](#)).

Le procédé de revêtement électrolytique doit être maîtrisé, conformément à une norme reconnue et/ou à une spécification par accord avec le client. Les recommandations relatives à la vérification supplémentaire du procédé en ce qui concerne la fragilisation par l'hydrogène interne sont présentées aux [4.5](#) et [B.4](#).

4.4 Fragilisation par l'hydrogène interne

4.4.1 Généralités

Les trois conditions suivantes doivent être **simultanément** présentes pour entraîner un risque de fragilisation par l'hydrogène interne des fixations (IHE - Internal Hydrogen Embrittlement), voir également l'[Annexe B](#):

- résistance à la traction élevée ou dureté élevée, y compris cémentation;
- contraintes de traction, y compris contrainte de traction résiduelle;
- hydrogène à l'état atomique absorbé par l'acier.

La susceptibilité à l'IHE augmente avec l'augmentation de la dureté de la fixation. Des mesures appropriées de prévention de l'IHE pour les fixations trempées et revenues sont spécifiées dans le [Tableau 2](#) en fonction de la dureté.

Le [Tableau 2](#) et les [paragraphes 4.4.2](#) à [4.4.4](#) fournissent les lignes directrices générales pour les mesures relatives à l'IHE en fonction de la dureté.

Les lignes directrices générales du [Tableau 2](#) sont traduites dans les [paragraphes 4.4.5](#) et [4.4.6](#) en exigences normatives spécifiquement applicables à chaque type de fixations par rapport à sa classe de qualité (voir [Tableaux 3](#) à [5](#)) ou par rapport à sa dureté à cœur (voir [Tableaux 6](#) et [7](#)). Ces exigences normatives spécifiques sont basées à la fois sur la dureté et le degré de contraintes de traction subies par chaque type de fixation qui dépendent de sa conception et de sa fonction.

Tableau 2 — Mesures relatives à l'IHE pour les fixations trempées et revenues, en fonction de la dureté ^a

360 HV	390 HV	
A	B	C
Aucune vérification supplémentaire du procédé ou d'essai produit par rapport à l'IHE ET Aucun dégazage nécessaire	Vérification supplémentaire du procédé et/ou essai produit par rapport à l'IHE OU Dégazage	Vérification supplémentaire du procédé et/ou essai produit par rapport à l'IHE ET Dégazage (la température et la durée de dégazage doivent être spécifiées)
—	Au choix du fabricant de fixations	—
Voir 4.4.2	Voir 4.4.3 et B.6	Voir 4.4.4 et B.6

^a Pour les fixations écrouies et présentant une dureté élevée, voir [4.4.7](#) et [B.5](#).

4.4.2 Fixations de dureté jusqu'à 360 HV

Lors de l'application d'un revêtement électrolytique sur des fixations trempées et revenues de dureté maximale spécifiée jusqu'à 360 HV (**A** dans les [Tableaux 2](#), [3](#), [4](#) et [5](#)), aucune vérification supplémentaire du procédé n'est nécessaire par rapport à l'IHE et aucun dégazage n'est nécessaire.

4.4.3 Fixations de dureté supérieure à 360 HV et jusqu'à 390 HV

Lors de l'application d'un revêtement électrolytique sur des fixations trempées et revenues de dureté maximale spécifiée supérieure à 360 HV et jusqu'à 390 HV inclus (**B** dans les [Tableaux 2](#), [3](#) et [5](#)), au choix du fabricant de fixations, le dégazage n'est pas exigé à condition qu'une vérification supplémentaire du procédé et/ou des essais produit supplémentaires soi(en)t effectué(s) par rapport à l'IHE.

Pour les fixations dans cette gamme de dureté spécifiée, le revêtement électrolytique n'implique pas de risque d'IHE. En cas de rupture lors d'essais produit, on ne peut pas présumer que leur dégazage aurait évité cette rupture: il convient de réaliser des investigations sur la conformité ou non des conditions métallurgiques et physiques du matériau de la fixation. Pour plus d'informations, voir [B.2](#) et [B.4](#).

4.4.4 Fixations de dureté supérieure à 390 HV

Lors de l'application d'un revêtement électrolytique sur des fixations trempées et revenues de dureté maximale spécifiée supérieure à 390 HV (C dans les [Tableaux 2](#) et [3](#)), le dégazage est exigé; voir [B.4](#) pour la température et la durée de dégazage minimales recommandées.

Les exemptions suivantes s'appliquent:

- pour les fixations qui ne sont pas soumises à des contraintes de traction du fait de leur conception ou de la norme qui s'applique (par exemple, vis sans tête conformes à l'ISO 898-5), le dégazage n'est pas exigé (voir [B.2](#));
- les extrémités durcies par induction (par exemple pour les vis formant leur propre filetage) ne doivent pas être prises en compte pour déterminer les mesures relatives à l'IHE du [Tableau 2](#), car elles ne sont normalement pas soumises à des contraintes de traction, à condition que l'extrémité dépasse du taraudage formé;
- les revêtements électrolytiques de zinc-nickel alcalin de teneur en nickel de 12 % à 16 % présentent un risque réduit d'IHE (voir [B.3](#)), il est donc possible de s'affranchir du dégazage; la décision de ne pas effectuer de dégazage doit être basée sur des essais (voir [B.6](#)) et doit faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

NOTE 1 Les procédés de revêtement électrolytique de zinc-nickel alcalin ayant une teneur habituelle en nickel de 12 % à 16 % sont également connus sous le nom de procédés «à faible fragilisation par l'hydrogène» (low hydrogen embrittlement, LHE) dans l'industrie aérospatiale, voir [B.3](#).

NOTE 2 Pour les revêtements électrolytiques de zinc-nickel acide, des études ont montré des avantages similaires à ceux des revêtements électrolytiques de zinc-nickel alcalin, cependant des données supplémentaires sont nécessaires pour confirmer qu'il est possible de s'affranchir du dégazage.

4.4.5 Fixations conformes à l'ISO 898-1, ISO 898-2 et ISO 898-3

Pour les fixations conformes à l'ISO 898-1, l'ISO 898-2 et l'ISO 898-3, les [Tableaux 3](#), [4](#) et [5](#) s'appliquent.

Tableau 3 — Mesures relatives à l'IHE pour les fixations conformes à l'ISO 898-1

Classe de qualité	< 10.9	10.9	12.9/12.9
	A	B	C
Mesures relatives à l'IHE	Aucune vérification supplémentaire du procédé ou essai produit par rapport à l'IHE ET Aucun dégazage nécessaire	Vérification supplémentaire du procédé et/ou essai produit par rapport à l'IHE OU Dégazage	Vérification supplémentaire du procédé et/ou essai produit par rapport à l'IHE ET Dégazage ^{a, b}
	—	Au choix du fabricant de fixations	—
	Voir 4.4.2	Voir 4.4.3 et B.6	Voir 4.4.4 et B.6
	^a Pour les revêtements électrolytiques de zinc-nickel alcalin (de teneur en nickel de 12 % à 16 %), la décision de ne pas effectuer le dégazage doit être basée sur des essais (voir B.6) et doit faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.	^b Pour la température et la durée de dégazage, voir B.4 .	

Tableau 4 — Mesures relatives à l'IHE pour les écrous conformes à l'ISO 898-2

Classe de qualité	≤ 12
Mesures relatives à l'IHE	A
	Aucune vérification supplémentaire du procédé ou essai produit par rapport à l'IHE ET Aucun dégazage nécessaire ^{a, b}
	Voir 4.4.2
	^a Des études ont montré que les contraintes de traction dans les zones critiques des écrous (y compris les écrous à embase) sont toujours inférieures aux contraintes de traction dans le filetage des vis, goujons ou tiges filetées associés de classe de qualité correspondante (voir les mesures relatives à l'IHE dans le Tableau 3); les écrous conformes à l'ISO 898-2 (toutes classes de qualité) ont toujours une dureté inférieure à 390 HV, par conséquent le dégazage n'est pas nécessaire. ^b Pour les écrous autofreinés tout métal de classes de qualité 10 et 12, une vérification supplémentaire du procédé ou un dégazage est exigé, au choix du fabricant.

Tableau 5 — Mesures relatives à l'IHE pour les rondelles de forme plane conformes à l'ISO 898-3

Classe de qualité	≤ 300HV	380HV
Mesures relatives à l'IHE	A	B
	Aucune vérification supplémentaire du procédé ou essai produit par rapport à l'IHE ET Aucun dégazage nécessaire ^a	Vérification supplémentaire du procédé et/ou essai produit par rapport à l'IHE OU Dégazage ^b
	—	Au choix du fabricant de fixations
	Voir 4.4.2	Voir 4.4.3
^a Lorsque des rondelles de forme plane de classe de qualité 300HV doivent être utilisées dans des applications spéciales où des contraintes de flexion peuvent être présentes (par exemple, sur des trous élargis ou oblongs), le dégazage peut être nécessaire et doit être exigé par le client au moment de la commande. Pour la température et la durée de dégazage, voir B.4 .	^b Lorsque des rondelles de forme plane de classe de qualité 380HV doivent être utilisées dans des applications spéciales (par exemple, sur des trous élargis ou oblongs) où des contraintes de flexion peuvent être présentes, le dégazage est nécessaire et doit être exigé par le client au moment de la commande. Pour la température et la durée de dégazage, voir B.4 .	

4.4.6 Fixations cémentées

Les fixations dont la surface est cémentée intentionnellement afin d'obtenir des fonctions spécifiques comprennent:

- les vis à tôle (voir ISO 2702),
- les vis qui forment leur propre filetage dans les matériaux métalliques,
- les vis autoperceuses (voir par exemple ISO 10666),
- les vis pour matériaux tendres (par exemple plastique, bois).

Les mesures relatives à l'IHE pour les vis cémentées sont basées sur la dureté à cœur, qui a l'effet le plus important sur la susceptibilité à l'IHE (voir [B.3](#)).

Les vis cémentées sont groupées en deux catégories différentes, a) et b).

a) Vis cémentées non conçues pour une tension élevée

Cette catégorie comprend les vis à tôle et les vis autoperceuses avec filetage selon l'ISO 1478, les vis pour les matériaux tendres, etc.

Par nature, comme ces vis ne sont pas conçues pour une tension élevée, le risque d'IHE est significativement réduit.

Les mesures relatives à l'IHE pour cette catégorie sont spécifiées dans le [Tableau 6](#).

NOTE Les fixations cimentées non filetées qui ne sont pas soumises à des contraintes de traction du fait de leur conception (telles que les goupilles ou les rondelles) n'ont pas besoin de mesures particulières par rapport à l'IHE, sauf accord spécifique entre le client et le fabricant pour une application spéciale.

b) Vis cimentées et revenues prévues pour être mises sous tension

Cette catégorie comprend les vis cimentées et revenues qui forment des filetages métriques ISO selon l'ISO 965-1 et autres vis cimentées et revenues autoformeuses ou autoperceuses, lorsqu'elles sont prévues pour être mises sous tension.

Les mesures relatives à l'IHE pour cette catégorie sont spécifiées dans le [Tableau 7](#).

Tableau 6 — Mesures relatives à l'IHE pour les vis cimentées non conçues par nature pour une tension élevée

Dureté à cœur	≤ 360 HV	> 360 HV et ≤ 390 HV	> 390 HV
Mesures relatives à l'IHE	Vérification supplémentaire du procédé par rapport à l'IHE OU Essai produit OU Dégazage	Vérification supplémentaire du procédé par rapport à l'IHE ET Essai produit et/ou dégazage	Vérification supplémentaire du procédé par rapport à l'IHE ET Dégazage ^a ET Essai produit pour chaque lot de fabrication ^b
	Au choix du fabricant de fixations		—
	^a Pour la température et la durée de dégazage, voir B.4 . ^b Pour les revêtements électrolytiques de zinc-nickel alcalin d'une teneur en nickel de 12 % à 16 %, l'essai produit doit être considéré comme faisant partie du contrôle en cours de fabrication (non obligatoire pour chaque lot de fabrication).		

Tableau 7 — Mesures relatives à l'IHE pour les vis cimentées et revenues prévues pour être mises sous tension

Dureté à cœur	≤ 360 HV	> 360 HV et ≤ 390 HV	> 390 HV
Mesures relatives à l'IHE	Vérification supplémentaire du procédé par rapport à l'IHE OU Essai produit OU Dégazage	Vérification supplémentaire du procédé par rapport à l'IHE ET Dégazage ^a	Vérification supplémentaire du procédé par rapport à l'IHE ET Dégazage ^a ET Essai produit pour chaque lot de fabrication ^b
	Au choix du fabricant de fixations	Essai produit uniquement au choix du fabricant	—
^a Pour la température et la durée de dégazage, voir B.4 . ^b Pour les revêtements électrolytiques de zinc-nickel alcalin d'une teneur en nickel de 12 % à 16 %, l'essai produit doit être considéré comme faisant partie du contrôle en cours de fabrication (non obligatoire pour chaque lot de fabrication).			

Lorsque des essais produit par rapport à l'IHE sont effectués sur des vis cimentées, ils doivent être conformes à l'ISO 15330 ou à l'ASME B18.6.3; voir également [B.6](#).

4.4.7 Fixations écrouies et fixations avec filets roulés après traitement thermique

Pour les fixations non destinées à être trempées et revenues qui sont écrouies en vue d'obtenir une dureté élevée, entraînant une contrainte résiduelle élevée, une relaxation des contraintes avant revêtement électrolytique peut être nécessaire. Voir [B.5](#).

Pour les fixations avec filets roulés après traitement thermique (c'est-à-dire après trempe et revenu), les mesures du [Tableau 3](#) pour les fixations conformes à l'ISO 898-1 doivent s'appliquer sans modification, étant donné qu'une augmentation locale de la dureté de surface par écrouissage combinée à des contraintes résiduelles de compression n'a pas d'impact négatif sur la susceptibilité à l'IHE.

4.4.8 Fixations à structure bainitique

Les fixations à structure bainitique ne sont pas traitées au [4.4](#). Un accord écrit est nécessaire entre le client et le fournisseur par rapport à l'IHE.

4.5 Dégazage

Lorsqu'un dégazage est effectué, les conditions de dégazage, y compris la température et la durée, doivent être établies sur la base des caractéristiques du matériau de la fixation, du procédé de revêtement électrolytique et du matériau de revêtement. Voir [B.4](#) pour des lignes directrices/recommandations plus détaillées.

Le dégazage est généralement effectué avant l'application d'une couche de conversion et/ou avant l'application d'une finition «sealer/top coat» additionnelle. Dans le cas d'une passivation (avec ou sans finition «sealer») et en fonction de la température de dégazage, l'opération de dégazage peut être effectuée après passivation et/ou finition «sealer» à condition que cela ne dégrade pas la résistance à la corrosion.

NOTE Avec des précautions appropriées, de nombreuses fixations en acier font l'objet d'un revêtement électrolytique sans dégazage, en corrélant les conditions du procédé et du matériau du revêtement avec la susceptibilité du matériau de la fixation à la fragilisation par l'hydrogène, et en appliquant des procédures adéquates de contrôle des procédés. La DIN 50969-2 et l'ASTM F1940 sont des méthodes reconnues pour le contrôle des procédés, afin d'évaluer le risque d'IHE. Ces méthodes d'essai ou d'autres méthodes similaires sont utilisées comme base pour déterminer si un dégazage est nécessaire.

Cependant, la prévention du risque d'IHE ne dépend pas uniquement du dégazage (voir [4.4](#) et [Annexe B](#)).

5 Protection contre la corrosion et essais

5.1 Généralités

La protection contre la corrosion d'un système de revêtement électrolytique dépend essentiellement de l'épaisseur de la ou des couche(s) métallique(s). Les couches de conversion et/ou les finitions «sealer» et/ou «top coat» sur des revêtements de zinc, zinc-fer, zinc-nickel et cadmium apportent une protection contre la corrosion de la partie métallique du revêtement (formation d'oxydation blanche), assurant ainsi une protection supplémentaire contre la corrosion du métal de base.

Les revêtements métalliques tels que le zinc, les alliages de zinc et le cadmium sont moins électropositifs que l'acier du métal de base, ce qui est la condition pour assurer une protection cathodique. Au contraire, les métaux plus électropositifs que l'acier du métal de base (par exemple, nickel, cuivre, argent) ne peuvent pas assurer de protection cathodique, ce qui peut intensifier la corrosion de la fixation si le revêtement est endommagé ou présente des piqûres.

La fréquence et la durée d'exposition à l'humidité et aux températures en service, le contact avec des produits chimiques corrosifs et le contact avec d'autres métaux et matériaux (corrosion galvanique/corrosion de contact) peuvent modifier les performances de protection des revêtements.