



TECHNIQUE

CARACTERISTIQUES DES VIS ET GOUJONS EN ACIER INOXYDABLE RESISTANT A LA CORROSION (ISO 3506-1)

Les caractéristiques ci-dessous sont données pour des essais à la température ambiante (15°C à 25°C) et s'appliquent aux vis et aux goujons :

- de diamètre de filetage nominal (d) jusqu'à 39 mm inclus ;
- à filetage ISO triangulaire conforme à l'ISO 68-1 ;
- de combinaisons diamètre/pas conformes à l'ISO 261 et à l'ISO 262 ;
- de forme quelconque.

Préconisations d'utilisation des aciers inoxydables :

Prévention contre la corrosion : La présence de chrome (> 10,5%) dans les aciers inoxydables permet la formation en surface d'un film protecteur, invisible, appelé « couche passive ». Se formant spontanément au contact de l'oxygène (air ou eau), cette couche isole l'acier du milieu ambiant et le rend résistant à de nombreux milieux agressifs. « Inoxydables » mais pas « inaltérables », les nuances d'inox doivent être choisies avec soin en fonction des agents corrosifs.

Neutralité vis à vis de l'environnement : Considéré comme alimentaire à partir de 13% de chrome et lorsque que la teneur en molybdène ne dépasse pas 4%, les aciers inoxydables s'imposent dans le traitement de l'eau potable, l'agroalimentaire, les ustensiles de cuisine industriels ou domestiques mais aussi dans les matériels médicaux et hospitaliers. Inerte et indéfiniment recyclable, l'inox répond aux attentes de développement durable des consommateurs.

Comportement en température : les aciers inoxydables possèdent des caractéristiques mécaniques élevées à hautes comme à basses températures permettant ainsi d'optimiser la section et le poids des pièces. Peu conducteurs de chaleurs, ils peuvent être utilisés comme rupteurs de ponts thermiques.

Esthétique : Insensible à la corrosion atmosphérique, la visserie en acier inoxydable permet de préserver l'aspect de vos produits sur le long terme sans aucune opération de maintenance. En finition polie, mate ou brillante, l'inox offre de larges possibilités de design.





TECHNIQUE

Désignation

Le système de désignation des nuances d'acier inoxydable et des classes de qualité pour les vis et goujons est illustré ci-dessous :

Groupe de composition	Identification des nuances d'acier	Classe de qualité	
Austénitique	A1	50	Doux
	A2 ⁽²⁾		
	A3	70	Ecroui à froid
	A4 ⁽²⁾	80	Haute résistance à la traction
Martensitique	C1	50	Doux
		70	Trempé et revenu
		110	
	C4	50	Doux
		70	Trempé et revenu
	C3	80	Trempé et revenu
Ferritique	F1	45	Doux
		60	Ecroui à froid

⁽²⁾ le marquage des aciers inoxydables à faible teneur en carbone n'excédant pas 0,03% peut-être complété par la lettre L. Exemple : A4L-80

La désignation du matériau se compose de deux groupes de caractères séparés par un trait d'union. Le premier désigne la nuance, le deuxième la classe de qualité.

La désignation des nuances d'acier (premier groupe) se compose d'une des lettres suivantes :

- A pour l'acier austénitique,
- C pour l'acier martensitique,
- F pour l'acier ferritique,

qui désigne le groupe d'acier et d'un chiffre qui désigne la variation de composition chimique dans ce groupe d'acier.

La désignation de la classe de qualité (deuxième groupe) consiste en deux chiffres indiquant le 1/10 de la résistance à la traction de l'élément de fixation.

Exemple :

A2-70 indique un acier austénitique écroui à froid dont la résistance minimale à la traction est égale à 700 N/mm² (700 MPa)

C4-70 indique un acier martensitique trempé et revenu dont la résistance minimale à la traction est égale à 700 N/mm² (700 MPa)



Composition chimique

Groupe de composition	Nuance	Composition chimique % ⁽¹⁾									Notes
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	
Austénitique	A1	0,12	1	6,5	0,2	0,15 à 0,35	16 à 19	0,7	5 à 10	1,75 à 2,25	(2)(3)(4)
	A2	0,1	1	2	0,05	0,03	15 à 20	-(5)	8 à 19	4	(7)(8)
	A3	0,08	1	2	0,045	0,03	17 à 19	-(5)	9 à 12	1	(9)
	A4	0,08	1	2	0,045	0,03	16 à 18,5	2 à 3	10 à 15	1	(8)(10)
	A5	0,08	1	2	0,045	0,03	16 à 18,5	2 à 3	10,5 à 14	1	(9)(10)
Martensitique	C1	0,09 à 0,15	1	1	0,05	0,03	11,5 à 14	-	1	-	(10)
	C3	0,17 à 0,25	1	1	0,04	0,03	16 à 18	-	1,5 à 2,5	-	
	C4	0,08 à 0,15	1	1,5	0,06	0,15 à 0,35	12 à 14	0,6	1	-	(2)(10)
Ferritique	F1	0,12	1	1	0,04	0,03	15 à 18	-(6)	1	-	(11)(12)

(1) Sauf indication contraire, les valeurs sont des maximales.

(2) Le soufre peut être remplacé par le sélénium.

(3) Si Ni < 8%, le Mn minimum doit être 5%.

(4) Pas de limite pour Cu pourvu que le Ni soit > 8%.

(5) Le fabricant peut choisir du molybdène. Toutefois, si certaines applications exigent une limitation de la teneur en molybdène, cette exigence doit être stipulée par le client à la commande.

(6) Le fabricant peut choisir d'inclure du molybdène.

(7) Si Cr < 17%, le Ni minimum doit être de 12%.

(8) Pour les aciers inoxydables austénitiques au C maximum de 0,03%, la teneur en azote est limitée à 0,22%.

(9) Doit contenir du titane $\geq 5 \times C$ jusqu'à 0,8% maximum pour stabilisation et être marqué selon ce tableau ou doit contenir du niobium (columbium) et/ou du tantale $\geq 10 \times C$ jusqu'à 1% maximum pour stabilisation et être marqué selon ce tableau.

(10) Le fabricant peut choisir d'augmenter la teneur en carbone lorsque l'obtention des caractéristiques mécaniques pour des diamètres supérieurs l'exige, mais ne doit pas dépasser 0,12% pour les aciers austénitiques.

(11) Peut contenir du Ti $\geq 5 \times C$ jusqu'à 0,8% maximum.

(12) Peut contenir du niobium (columbium) et/ou du tantale $\geq 10 \times C$ jusqu'à 1% maximum.

Caractéristiques mécaniques des vis en acier austénitique

Nuance	Classe de qualité	Limites de diamètre de filetage	Résistance à la traction	Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2%	Allongement après rupture
			$R_{m,min}$ ⁽¹⁾ N/mm ²	$R_{p0,2,min}$ N/mm ²	A_{min} ⁽²⁾ mm
A1, A2, A3, A4, A5	50	≤ 39	500	210	0,6d
	70	≤ 24 ⁽³⁾	700	450	0,4d
	80	≤ 24 ⁽³⁾	800	600	0,3d

(1) La résistance à la traction est calculée en fonction de la section résistante nominale du filetage.

(2) A déterminer conformément à 6.2.4 de la norme ISO 3506-1 sur la longueur réelle de la vis et non sur éprouvette préparée ; d est le diamètre nominal de filetage.

(3) Les caractéristiques mécaniques des éléments de fixation dont le diamètre nominal de filetage $d > 24$ mm doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur et marquées avec nuance et classe de qualité selon ce tableau.



**Caractéristiques à hautes températures (à titre informatif)**

Nuance d'acier	Température			
	+100°C	+200°C	+300°C	+400°C
	limite inférieure d'écoulement R_{eL} ou limite conventionnelle d'élasticité à 0,2%, $R_{p0,2}$ N/mm ²			
A2 A4	85	80	75	70
C1	95	90	80	65
C3	90	85	80	60
NOTE : Pour les classes de qualité 70 et 80 uniquement				

Application à basses températures (à titre informatif)

Nuance d'acier	Limites inférieures des températures opérationnelles en utilisation continue	
A2	-200°C	
A4	Vis ⁽¹⁾	-60°C
	Goujons	-200°C
⁽¹⁾ En liaison avec l'élément d'alliage Mo, la stabilité de l'austénite est réduite et la température de transition est portée vers des valeurs plus élevées si une forte proportion de déformation est appliquée à l'élément de fixation en cours de fabrication		

Propriétés magnétiques des aciers inoxydables (à titre informatif)

Les aciers inoxydables ferritiques et martensitiques, de par la présence de ferrite et de martensite, sont ferromagnétiques, c'est à dire qu'ils « prennent à l'aimant ».

Les aciers inoxydables austénitiques présentent, à température ambiante, une structure austénitique qui leur permet d'être paramagnétiques (on les considère en langage courant comme amagnétiques).

Cependant, certains inox austénitiques peuvent devenir légèrement ferromagnétiques après une déformation importante (frappe à froid, emboutissage). En effet, la déformation provoque une modification partielle de la structure austénitique en structure martensitique (formation de martensite d'écrouissage) et devenir ainsi un peu magnétique.

Chaque matériau est caractérisé par son aptitude à la magnétisation, et cette loi est également applicable aux aciers inoxydables. Seul le vide est probablement entièrement non magnétique.

La mesure de perméabilité d'un matériau placé dans un champ magnétique est la valeur de perméabilité μ_r de ce matériau par rapport au vide (μ_0). Le matériau présente un faible perméabilité quand μ_r se rapproche de 1.

Exemples : A2 : $\mu_r \approx 1,8$ - A4 : $\mu_r \approx 1,015$ - A4L : $\mu_r \approx 1,005$ - F1 : $\mu_r \approx 5$





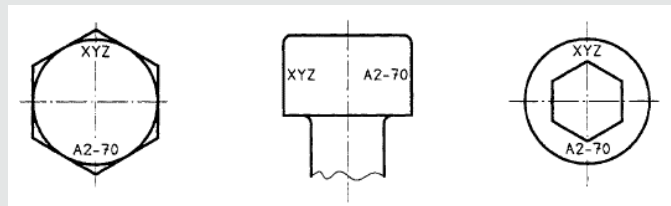
TECHNIQUE

Marquage des vis

Le marquage de l'identification du fabricant et de la classe de qualité est exigé pour les vis à tête hexagonale, pour les vis à tête cylindrique à 6 pans creux et à six lobes internes, à partir d'un diamètre nominal de filetage $d \geq 5$ mm.

Il est apposé de préférence sur la tête, en creux ou en relief

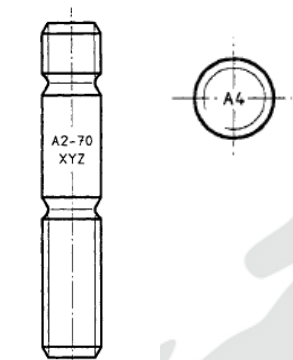
Exemples :



Marquage des goujons

Le marquage est exigé à partir d'un diamètre nominal de filetage $d \geq 6$ mm

La marque d'identification du fabricant et de la classe de qualité doivent être apposée sur la partie non-filetée du goujon ou, si cela n'est pas possible, sur l'extrémité du coté écrou.



Principaux domaines d'utilisation

Inox A1 : Possédant une teneur élevée en soufre et phosphore, ces aciers sont tout spécialement destinés à l'usinage et au décolletage. En revanche, la résistance à la corrosion est sensiblement inférieure aux A2 et A4.

Inox A2 : Bonne résistance générale en cas de corrosion à l'air libre (sauf climat côtier et climat industriel agressif), dans l'eau douce, dans les acides oxydants et organiques ainsi que dans de nombreuses solutions alcalines et salines. Utilisés couramment pour des applications dans l'industrie agroalimentaire et chimique. Ne convient pas aux utilisations en acide non oxydant et comprenant des agents au chlore, c'est à dire piscines et eau de mer.

Inox A4 : Alliés en molybdène (Mo), ils offrent une meilleure résistance à la corrosion (appropriés au climat côtier). Ces aciers sont beaucoup utilisés dans l'industrie de la cellulose puisque cette nuance est développée pour l'acide sulfurique porté à ébullition (d'où l'appellation « résistant à l'acide »). Ils conviennent également, dans une certaine mesure, aux environnements chlorés. Les inox A4 sont fréquemment utilisés dans l'industrie alimentaire et de construction navale.

Les nuances à bas carbone (A2L, A4L) possèdent une bonne résistance à la corrosion intergranulaire (utilisation à des températures supérieures à 500°C, soudage).



norme européenne

norme française

NF EN ISO 3506-1
Mars 1998

Indice de classement : **E 25-100-6**

ICS : 21.060.10

Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier inoxydable résistant à la corrosion

Partie 1 : Vis et goujons

E : Mechanical properties of corrosion-resistant stainless-steel fasteners -
Part 1 : Bolts, screws and studs

D : Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen
aus nichtrostenden Stählen - Teil 1 : Schrauben

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général de l'AFNOR le 5 février 1998 pour
prendre effet le 5 mars 1998.

Remplace la norme homologuée NF ISO/DIS 3506-1, de décembre 1995.

Correspondance

La norme européenne EN ISO 3506-1:1997 a le statut d'une norme française.
Elle reproduit intégralement la norme internationale ISO 3506-1:1997.

Analyse

Le présent document fait partie d'un ensemble de trois normes définissant les
caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier inoxydable aus-
ténitique, ferritique et martensitique :

- NF EN ISO 3506-2 (indice de classement : E 25-400-6) pour les écrous ;
- NF EN ISO 3506-3 (indice de classement : E 25-100-8) pour les vis sans
tête et éléments similaires.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : élément de fixation, vis, goujon, acier
résistant à la corrosion, acier inoxydable, acier ferritique, acier austénitique,
acier martensitique, désignation, composition chimique, nuance, caractéristi-
que mécanique, essai, marquage.

Modifications

Par rapport au document remplacé, adoption de la norme européenne.

Corrections

Éditée et diffusée par l'Association Française de Normalisation (AFNOR), Tour Europe 92049 Paris La Défense Cedex
Tél. : 01 42 91 55 55 - Tél. international : + 33 1 42 91 55 55



Membres de la commission de normalisation

Président : M VAN WELDEN

Secrétariat : MME BROCARD - UNM

M	ARGAUD	GFD
M	BAEZ	EMILE MAURIN
M	BATAILLÉ	UNM
M	BOYER	PSM FIXATION
M	BRUNET	RENAULT VEHICULES INDUSTRIELS
M	BUFFECHOUX	SNCF
M	BUZZOLINI	CT DEC
M	DELESSE	SCHNEIDER ELECTRIC
M	DESVIGNES	SNCF-NORHA
M	DUMONT	TREX
M	FAUCHET	BLANC AERO INDUSTRIES
M	FILIOT	OTALU
M	FLAURAUD	AVDEL
M	FREREJACQUES	SIMMONDS
M	GENTA	RIVEX
M	GRECIET	RENAULT AUTOMOBILES
M	GUIGNARD	THOMSON
M	GUYON	GEC ALSTHOM
M	HOFFMANN	ARS INDUSTRIES
M	JACOB	SIO
M	JACQUART	MINISTERE DE LA DEFENSE - DCN/ING
MLLE	LACOMBE	SIMMONDS
MME	LARCADA	AFNOR
M	LAURENT	MINISTERE DE LA DEFENSE - DGA/DCN
M	LEGUAY	FACOM
M	LENGLET	THOMSON
M	LEVESQUE G.	MECANINDUS
M	LEVESQUE O.	MECANINDUS
M	MARILL	SFS STADLER
M	METIVIER	LANFRANCO
M	MOLINA	VALOIS INDUSTRIES
MME	PECHENARD	AFFIX
M	PROT	PSA PEUGEOT CITROEN
M	REVOL	SPIT
M	REYMOND	POTAIN
M	ROHART	ROHART
M	ROSAIN	RENAULT VEHICULES INDUSTRIELS
M	ROSSAND	UGIVIS
M	RYAN	CTICM
MME	SEVAGEN	EDF
M	SOUVIGNET	CETIM
M	TERRIER	FORMER
M	THOMAS	RENAULT AUTOMOBILES
M	TRIBOLET	CHAPELLET
M	VAGNEZ	SECURIT'S FRANCE
M	VAN WELDEN	FORMER
M	VARADY	STOCK INOX

Avant-propos national

Références aux normes françaises

La correspondance entre les normes mentionnées à l'article «Références normatives» et les normes françaises identiques est la suivante :

ISO 68-1	: NF ISO 68-1 (indice de classement : E 03-001) ¹⁾
ISO 261	: NF ISO 261 (indice de classement : E 03-013) ¹⁾
ISO 262	: NF ISO 262 (indice de classement : E 03-014) ¹⁾
ISO 898-1	: NF EN ISO 898-1 (indice de classement : E 25-100-1) ¹⁾
ISO 3651-1	: NF EN ISO 3651-1 (indice de classement : A 05-159) ¹⁾
ISO 3651-2	: NF EN ISO 3651-2 (indice de classement : A 05-160) ¹⁾
ISO 8044	: NF EN ISO 8044 (indice de classement : A 05-001) ¹⁾

La correspondance entre les normes mentionnées à l'article «Références normatives» et les normes françaises de même domaine d'application mais non identiques est la suivante :

ISO 724	: NF E 03-014
ISO 6506	: NF A 03-201
ISO 6507-1	: NF A 03-154

Les autres normes mentionnées à l'article «Références normatives» n'ont pas de correspondance dans la collection des normes françaises ; elles peuvent être obtenues auprès de l'AFNOR.

1) En préparation.

Page laissée intentionnellement blanche

ICS 21.060.10

Descripteurs : produit en acier, acier résistant à la corrosion, acier inoxydable, élément de fixation, vis partiellement fileté, vis entièrement fileté, goujon, spécification de matière, propriété mécanique, composition chimique, essai, essai mécanique, matériel d'essai, désignation, marquage.

Version française
Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation
en acier inoxydable résistant à la corrosion -
Partie 1 : Vis et goujons
(ISO 3506-1:1997)

Mechanische Eigenschaften
von Verbindungselementen
aus nichtrostenden Stählen -
Teil 1 : Schrauben
(ISO 3506-1:1997)

Mechanical properties of corrosion-resistant
stainless-steel fasteners -
Part 1 : Bolts, screws and studs
(ISO 3506-1:1997)

La présente norme européenne a été adoptée par le CEN le 23 octobre 1997.

Les membres du CEN sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la norme européenne.

Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du Secrétariat Central ou auprès des membres du CEN.

La présente norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version faite dans une autre langue par traduction sous la responsabilité d'un membre du CEN dans sa langue nationale, et notifiée au Secrétariat Central, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

CEN

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Europäisches Komitee für Normung
European Committee for Standardization

Secrétariat Central : rue de Stassart 36, B-1050 Bruxelles

Avant-propos

Le texte de la norme internationale ISO 3506-1:1997 a été élaborée par le Comité Technique ISO/TC 2 «Éléments de fixation» en collaboration avec le Comité Technique CEN/TC 185 «Éléments de fixation mécaniques filetés et non filetés et accessoires» dont le secrétariat est tenu par le DIN.

Cette norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement au plus tard en juin 1998, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en juin 1998.

Selon le Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, les instituts de normalisation nationaux des pays suivants sont tenus de mettre cette norme européenne en application : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

Notice d'entérinement

Le texte de la norme internationale ISO 3506-1:1997 a été approuvé par le CEN comme norme européenne sans aucune modification.

NOTE : Les références normatives aux normes internationales sont mentionnées en annexe ZA (normative).

Introduction

Lors de la rédaction de la présente partie de l'ISO 3506, une attention particulière a été portée aux différences fondamentales observées entre les caractéristiques mécaniques des nuances d'acier inoxydable, des aciers au carbone et aciers faiblement alliés entrant dans la fabrication des éléments de fixation. Les aciers inoxydables ferritiques et austénitiques sont renforcés par écrouissage à froid uniquement et, par conséquent, les éléments de fixation ne sont pas aussi homogènes que les pièces traitées par trempe et revenu. Ces caractéristiques particulières ont été prises en compte lors de l'élaboration des classes de qualité et des procédures d'essais des caractéristiques mécaniques. Ces dernières divergent des procédures d'essais appliquées aux éléments de fixation en acier au carbone et en acier faiblement allié en ce qui concerne la mesure de la limite élastique (contrainte pour une déformation permanente de 0,2 %) et de la ductilité (allongement après rupture).

Page laissée intentionnellement blanche

Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier inoxydable résistant à la corrosion -

Partie 1:

Vis et goujons

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 3506 prescrit les caractéristiques mécaniques des vis et goujons constitués d'aciers inoxydables austénitiques, martensitiques et ferritiques résistants à la corrosion et testés à une température ambiante comprise entre 15 °C et 25 °C. Ces caractéristiques varient selon la valeur plus ou moins élevée de la température.

Elle est applicable aux vis et goujons

- de diamètre nominal de filetage (d) jusqu'à 39 mm inclus;
- à filetage métrique ISO triangulaire dont le diamètre (d) et le pas sont conformes à l'ISO 68-1, à l'ISO 261 et à l'ISO 262;
- de forme quelconque.

La présente partie de l'ISO 3506 ne s'applique pas aux vis possédant des caractéristiques spéciales telles que:

- la soudabilité.

La présente partie de l'ISO 3506 ne définit pas la résistance à la corrosion ou à l'oxydation dans des ambiances particulières; toutefois, des informations sur les matériaux sont données dans l'annexe E. L'ISO 8044 traite des définitions de la corrosion et de la résistance à la corrosion.

La présente partie de l'ISO 3506 est destinée à fournir les classes de qualité des éléments de fixation en acier inoxydable résistant à la corrosion. Certains matériaux peuvent être utilisés à des températures aussi basses que - 200°C, tandis que d'autres peuvent être utilisés à des températures aussi élevées que + 800°C dans l'air. Les informations de l'influence de la température sur les caractéristiques mécaniques se trouvent dans l'annexe F.

La résistance à la corrosion et à l'oxydation, ainsi que les caractéristiques mécaniques à températures élevées ou au-dessous de zéro doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur dans chaque cas particulier. L'annexe G montre comment le risque de corrosion intergranulaire à des températures élevées dépend de la teneur en carbone.

Tous les éléments de fixation en acier inoxydable austénitique sont normalement non magnétiques, à l'état hyperefflué. Après l'écrouissage à froid, certaines caractéristiques magnétiques peuvent apparaître de manière évidente (voir l'annexe H).

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 3506. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente partie de l'ISO 3506 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

- | | |
|------------------------------|---|
| ISO 68-1:- ¹⁾ , | <i>Filetages ISO pour usages généraux - Profil de base - Partie 1: Filetages métriques.</i> |
| ISO 261:- ²⁾ , | <i>Filetages métriques ISO pour usages généraux - Vue d'ensemble.</i> |
| ISO 262:- ³⁾ , | <i>Filetages métriques ISO pour usages généraux - Sélection de dimensions pour la boulonnerie.</i> |
| ISO 724:1993, | <i>Filetages métriques ISO pour usages généraux - Dimensions de base.</i> |
| ISO 898-1:- ⁴⁾ , | <i>Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier au carbone et en acier allié - Partie 1: Vis et goujons.</i> |
| ISO 3651-1:- ⁵⁾ , | <i>Détermination de la résistance à la corrosion intergranulaire des aciers inoxydables - Partie 1: Aciers austénitiques et austéno-ferritiques (duplex) - Essai de corrosion en milieu acide nitrique par mesurage de la perte de masse (essai de Huey).</i> |
| ISO 3651-2:- ⁶⁾ , | <i>Détermination de la résistance à la corrosion intergranulaire des aciers inoxydables - Partie 2: Aciers ferritiques, austénitiques et austéno-ferritiques (duplex) - Essai de corrosion en milieux contenant de l'acide sulfurique.</i> |
| ISO 6506:1981, | <i>Matériaux métalliques - Essai de dureté - Essai Brinell.</i> |
| ISO 6507-1:1997, | <i>Matériaux métalliques - Essai de dureté Vickers - Partie 1: Méthode d'essai.</i> |
| ISO 6508:1986, | <i>Matériaux métalliques - Essai de dureté - Essai Rockwell (échelles A - B - C - D - E - F - G - H - K).</i> |
| ISO 6892:- ⁷⁾ , | <i>Matériaux métalliques - Essai de traction à température ambiante.</i> |
| ISO 8044:- ⁸⁾ , | <i>Corrosion des métaux et alliages - Termes principaux et définitions.</i> |

1) À publier. (Révision de l'ISO 68:1973)

2) À publier. (Révision de l'ISO 261:1973)

3) À publier. (Révision de l'ISO 263:1973)

4) À publier. (Révision de l'ISO 898-1:1988)

5) À publier. (Révision de l'ISO 3651-1:1976)

6) À publier. (Révision de l'ISO 3651-2:1976)

7) À publier. (Révision de l'ISO 6892:1984)

8) À publier. (Révision de l'ISO 8044:1988)

3 Désignation, marquage et finition

3.1 Désignation

Le système de désignation des nuances d'acier inoxydable et des classes de qualité pour les vis et goujons est illustré à la figure 1. La désignation du matériau se compose de deux groupes de caractères séparés par un trait d'union. Le premier désigne la nuance d'acier, le deuxième la classe de qualité.

La désignation des nuances d'acier (premier groupe) se compose d'une des lettres suivantes:

- A** pour l'acier austénitique,
- C** pour l'acier martensitique,
- F** pour l'acier ferritique,

qui désigne le groupe d'acier et d'un chiffre qui désigne la variation de la composition chimique dans ce groupe d'acier.

La désignation de la classe de qualité (deuxième groupe) consiste en deux chiffres indiquant 1/10 de la résistance à la traction de l'élément de fixation.

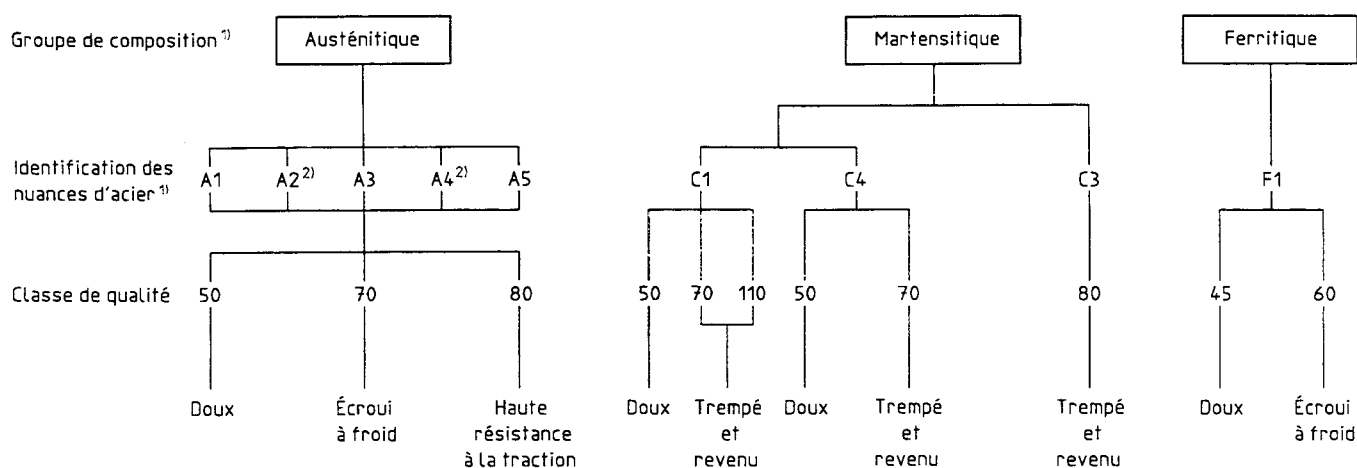
EXEMPLE

- 1) **A2-70** indique:

un acier austénitique écroui à froid, dont la résistance minimale à la traction est égale à 700 N/mm² (700 MPa).

- 2) **C4-70** indique:

un acier martensitique trempé et revenu, dont la résistance minimale à la traction est égale à 700 N/mm² (700 MPa).



1) La description des groupes d'acier et des nuances d'acier de cette figure est définie dans l'annexe B et les compositions chimiques dans le tableau 1.

2) Le marquage des aciers inoxydables à faible teneur en carbone n'excédant pas 0,03 % peut être complété par la lettre L.

EXEMPLE: A4 L - 80

Figure 1 - Système de désignation des nuances d'acier inoxydable et des classes de qualité pour les vis et goujons

3.2 Marquage

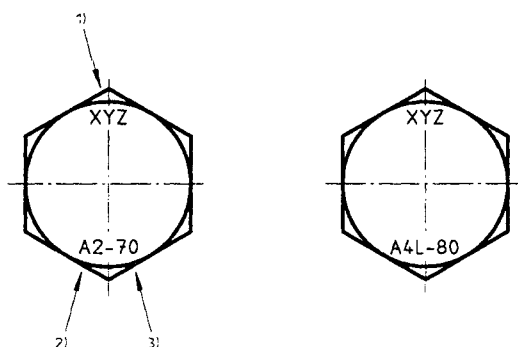
Si, et seulement si, toutes les conditions décrites dans la présente partie de l'ISO 3506 sont réunies, les pièces doivent être marquées et/ou décrites en conformité avec le système de désignation décrit en 3.1.

3.2.1 Vis

Toutes les vis à tête hexagonale et les vis à tête cylindrique à six pans creux ou à six lobes internes dont le diamètre nominal de filetage est $d \geq 5$ mm doivent être clairement marquées conformément à 3.1 et aux figures 1 et 2. Le marquage doit inclure la nuance d'acier et la classe de qualité ainsi que le label d'identification du fabricant. Les autres types de vis peuvent être marqués de la même manière dans la mesure du possible, et seulement sur la tête. Les marquages complémentaires sont autorisés à condition qu'ils n'introduisent aucune confusion.

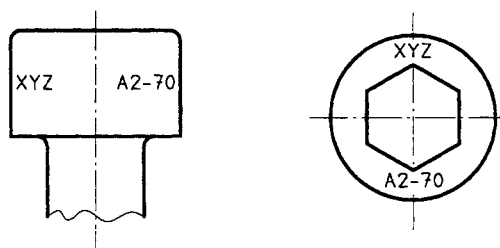
3.2.2 Goujons

Les goujons de diamètre nominal de filetage $d \geq 6$ mm doivent être clairement marqués, conformément à 3.1 et aux figures 1 et 2. Le marquage doit être appliqué sur la partie non filetée du goujon et doit comporter le label du fabricant, la nuance et la classe de qualité de l'acier. S'il s'avère impossible de marquer la partie non filetée, seule la nuance d'acier est marquée à l'extrémité filetée du goujon (voir la figure 2).

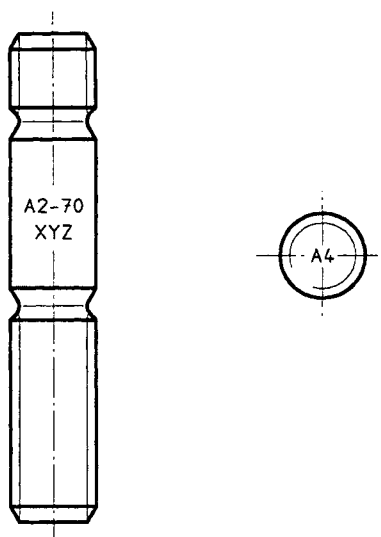


- 1) Identification du fabricant
- 2) Nuance d'acier
- 3) Classe de qualité

Marquage des vis à tête hexagonale



Marquage de vis à tête cylindrique à six pans creux et à six lobes internes (autres possibilités)



Marquage des goudjons (autres possibilités, voir 3.2.2)

NOTE - Le marquage pour les filetages à gauche est décrit dans l'ISO 898-1.

Figure 2 - Marquage des vis et goudjons

3.2.3 Conditionnements

Un marquage comportant la désignation et l'identification commerciale est obligatoire sur tous les conditionnements de toutes dimensions.

3.3 Finition

Sauf indication contraire, les éléments de fixation répondant aux exigences de la présente partie de l'ISO 3506 doivent être fournis propres et brillants. Il est recommandé de procéder à une passivation pour obtenir une résistance à la corrosion maximale.

4 Composition chimique

La composition chimique des aciers inoxydables des éléments de fixation répondant aux exigences de la présente partie de l'ISO 3506 est décrite dans le tableau 1.

Le choix définitif de la composition chimique pour la nuance d'acier spécifiée est laissé à la discrétion du fournisseur, sauf accord préalable entre lui et le client.

Dans les applications présentant un risque de corrosion intergranulaire, l'essai décrit dans l'ISO 3651-1 ou l'ISO 3651-2 est recommandé. En pareil cas, les aciers inoxydables stabilisés A3 et A5 ou les aciers inoxydables A2 et A4 avec une teneur en carbone n'excédant pas 0,03 % sont recommandés.

5 Caractéristiques mécaniques

Les caractéristiques mécaniques des vis et goujons répondant aux exigences de la présente partie de l'ISO 3506 sont données dans le tableau 2, 3 ou 4.

Dans le cas des vis en acier martensitique, la résistance à la traction avec cale biaise ne doit pas être inférieure aux valeurs minimales de résistance à la traction données dans le tableau 3.

À des fins d'acceptation, les caractéristiques mécaniques spécifiées dans cet article doivent faire l'objet d'essais en conformité avec les programmes d'essais décrits dans l'article 6.

Tableau 1 - Éléments de fixation en acier inoxydable - Composition chimique

Groupe de composition	Nuance	Composition chimique % (m/m) ¹⁾									Notes
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	
Austénitique	A1	0,12	1	6,5	0,2	0,15 à 0,35	16 à 19	0,7	5 à 10	1,75 à 2,25	2) 3) 4)
	A2	0,1	1	2	0,05	0,03	15 à 20	— 5)	8 à 19	4	7) 8)
	A3	0,08	1	2	0,045	0,03	17 à 19	— 5)	9 à 12	1	9)
	A4	0,08	1	2	0,045	0,03	16 à 18,5	2 à 3	10 à 15	1	8) 10)
	A5	0,08	1	2	0,045	0,03	16 à 18,5	2 à 3	10,5 à 14	1	9) 10)
Martensitique	C1	0,09 à 0,15	1	1	0,05	0,03	11,5 à 14	—	1	—	10)
	C3	0,17 à 0,25	1	1	0,04	0,03	16 à 18	—	1,5 à 2,5	—	
	C4	0,08 à 0,15	1	1,5	0,06	0,15 à 0,35	12 à 14	0,6	1	—	2) 10)
Ferritique	F1	0,12	1	1	0,04	0,03	15 à 18	— 6)	1		11) 12)

NOTES

1) Une description des groupes et nuances d'acier inoxydable entrant dans leurs caractéristiques et applications est donnée dans l'annexe B.

2) Des exemples d'acier inoxydable normalisé dans l'ISO 683-13 et l'ISO 4954 sont donnés dans les annexes C et D, respectivement.

3) Certains matériaux aux applications spécifiques sont donnés dans l'annexe E.

1) Sauf indication contraire, les valeurs sont maximales.

2) Le soufre peut être remplacé par le sélénium.

3) Si Ni < 8 % le Mn minimum doit être 5 %.

4) Pas de limite pour Cu pourvu que le Ni soit > 8 %.

5) Le fabricant peut choisir d'inclure du molybdène. Toutefois, si certaines applications exigent une limitation de la teneur en molybdène, cette exigence doit être stipulée par le client à la commande.

6) Le fabricant peut choisir d'inclure du molybdène.

7) Si Cr < 17 % le Ni minimum doit être 12 %.

8) Pour les aciers inoxydables austénitiques au C maximum de 0,03 %, la teneur en azote est limitée à 0,22 %.

9) Doit contenir du titane $\geq 5 \times C$ jusqu'à 0,8 % maximum pour stabilisation et être marqué selon ce tableau ou doit contenir du niobium (columbium) et/ou du tantale $\geq 10 \times C$ jusqu'à 1 % maximum pour stabilisation et être marqué selon ce tableau.

10) Le fabricant peut choisir d'augmenter la teneur en carbone lorsque l'obtention des caractéristiques mécaniques pour des diamètres supérieurs l'exige, mais ne doit pas dépasser 0,12 % pour les aciers austénitiques.

11) Peut contenir du Ti $\geq 5 \times C$ jusqu'à 0,8 % maximum.

12) Peut contenir du niobium (columbium) et/ou du tantale $\geq 10 \times C$ jusqu'à 1 % maximum.

Tableau 2 - Caractéristiques mécaniques pour vis et goujons - Acier austénitique

Groupe de composition	Nuance	Classe de qualité	Limites de diamètres de filetage	Résistance à la traction	Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 %	Allongement après rupture
				$R_m^{1)}$ min. N/mm ²	$R_{p0,2}^{1)}$ min. N/mm ²	$A^{2)}$ min. mm
Austénitique	A1, A2,	50	≤ 39	500	210	0,6 d
	A3, A4,	70	$\leq 24^{3)}$	700	450	0,4 d
	A5	80	$\leq 24^{3)}$	800	600	0,3 d

1) La résistance à la traction est calculée en fonction de la section résistante (voir annexe A).

2) À déterminer conformément à 6.2.4 selon la longueur réelle de la vis et non sur une éprouvette préparée; d est le diamètre nominal de filetage.

3) Les caractéristiques mécaniques des éléments de fixation dont le diamètre nominal de filetage $d > 24$ mm doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur et marquées avec nuance et classes de qualité selon ce tableau.

Tableau 3 - Caractéristiques mécaniques pour vis et goujons - Aciers martensitique et ferritique

Groupe de composition	Nuance	Classe de qualité	Résistance à la traction $R_m^{1)}$ min. N/mm ²	Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 % $R_{p,0.2}^{1)}$ min. N/mm ²	Allongement après rupture $A^{2)}$ min. mm	Dureté		
						HB	HRC	HV
Martensitique	C1	50	500	250	0,2 d	147 à 209	—	155 à 220
		70	700	410	0,2 d	209 à 314	20 à 34	220 à 330
		110 ³⁾	1 100	820	0,2 d	—	36 à 45	350 à 440
	C3	80	800	640	0,2 d	228 à 323	21 à 35	240 à 340
	C4	50	500	250	0,2 d	147 à 209	—	155 à 220
		70	700	410	0,2 d	209 à 314	20 à 34	220 à 330
Ferritique	F1 ⁴⁾	45	450	250	0,2 d	128 à 209	—	135 à 220
		60	600	410	0,2 d	171 à 271	—	180 à 285

1) La résistance à la traction est calculée en fonction de la section résistance (voir annexe A).

2) À déterminer conformément à 6.2.4 selon la longueur réelle de la vis et non sur une éprouvette préparée; d est le diamètre nominal de filetage.

3) Trempé et revenu à une température minimale de 275 °C.

4) Diamètre nominal du filetage $d \leq 24$ mm.

Tableau 4 - Couple de rupture minimal, $M_{B,min}$ - Vis en acier austénitique M1,6 à M16 (filetage à pas gros)

Filetage	Couple de rupture, $M_{B,min}$ Nm		
	Classe de qualité		
	50	70	80
M1,6	0,15	0,2	0,24
M2	0,3	0,4	0,48
M2,5	0,6	0,9	0,96
M3	1,1	1,6	1,8
M4	2,7	3,8	4,3
M5	5,5	7,8	8,8
M6	9,3	13	15
M8	23	32	37
M10	46	65	74
M12	80	110	130
M16	210	290	330

Les valeurs minimales des couples de rupture des éléments de fixation en acier martensitique et ferritique doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

6 Essais

6.1 Programme d'essais

Les essais à effectuer, dépendant de la nuance d'acier et de la longueur des vis ou des goujons, sont donnés dans le tableau 5.

Tableau 5 - Programme d'essai

Nuance	Résistance à la traction ¹⁾	Couple de rupture ²⁾	Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 % $R_{p0,2}$ ¹⁾	Allongement après rupture ¹⁾	Dureté	Essai de charge avec cale biaisée
A1	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	$l < 2,5 d$	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	—	—
A2	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	$l < 2,5 d$	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	—	—
A3	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	$l < 2,5 d$	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	—	—
A4	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	$l < 2,5 d$	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	—	—
A5	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	$l < 2,5 d$	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	—	—
C1	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	—	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	Exigée	$l_s \geq 2 d$
C3	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	—	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	Exigée	$l_s \geq 2 d$
C4	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	—	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	Exigée	$l_s \geq 2 d$
F1	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	—	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	$l \geq 2,5 d$ ³⁾	Exigée	—
l est la longueur de la vis. d est le diamètre nominal de filetage. l_s est la longueur de la partie lisse.						
1) pour les dimensions $\geq M5$ 2) pour les dimensions $< M5$, l'essai s'applique à toutes les longueurs. 3) Pour les goujons, l'exigence est $l \geq 3,5 d$.						

6.2 Méthodes d'essais

6.2.1 Généralités

La précision de mesure de toutes les longueurs doit être égale ou supérieure à $\pm 0,05$ mm.

Tous les essais de résistance à la traction et de charge doivent être effectués sur des bancs équipés de mâchoires à alignement automatique afin de prévenir toute contrainte non axiale (voir la figure 3). L'adaptateur inférieur doit être trempé et fileté pour les essais en conformité avec 6.2.2 à 6.2.4. La dureté de l'adaptateur inférieur doit être égale au minimum à 45 HRC. La tolérance interne du filetage doit être égale à 5H6G.

6.2.2 Résistance à la traction, R_m

La résistance à la traction doit être calculée sur des éléments de fixation dont la longueur est égale à 2,5 fois le diamètre nominal de filetage ($2,5 d$) ou plus conformément à l'ISO 6892 et à l'ISO 898-1.

Une longueur filetée libre égale au minimum au diamètre nominal de filetage (d) doit être soumise à la charge de traction.

La rupture doit se produire entre la face de contact de la tête de vis et l'extrémité de l'adaptateur.

La valeur de R_m obtenue doit être conforme aux valeurs données dans le tableau 2 ou 3.

6.2.3 Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 %, $R_{p\ 0,2}$

La limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 %, $R_{p\ 0,2}$ doit être déterminée uniquement sur les vis entièrement finies. Cet essai est applicable aux seuls éléments de fixation dont la longueur est égale ou supérieure à 2,5 fois le diamètre nominal de filetage ($2,5\ d$) ou plus.

L'essai doit consister à mesurer l'allongement de la vis quand l'élément est soumis à une charge de traction axiale (voir la figure 3).

La pièce soumise à l'essai doit être vissée dans un adaptateur fileté durci sur une profondeur égale à un diamètre d (voir la figure 3).

La courbe de la charge en fonction de l'allongement est tracée ainsi que le montre la figure 4.

La longueur de serrage à partir de laquelle la valeur $R_{p\ 0,2}$ est calculée correspond à la distance L_3 qui sépare la face inférieure de la tête et l'adaptateur fileté (voir la figure 3 et la note 2 des tableaux 2 et 3). On applique ensuite 0,2 % de cette valeur à l'échelle portée sur l'axe horizontal (charge) de la courbe de charge/allongement (voir figure 4), soit OP, et la même valeur est tracée horizontalement à partir du palier de la courbe, soit QR. On trace ensuite une droite passant par P et R et l'intersection S de cette droite avec la courbe de charge/allongement correspond à une charge appliquée au point T sur l'axe vertical. Quand elle est divisée par l'aire de contrainte en traction du filetage, cette valeur donne la limite d'élasticité ($R_{p\ 0,2}$) à 0,2 %.

La valeur de l'allongement est calculée entre la face de contact de la tête de la vis et l'extrémité de l'adaptateur.

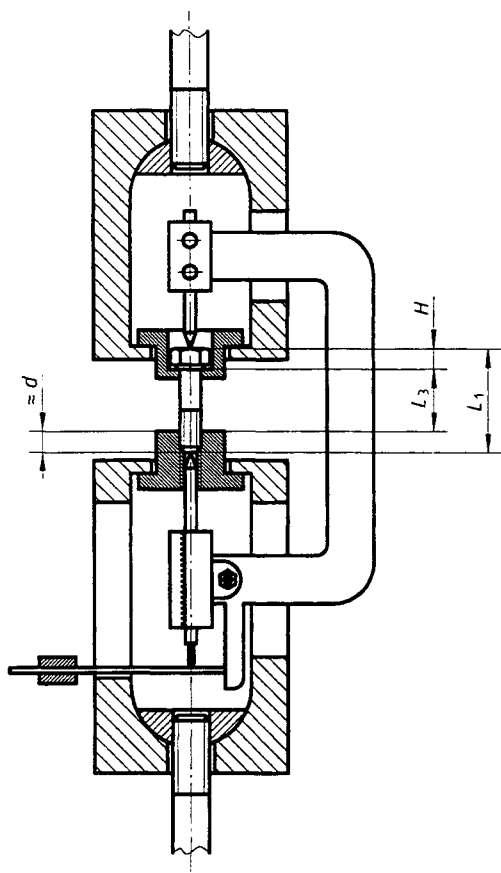


Figure 3 - Extensomètre de vis avec mâchoires à alignement automatique

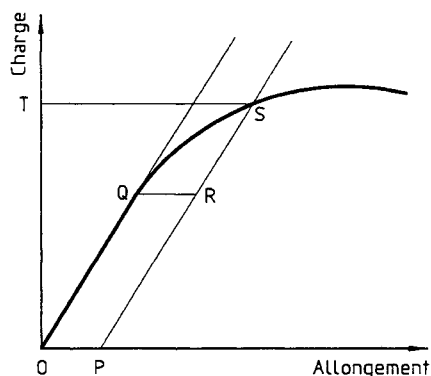


Figure 4 - Courbe de l'allongement en fonction de la charge pour le calcul de la limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 %, $R_{p\ 0,2}$ (voir 6.2.3)

6.2.4 Allongement total après rupture, A

L'allongement après rupture doit être calculé sur des éléments de fixation dont la longueur est égale ou supérieure à 2,5 fois le diamètre nominal de filetage ($2,5 d$).

La longueur de la vis L_1 doit être mesurée, voir la figure 5. L'élément de fixation doit être ensuite vissé dans l'adaptateur fileté sur une profondeur égale à un diamètre (d), (voir la figure 3).

Après rupture de l'élément de fixation, les pièces doivent être réassemblées et la longueur mesurée à nouveau pour donner la valeur L_2 (voir la figure 5).

L'allongement après rupture est alors calculé à l'aide de la formule:

$$A = L_2 - L_1$$

La valeur de A obtenue doit être supérieure aux valeurs données dans les tableaux 2 et 3.

Si cet essai est effectué sur des éprouvettes usinées, les valeurs d'essai doivent faire l'objet d'un accord particulier.

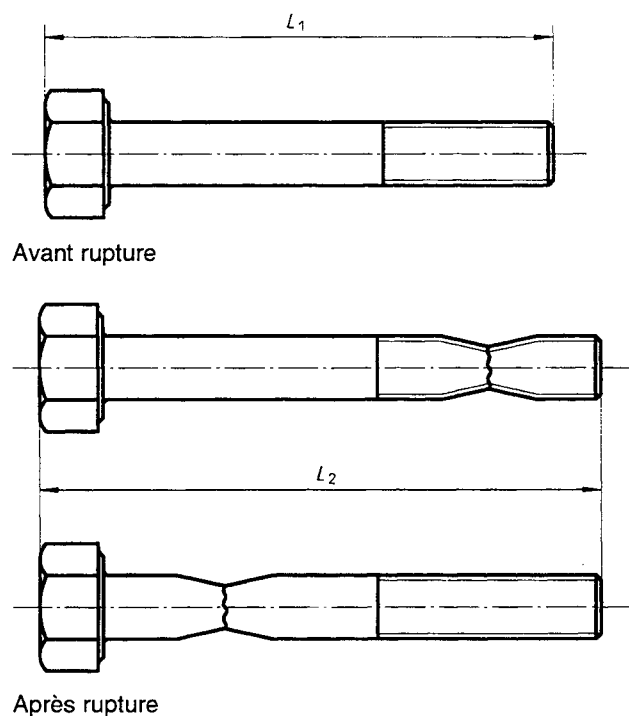


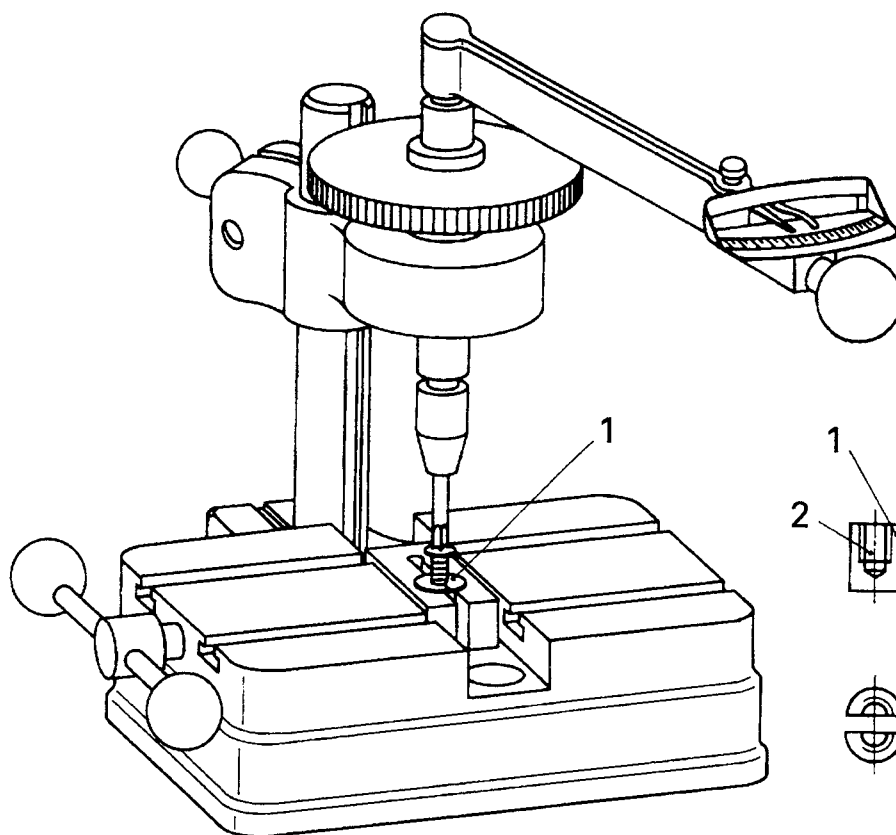
Figure 5 - Calcul de l'allongement après rupture, A (voir 6.2.4)

6.2.5 Couple de rupture, M_B

Le couple de rupture doit être mesuré en utilisant un appareil conforme à la figure 6. La précision du dispositif dynamométrique de l'appareil doit être égale au minimum à 7 % des valeurs minimales spécifiées dans le tableau 4.

Le filetage de la vis doit être bridé dans une mâchoire borgne ajustée sur une longueur égale à un diamètre nominal de filetage, à l'exclusion de la pointe, et de telle sorte que deux filets entiers au moins soient visibles au-dessus de la bride.

Le couple doit être appliqué à la vis jusqu'à la rupture. La vis doit répondre aux exigences de rupture minimales stipulées dans le tableau 4.



Légende

- 1 Matrice de serrage fendue
- 2 Trou borgne taraudé

Figure 6 - Appareil de mesure du couple de rupture, M_B (voir 6.2.5)

6.2.6 Essai de charge avec cale biaise des vis entières en acier martensitique (à l'exclusion des goujons)

Cet essai doit être mené conformément à l'ISO 898-1, avec les dimensions des cales biaises telles que données dans le tableau 6.

Tableau 6 - Dimensions des cales biaises

Diamètre nominal de filetage d mm	α	
	Vis avec longueur de tige lisse $l_s \geq 2d$	Vis filetées jusque sous tête ou avec tige lisse de longueur $l_s < 2d$
$d \leq 20$	$10^\circ \pm 0^\circ 30'$	$6^\circ \pm 0^\circ 30'$
$20 < d \leq 39$	$6^\circ \pm 0^\circ 30'$	$4^\circ \pm 0^\circ 30'$

6.2.7 Dureté HB, HRC ou HV

L'essai de la dureté doit être effectué conformément à l'ISO 6506 (HB), à l'ISO 6508 (HRC) ou à l'ISO 6507-1 (HV). En cas de doute, l'essai de dureté Vickers est pris comme référence pour l'acceptation.

Les essais de dureté des vis doivent être effectués à leur extrémité, à mi-rayon entre le centre et la périphérie. Pour référentiel, cette zone doit être à $1d$ de l'extrémité.

Les valeurs de dureté doivent être comprises dans les limites données dans le tableau 3.

Annexe A (normative)

Filetages internes - Calcul de la section résistante

La section résistante nominale $A_{s,nom}$ est calculée à l'aide de la formule:

$$A_{s,nom} = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2$$

où

d_2 ⁹⁾ est le diamètre sur flancs de base du filetage;

d_3 est le diamètre intérieur du filetage:

$$d_3 = d_1 - \frac{H}{6}$$

où

d_1 est le diamètre intérieur de base du filetage;

H est la hauteur du triangle générateur du filetage.

Tableau A.1 - Sections nominales résistantes pour les filetages à pas gros et à pas fins

Filetage à pas gros	Section nominale résistante	Filetage à pas fin	Section nominale résistante
(d)	$A_{s,nom}$ mm ²	[d × P ¹⁾]	$A_{s,nom}$ mm ²
M1,6	1,27	M8 × 1	39,2
M2	2,07	M10 × 1	64,5
M2,5	3,39	M10 × 1,25	61,2
M3	5,03	M12 × 1,25	92,1
M4	8,78	M12 × 1,5	88,1
M5	14,2	M14 × 1,5	125
M6	20,1	M16 × 1,5	167
M8	36,6	M18 × 1,5	216
M10	58	M20 × 1,5	272
M12	84,3	M22 × 1,5	333
M14	115	M24 × 2	384
M16	157	M27 × 2	496
M18	192	M30 × 2	621
M20	245	M33 × 2	761
M22	303	M36 × 3	865
M24	353	M39 × 3	1 030
M27	459		
M30	561		
M33	694		
M36	817		
M39	976		

1) P est le pas du filetage.

9) Voir l'ISO 724.

Annexe B (informative)

Description des groupes et nuances d'aciers inoxydables

B.1 Généralités

Dans l'ISO 3506-1, l'ISO 3506-2 et l'ISO 3506-3, il est fait référence aux aciers de nuances A1 à A5, C1 à C4 et F1 couvrant les groupes suivants:

Aciers austénitiques A1 à A5;
Aciers martensitiques C1 à C4;
Aciers ferritiques F1.

Dans la présente annexe, les caractéristiques des groupes d'aciers et nuances mentionnées ci-dessus sont décrites.

La présente annexe donne également des informations sur le groupe FA non normalisé. Les aciers de ce groupe ont une structure austéno-ferritique.

B.2 Aciers du groupe A (structure austénitique)

Cinq types principaux de nuances d'aciers austénitiques A1 à A5 sont compris dans l'ISO 3506-1, l'ISO 3506-2 et l'ISO 3506-3. Ils ne peuvent être écrouis et sont habituellement non magnétiques. Afin de réduire la susceptibilité à l'écrouissage, du cuivre peut être ajouté aux aciers de nuances A1 à A5 comme mentionné dans le tableau 1.

Pour les nuances non stabilisées A2 et A4, ce qui suit s'applique.

Comme l'oxyde de chrome rend l'acier résistant à la corrosion, un taux bas de carbone est important par les aciers non stabilisés. Du fait de la haute affinité du chrome au carbone, un carbure de chrome est obtenu au lieu d'un oxyde de chrome plus probable à haute température (voir annexe G).

Pour les aciers stabilisés de nuances A3 et A5, ce qui suit s'applique.

Les éléments Ti, Nb ou Ta affectent le carbone, et l'oxyde de chrome en est ainsi augmenté.

Par les applications en haute mer ou similaires, les aciers aux taux de Cr et Ni d'environ 20 % et de Mo de 4,5 à 6,5 % sont requis.

Lorsque le risque de corrosion est élevé, des spécialistes devront être consultés.

B.2.1 Aciers de nuance A1

Les aciers de nuance A1 sont tout spécialement destinés à l'usinage. Dû au haut taux de soufre qu'ils contiennent, ce groupe d'aciers a une résistance moindre à la corrosion que les aciers aux taux de soufre normaux.

B.2.2 Aciers de nuance A2

Les aciers de nuance A2 sont les aciers inoxydables les plus utilisés. Ils sont utilisés pour des équipements de cuisine et des appareils pour l'industrie chimique. Les aciers de ce groupe ne

conviennent pas pour les utilisations en acide non oxydant et comprenant des agents au chlore, c'est-à-dire piscines et eau de mer.

B.2.3 Aciers de nuance A3

Les aciers de nuance A3 sont des «aciers inoxydables» stabilisés avec les propriétés des aciers de nuance A2.

B.2.4 Aciers de nuance A4

Les aciers de nuance A4 sont «résistants à l'acide», alliés en Mo et donnent une meilleure résistance à la corrosion. L'A4 est beaucoup utilisé dans l'industrie de la cellulose puisque cette nuance d'acier est développée par l'acide sulfurique porté à ébullition (d'où le nom «résistant à l'acide»), il convient également dans une certaine mesure aux environnements chlorés. L'A4 est aussi fréquemment utilisé par l'industrie alimentaire et l'industrie de construction navale.

B.2.5 Aciers de nuance A5

Les aciers de nuance A5 sont des aciers stabilisés «résistants aux acides» dont les propriétés sont celles des aciers A4.

B.3 Aciers de groupe F (structure ferritique)

Un acier ferritique de nuance F1 est inclus dans l'ISO 3506-1, l'ISO 3506-2 et l'ISO 3506-3. Les aciers de nuance F1 ne peuvent pas être écrouis normalement et devraient même, dans certains cas, ne pas l'être. Les aciers F1 sont magnétiques.

B.3.1 Aciers de nuance F1

Le groupe des aciers de nuance F1 est normalement utilisé pour des équipements simples à l'exception des «super ferritiques» dont le taux de C et N est très bas. Les aciers de nuance F1 peuvent avantageusement remplacer les aciers de nuances A2 et A3 et être utilisés dans des environnements très chlorés.

B.4 Aciers de groupe C (structure martensitique)

Trois types d'aciers martensitiques de nuances C1, C3 et C4 sont inclus dans l'ISO 3506-1, l'ISO 3506-2 et l'ISO 3506-3. Ils peuvent être écrouis pour l'obtention d'une meilleure résistance et sont magnétiques.

B.4.1 Aciers de nuance C1

Les aciers de nuance C1 ont une résistance à la corrosion limitée. Ils sont utilisés dans les turbines, les pompes et la coutellerie.

B.4.2 Aciers de nuance C3

Les aciers de nuance C3 ont une résistance à la corrosion limitée même si elle est meilleure que celle des aciers de nuance C1. Ils sont utilisés dans les pompes et les valves.

B.4.3 Aciers de nuance C4

B.4.3 Aciers de nuance C4

Les aciers de nuance C4 ont une résistance limitée à la corrosion. Ils sont destinés à l'usinage et sont, pour le reste, similaires aux aciers de nuance C1.

B.5 Groupe d'aciers FA (structure austéno-ferritique)

Le groupe d'aciers FA n'est pas compris dans l'ISO 3506-1, l'ISO 3506-2 et l'ISO 3506-3, mais le sera probablement dans le futur.

Les aciers de ce groupe d'aciers sont souvent appelés aciers duplex. Les aciers FA développés dans un premier temps, avaient des inconvénients éliminés lors du développement récent de ces aciers. Les aciers FA ont de meilleures propriétés que les aciers de types A4 et A5 et ce, spécialement pour la résistance. Ils sont supérieurs aussi pour la corrosion par piquetage et craquelage.

Des exemples de composition sont donnés dans le tableau B.1.

Tableau B.1 - Aciers austéno-ferritiques - Composition chimique

Groupe de composition	Composition chimique % (m/m)						
	C max.	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	N
Austéno-ferritique	0,03	1,7	1,5	18,5	5,0	2,7	0,07
	0,03	< 1	< 2	22	5,5	3	0,14

Annexe C
(informative)

Spécifications de composition des aciers inoxydables
(Extraits de l'ISO 683-13:1986)

Tableau C.1

Type d'acier ²⁾	Composition chimique ¹⁾ % (m/m)													Identification de la nuance de l'élément de fixation ⁴⁾	
	C	Si max.	Mn max.	P max.	S	N	Al	Cr	Mo	Nb ³⁾	Ni	Se min.	Ti		Cu
Aciers ferritiques															
8	0,08 max.	1,0	1,0	0,040	0,030 max.	—	—	16,0 à 18,0	—	—	1,0 max.	—	—	—	F1
8b	0,07 max.	1,0	1,0	0,040	0,030 max.	—	—	16,0 à 18,0	—	—	1,0 max.	—	7 × % C ≤ 1,10	—	F1
9c	0,08 max.	1,0	1,0	0,040	0,030 max.	—	—	16,0 à 18,0	0,90 à 1,30	—	1,0 max.	—	—	—	F1
F1	0,025 max. ⁵⁾	1,0	1,0	0,040	0,030 max.	0,025 max. ⁵⁾	—	17,0 à 19,0	1,75 à 2,50	— ⁶⁾	0,60 max.	—	— ⁶⁾	—	F1
Aciers martensitiques															
3	0,09 à 0,15	1,0	1,0	0,040	0,030 max	—	—	11,5 à 13,5	—	—	1,0 max.	—	—	—	C1
7	0,08 à 0,15	1,0	1,5	0,060	0,15 à 0,35	—	—	12,0 à 14,0	0,60 max. ⁷⁾	—	1,0 max.	—	—	—	C4
4	0,16 à 0,25	1,0	1,0	0,040	0,030 max.	—	—	12,0 à 14,0	—	—	1,0 max.	—	—	—	C1
9a	0,10 à 0,17	1,0	1,5	0,060	0,15 à 0,34	—	—	15,5 à 17,5	0,60 max. ⁷⁾	—	1,0 max.	—	—	—	C3
9b	0,14 à 0,23	1,0	1,0	0,040	0,030 max.	—	—	15,0 à 17,5	—	—	1,5 à 2,5	—	—	—	C3
5	0,26 à 0,35	1,0	1,0	0,040	0,030 max.	—	—	12,0 à 14,0	—	—	1,0 max.	—	—	—	C1
Aciers austénitiques															
10	0,030 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max	—	—	17,0 à 19,0	—	—	9,0 à 12,0	—	—	—	A2 ⁸⁾
11	0,07 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	—	—	17,0 à 19,0	—	—	8,0 à 11,0	—	—	—	A2
15	0,08 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	—	—	17,0 à 19,0	—	—	9,0 à 12,0	—	5 × % C ≤ 0,80	—	A3 ⁹⁾
16	0,08 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	—	—	17,0 à 19,0	—	10 × % C ≤ 1,0	9,0 à 12,0	—	—	—	A3 ⁹⁾
17	0,12 max.	1,0	2,0	0,060	0,15 à 0,35	—	—	17,0 à 19,0	— ¹⁰⁾	—	8,0 à 10,0 ¹¹⁾	—	—	—	A1
13	0,10 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	—	—	17,0 à 19,0	—	—	11,0 à 13,0	—	—	—	A2
19	0,030 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	—	—	16,5 à 18,5	2,0 à 2,5	—	11,0 à 14,0	—	—	—	A4
20	0,07 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	—	—	16,5 à 18,5	2,0 à 2,5	—	10,5 à 13,5	—	—	—	A4
21	0,08 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	—	—	16,5 à 18,5	2,0 à 2,5	—	11,0 à 14,0	—	5 × % C ≤ 0,80	—	A5 ⁹⁾
23	0,08 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	—	—	16,5 à 18,5	2,0 à 2,5	10 × % C ≤ 1,0	11,0 à 14,0	—	—	—	A5 ⁹⁾
19a	0,030 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	—	—	16,5 à 18,5	2,5 à 3,0	—	11,5 à 14,5	—	—	—	A4
20a	0,07 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	—	—	16,5 à 18,5	2,5 à 3,0	—	11,0 à 14,0	—	—	—	A4
10N	0,030 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	0,12 à 0,22	—	17,0 à 19,0	—	—	8,5 à 11,5	—	—	—	A2
19N	0,030 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	0,12 à 0,22	—	16,5 à 18,5	2,0 à 2,5	—	10,5 à 13,5	—	—	—	A4 ⁸⁾
19aN	0,030 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	0,12 à 0,22	—	16,5 à 18,5	2,5 à 3,0	—	11,5 à 14,5	—	—	—	A4 ⁸⁾
Les éléments non mentionnés ne doivent pas être ajoutés intentionnellement à l'acier sans l'approbation du client pour d'autres raisons que la finition thermique. Toutes les précautions doivent être prises pour empêcher l'apport, par l'intermédiaire de déchets ou d'autres matériaux utilisés en fabrication, d'éléments susceptibles d'affecter la trempabilité, les caractéristiques mécaniques et l'applicabilité des aciers.															
Les numéros de types sont provisoires et seront sujets à modifications lorsque les Normes internationales connexes seront élaborées.															
La teneur en tantale est calculée comme la teneur en niobium.															
Ne fait pas partie de l'ISO 683-13.															
(C + N) de 0,040 % (m/m) max.															
8 × (C + N) ≤ (Nb + Ti) ≤ 0,80 % (m/m).															
Après accord en cours d'étude et à la commande, l'acier devra être fourni avec une teneur en Mo de 0,20 à 0,60 % (m/m).															
Excellente résistance à la corrosion intergranulaire.															
Aciers stabilisés.															
Le fournisseur peut ajouter du molybdène à concurrence de 0,70 % (m/m).															
La teneur maximale en nickel des produits semi-finis pour la fabrication dans des tubes sans soudure peut être accrue de 0,5 % (m/m).															

1) Les éléments non mentionnés ne doivent pas être ajoutés intentionnellement à l'acier sans l'approbation du client pour d'autres raisons que la finition thermique. Toutes les précautions doivent être prises pour empêcher l'apport, par l'intermédiaire de déchets ou d'autres matériaux utilisés en fabrication, d'éléments susceptibles d'affecter la trempabilité, les caractéristiques mécaniques et l'applicabilité des aciers.

2) Les numéros de types sont provisoires et seront sujets à modifications lorsque les Normes internationales connexes seront élaborées.

3) La teneur en tantale est calculée comme la teneur en niobium.

4) Ne fait pas partie de l'ISO 683-13.

5) (C + N) de 0,040 % (m/m) max.

6) $8 \times (C + N) \leq (Nb + Ti) \leq 0,80 \% (m/m)$.

7) Après accord en cours d'étude et à la commande, l'acier devra être fourni avec une teneur en Mo de 0,20 à 0,60 % (m/m).

8) Excellente résistance à la corrosion intergranulaire.

9) Aciers stabilisés.

10) Le fournisseur peut ajouter du molybdène à concurrence de 0,70 % (m/m).

11) La teneur maximale en nickel des produits semi-finis pour la fabrication dans des tubes sans soudure peut être accrue de 0,5 % (m/m).

Annexe D
(informative)

Aciers inoxydables pour étirage et extrusion à froid
(Extraits de l'ISO 4954:1993)

Tableau D.1

Type d'acier (Désignation ¹⁾)			Composition chimique ²⁾ % (m/m)											Identification de la nuance de l'élément de fixation ³⁾
N°	Nom	conformément à l'ISO 4954:1979	C	Si max.	Mn max.	P max.	S max.	Cr	Mo	Ni	Autres			
Aciers ferritiques														
71	X 3 Cr 17 E	—	≤ 0,04	1,00	1,00	0,040	0,030	16,0 à 18,0		≤ 1,0			F1	
72	X 6 Cr 17 E	D 1	≤ 0,08	1,00	1,00	0,040	0,030	16,0 à 18,0		≤ 1,0			F1	
73	X 6 CrMo 17 1 E	D 2	≤ 0,08	1,00	1,00	0,040	0,030	16,0 à 18,0	0,90 à 1,30	≤ 1,0			F1	
74	X 6 CrTi 12 E	—	≤ 0,08	1,00	1,00	0,040	0,030	10,5 à 12,5		≤ 0,50	Ti: 6 × % C ≤ 1,0		F1	
75	X 6 CrNb 12 E	—	≤ 0,08	1,00	1,00	0,040	0,030	10,5 à 12,5		≤ 0,50	Nb: 6 × % C ≤ 1,0		F1	
Aciers martensitiques														
76	X 12 Cr 13 E	D 10	0,90 à 0,15	1,00	1,00	0,040	0,030	11,5 à 13,5		≤ 1,0			C1	
77	X 19 CrNi 16 2 E	D 12	0,14 à 0,23	1,00	1,00	0,040	0,030	15,0 à 17,5		1,5 à 2,5			C3	
Aciers austénitiques														
78	X 2 CrNi 18 10 E	D 20	≤ 0,030	1,00	2,00	0,045	0,030	17,0 à 19,0		9,0 à 12,0			A2 4)	
79	X 5 CrNi 18 9 E	D 21	≤ 0,07	1,00	2,00	0,045	0,030	17,0 à 19,0		8,0 à 11,0			A2	
80	X 10 CrNi 18 9 E	D 22	≤ 0,12	1,00	2,00	0,045	0,030	17,0 à 19,0		8,0 à 10,0			A2	
81	X 5 CrNi 18 12 E	D 23	≤ 0,07	1,00	2,00	0,045	0,030	17,0 à 19,0		11,0 à 13,0			A2	
82	X 6 CrNi 18 16 E	D 25	≤ 0,08	1,00	2,00	0,045	0,030	15,0 à 17,0		17,0 à 19,0			A2	
83	X 6 CrNiTi 18 10 E	D 26	≤ 0,08	1,00	2,00	0,045	0,030	17,0 à 19,0		9,0 à 12,0	Ti: 5 × % C ≤ 0,80		A3	
84	X 5 CrNiMo 17 12 2 E	D 29	≤ 0,07	1,00	2,00	0,045	0,030	16,5 à 18,5	2,0 à 2,5	10,5 à 13,5			A4	
85	X 6 CrNiMoTi 17 12 2 E	D 30	≤ 0,08	1,00	2,00	0,045	0,030	16,5 à 18,5	2,0 à 2,5	11,0 à 14,0	Ti: 5 × % C ≤ 0,80		A5	
86	X 2 CrNiMo 17 13 3 E	—	≤ 0,030	1,00	2,00	0,045	0,030	16,5 à 18,5	2,5 à 3,0	11,5 à 14,5			A4 4)	
87	X 2 CrNiMoN 17 13 3 E	—	≤ 0,030	1,00	2,00	0,045	0,030	16,5 à 18,5	2,5 à 3,0	11,5 à 14,5	N: 0,12 à 0,22		A4 4)	
88	X 3 CrNiCu 18 9 3 E	D 32	≤ 0,04	1,00	2,00	0,045	0,030	17,0 à 19,0		8,5 à 10,5	Cu: 3,00 à 4,00		A2	

1) Les désignations données dans la première colonne sont des numéros qui se suivent. Les désignations données dans la seconde colonne sont en accord avec le système proposé par l'ISO/TC 17/SC 2. Les désignations données dans la troisième colonne représentent les anciens numéros de l'ISO 4954:1979 (révisée en 1993).

2) Les éléments non mentionnés ne doivent pas être ajoutés intentionnellement à l'acier sans l'approbation du client pour d'autres raisons que la finition thermique. Toutes les précautions doivent être prises pour empêcher l'apport, par l'intermédiaire de déchets ou d'autres matériaux utilisés en fabrication, d'éléments susceptibles d'affecter la trempabilité, les caractéristiques mécaniques et l'applicabilité des aciers.

3) Ne fait pas partie de l'ISO 4954.

4) Excellente résistance à la corrosion intergranulaire.

1) Les désignations données dans la première colonne sont des numéros qui se suivent. Les désignations données dans la seconde colonne sont en accord avec le système proposé par l'ISO/TC 17/SC 2. Les désignations données dans la troisième colonne représentent les anciens numéros de l'ISO 4954:1979 (révisée en 1993).

2) Les éléments non mentionnés ne doivent pas être ajoutés intentionnellement à l'acier sans l'approbation du client pour d'autres raisons que la finition thermique. Toutes les précautions doivent être prises pour empêcher l'apport, par l'intermédiaire de déchets ou d'autres matériaux utilisés en fabrication, d'éléments susceptibles d'affecter la trempabilité, les caractéristiques mécaniques et l'applicabilité des aciers.

3) Ne fait pas partie de l'ISO 4954.

4) Excellente résistance à la corrosion intergranulaire.

Annexe E (informative)

Aciers inoxydables austénitiques avec résistance particulière due à la corrosion par le chlore (Extraits de l'EN 10088-1:1995)

Le risque de défaut des vis et goujons suite au travail de corrosion dû au chlore (par exemple en piscine couverte) peut être réduit en utilisant les matériaux donnés dans le tableau E.1.

Tableau E.1

Acier inoxydable austénitique (Symbole et numérotation du matériau)	Composition chimique % (m/m)									
	C max.	Si max.	Mn max.	P max.	S max.	N	Cr	Mo	Ni	Cu
X2CrNiMoN17-13-5 (1.4439)	0,03	1,0	2,0	0,045	0,015	0,12 à 0,22	16,5 à 18,5	4,0 à 5,0	12,5 à 14,5	
X1NiCrMoCu25-20-5 (1.4539)	0,02	0,7	2,0	0,030	0,010	≤ 0,15	19,0 à 21,0	4,0 à 5,0	24,0 à 26,0	1,2 à 2,0
X1NiCrMoCuN25-20-7 (1.4529)	0,02	0,5	1,0	0,030	0,010	0,15 à 0,25	19,0 à 21,0	6,0 à 7,0	24,0 à 26,0	0,5 à 1,5
X2CrNiMoN22-5-3 ¹⁾ (1.4462)	0,03	1,0	2,0	0,035	0,015	0,10 à 0,22	21,0 à 23,0	2,5 à 3,5	4,5 à 6,5	
1) Pour les aciers austéno-ferritiques.										

Annexe F (informative)

Caractéristiques mécaniques à températures élevées; application à basses températures

NOTE - Si les vis et les goujons sont correctement calculés, les écrous correspondants satisferont automatiquement aux exigences. Toutefois, dans le cas d'application à haute ou basse température, il est suffisant de ne considérer que les caractéristiques mécaniques des vis et des goujons.

F.1 Limite inférieure d'écoulement ou limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 % à températures élevées

Les valeurs données dans la présente annexe sont pour information. Il convient que les utilisateurs comprennent que, par la chimie actuelle, les charges auxquelles sont soumis les éléments de fixation assemblés et l'environnement peuvent subir une variation significative. Si les charges fluctuent et que des périodes de fonctionnement à températures élevées sont importantes ou qu'une possibilité d'accentuation de la corrosion est importante, il convient que l'utilisateur consulte le fabricant.

Pour la limite inférieure d'écoulement (R_{eL}) et la limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 % ($R_{p0,2}$) à températures élevées, données en pourcentage des limites à température ambiante, voir le tableau F.1.

Tableau F.1 - Influence de la température sur R_{eL} et $R_{p0,2}$

Nuance d'acier	R_{eL} et $R_{p0,2}$ %			
	Température			
	+ 100 °C	+ 200 °C	+ 300 °C	+ 400 °C
A2 A4	85	80	75	70
C1	95	90	80	65
C3	90	85	80	60
NOTE — Pour classes de qualité 70 et 80 uniquement.				

F.2 Application à basses températures

Pour l'application à basses températures des vis et goujons en acier inoxydable, voir le tableau F.2.

**Tableau F.2 - Application des vis et goujons en acier inoxydable à basses températures
(acier austénitique uniquement)**

Nuance d'acier	Limites inférieures des températures opérationnelles en utilisation continue	
A2	– 200 °C	
A4	Vis ¹⁾	– 60 °C
	Goujons	– 200 °C
1) En liaison avec l'élément d'alliage Mo, la stabilité de l'austénite est réduite et la température de transition est portée vers des valeurs plus élevées si une forte proportion de déformation est appliquée à l'élément de fixation en cours de fabrication.		

Annexe G (informative)

Diagramme de la température en fonction du temps de la corrosion intergranulaire dans les aciers inoxydables austénitiques, nuance A2 (aciers 18/8)

La figure G.1 donne le temps approximatif passé par les aciers inoxydables austénitiques, de nuance A2 (aciers 18/8), de différentes teneurs en carbone, dans la plage de températures comprises entre 550 °C et 925 °C avant l'apparition d'une corrosion intergranulaire.

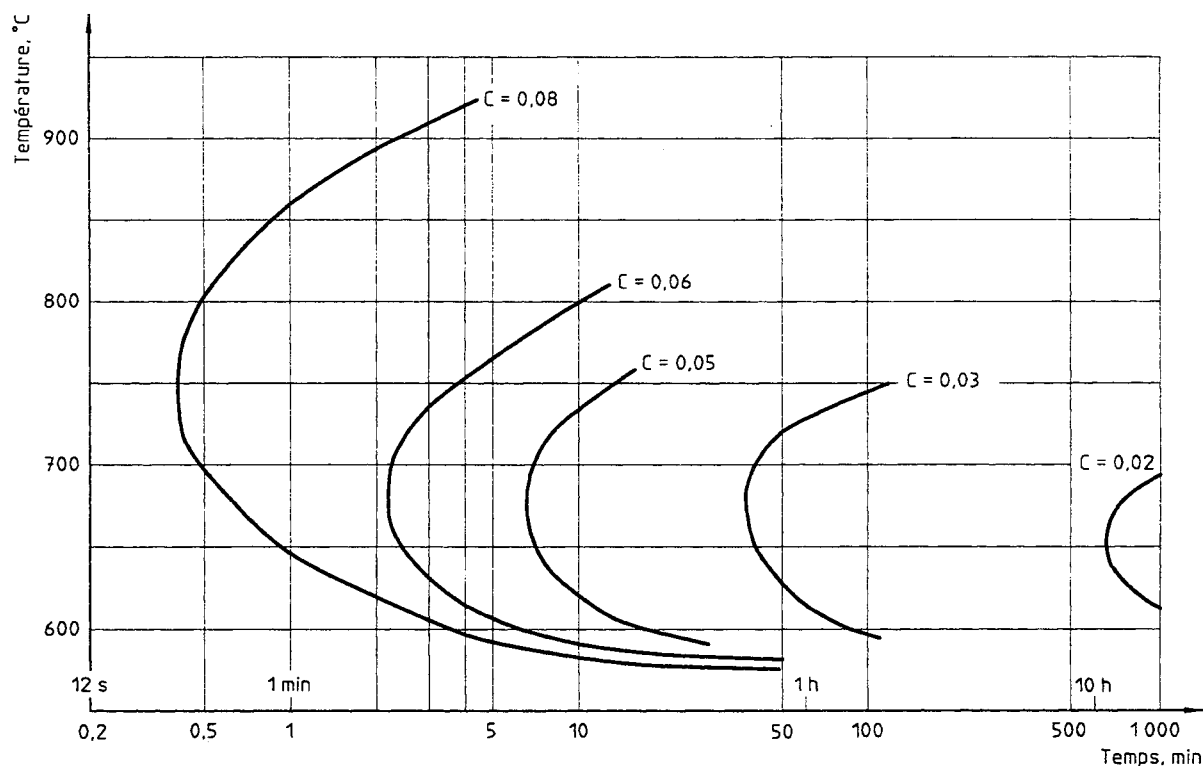


Figure G.1

Annexe H (informative)

Propriétés magnétiques des aciers inoxydables austénitiques

Tous les éléments de fixation en acier inoxydable austénitique sont normalement non magnétiques; après l'écrouissage à froid, certaines caractéristiques magnétiques peuvent apparaître de manière évidente.

Chaque matériau est caractérisé par son aptitude à la magnétisation, et cette loi est également applicable aux aciers inoxydables. Seul le vide est probablement entièrement non magnétique. La mesure de la perméabilité d'un matériau placé dans un champ magnétique est la valeur de perméabilité μ_r de ce matériau par rapport au vide. Le matériau présente une faible perméabilité quand μ_r se rapproche de 1.

EXEMPLES

A2 : $\mu_r \approx 1,8$

A4 : $\mu_r \approx 1,015$

A4L : $\mu_r \approx 1,005$

F1 : $\mu_r \approx 5$

Annexe I
(informative)

Bibliographie

- [1] ISO 683-13:1986, *Aciers pour traitement thermique, aciers alliés et aciers pour décolletage - Partie 13: Aciers corroyés inoxydables*.¹⁰⁾
- [2] ISO 4954:1993, *Aciers pour refoulement et extrusion à froid*.
- [3] EN 10088-1:1995, *Aciers inoxydables - Partie 1: Liste des aciers inoxydables*.

¹⁰⁾ Cette Norme internationale est annulée.

Page laissée intentionnellement blanche

Annexe ZA

(normative)

Références normatives aux publications internationales avec leurs publications européennes correspondantes

Cette norme européenne comporte par référence datée ou non datée des dispositions d'autres publications. Ces références normatives sont citées aux endroits appropriés dans le texte et les publications sont énumérées ci-après. Pour les références datées, les amendements ou révisions ultérieurs de l'une quelconque de ces publications ne s'appliquent à cette norme européenne que s'ils y ont été incorporés par amendement ou révision. Pour les références non datées, la dernière édition de la publication à laquelle il est fait référence s'applique.

Publication	Année	Titre	EN	Année
ISO 898-1	1988	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation - Partie 1 : Boulons, vis et goujons	EN 20898-1	1991
ISO 6507-1	1997	Matériaux métalliques - Essai de dureté - Essai Vickers - Partie 1 : HV 5 à HV 100	EN ISO 6507-1	1997

norme européenne

norme française

NF EN ISO 3506-2
Mars 1998

Indice de classement : **E 25-400-6**

ICS : 21.060.20

Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier inoxydable résistant à la corrosion

Partie 2 : Écrous

E : Mechanical properties of corrosion-resistant stainless-steel fasteners -
Part 2 : Nuts

D : Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen
aus nichtrostenden Stählen - Teil 2 : Muttern

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général de l'AFNOR le 5 février 1998 pour
prendre effet le 5 mars 1998.

Remplace la norme homologuée NF ISO/DIS 3506-2, de décembre 1995.

Correspondance

La norme européenne EN ISO 3506-2:1997 a le statut d'une norme française.
Elle reproduit intégralement la norme internationale ISO 3506-2:1997.

Analyse

Le présent document fait partie d'un ensemble de trois normes définissant les
caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier inoxydable aus-
ténitique ferritique et martensitique :

- NF EN ISO 3506-1 (indice de classement : E 25-100-6) pour les vis et
goujons ;
- NF EN ISO 3506-3 (indice de classement : E 25-100-8) pour les vis sans
tête et éléments similaires.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : élément de fixation, écrou, acier résistant
à la corrosion, acier inoxydable, acier ferritique, acier austénitique, acier mar-
tensitique, désignation, composition chimique, nuance, caractéristique méca-
nique, essai, marquage.

Modifications

Par rapport au document remplacé, adoption de la norme européenne.

Corrections

Éditée et diffusée par l'Association Française de Normalisation (AFNOR), Tour Europe 92049 Paris La Défense Cedex
Tél. : 01 42 91 55 55 - Tél. international : + 33 1 42 91 55 55



Membres de la commission de normalisation

Président : M VAN WELDEN

Secrétariat : MME BROCARD - UNM

M	BAEZ	EMILE MAURIN
M	BATAILLÉ	UNM
M	BRUNET	RENAULT VEHICULES INDUSTRIELS
M	BUZZOLINI	CTDEC
M	COQUARD	GFD
M	DELESSE	SCHNEIDER ELECTRIC
M	DESVIGNES	SNCF-NORHA
M	DUMONT	TREX
M	FAUCHET	BLANC AÉRO INDUSTRIES
M	FAURE	CHAPELLET
M	FILIOT	OTALU
M	FLAURAUD	AVDEL
M	GENTA	RIVEX
M	GRECIET	RENAULT AUTOMOBILES
M	GREFF	ARS INDUSTRIES
M	GUIGNARD	THOMSON CSF
M	GUYON	GEC ALSTHOM
M	HEMON	SIMMONDS
M	HOFFMANN	ARS INDUSTRIES
M	JACOB	SIO
M	JACQUART	MINISTERE DE LA DEFENSE - DCN/ING
M	LAURENT	MINISTERE DE LA DEFENSE - DGA/DCN
M	LENGLLET	THOMSON CSF
M	LEVESQUE	MECANINDUS
M	MARILL	SFS STADLER
M	METIVIER	LANFRANCO
M	MOLINA	TEXTRON INDUSTRIE
MME	PECHENARD	AFFIX
M	POURTIER	SNCF
M	PROT	PSA PEUGEOT CITROEN
M	REVOL	SPIT
M	REYMOND	POTAIN
M	ROHART	ROHART
M	ROSAIN	RENAULT VEHICULES INDUSTRIELS
M	ROSSAND	UGIVIS
M	RYAN	CTICM
MME	SEVAGEN	EDF
M	SOUVIGNET	CETIM
M	TERRIER	FORMER
M	THIEBAUT	RENAULT AUTOMOBILES
M	THOMAS	RENAULT AUTOMOBILES
M	TOULEMONDE	AFNOR
M	VAGNEZ	SECURIT'S FRANCE
MME	VAN HOYE	PSM FIXATION
M	VAN WELDEN	FORMER
M	VARADY	STOCKINOX

Avant-propos national

Références aux normes françaises

La correspondance entre les normes mentionnées à l'article «Références normatives» et les normes françaises identiques est la suivante :

<i>ISO 68-1</i>	<i>: NF ISO 68-1 (indice de classement : E 03-001)¹⁾</i>
<i>ISO 261</i>	<i>: NF ISO 261 (indice de classement : E 03-013) ¹⁾</i>
<i>ISO 262</i>	<i>: NF ISO 262 (indice de classement : E 03-014) ¹⁾</i>
<i>ISO 898-2</i>	<i>: NF EN 20898-2 (indice de classement : E 25-400-1)</i>
<i>ISO 898-6</i>	<i>: NF EN ISO 898-6 (indice de classement : E 25-400-4)</i>
<i>ISO 3651-1</i>	<i>: NF EN ISO 3651-1 (indice de classement : A 05-159) ¹⁾</i>
<i>ISO 3651-2</i>	<i>: NF EN ISO 3651-2 (indice de classement : A 05-160) ¹⁾</i>

La correspondance entre les normes mentionnées à l'article «Références normatives» et les normes françaises de même domaine d'application mais non identiques est la suivante :

<i>ISO 272</i>	<i>: NF E 25-016</i>
<i>ISO 6506</i>	<i>: NF A 03-201</i>
<i>ISO 6507-1</i>	<i>: NF A 03-154</i>

L'autre norme mentionnée à l'article «Références normatives» n'a pas de correspondance dans la collection des normes françaises ; elle peut être obtenue auprès de l'AFNOR.

1) En préparation.

Page laissée intentionnellement blanche

ICS 21.060.20

Descripteurs : produit en acier, acier résistant à la corrosion, acier inoxydable, élément de fixation, écrou, spécification, spécification de matière, propriété mécanique, composition chimique, essai, essai mécanique, matériel d'essai, désignation, marquage.

Version française

**Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation
en acier inoxydable résistant à la corrosion -
Partie 2 : Écrous
(ISO 3506-2:1997)**

Mechanische Eigenschaften
von Verbindungselementen
aus nichtrostenden Stählen -
Teil 2 : Muttern
(ISO 3506-2:1997)

Mechanical properties
of corrosion-resistant
stainless-steel fasteners -
Part 2 : Nuts
(ISO 3506-2:1997)

La présente norme européenne a été adoptée par le CEN le 23 octobre 1997.

Les membres du CEN sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la norme européenne.

Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du Secrétariat Central ou auprès des membres du CEN.

La présente norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version faite dans une autre langue par traduction sous la responsabilité d'un membre du CEN dans sa langue nationale, et notifiée au Secrétariat Central, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

CEN

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Europäisches Komitee für Normung
European Committee for Standardization

Secrétariat Central : rue de Stassart 36, B-1050 Bruxelles

Avant-propos

Le texte de la norme internationale ISO 3506-2:1997 a été élaborée par le Comité Technique ISO/TC 2 «Éléments de fixation» en collaboration avec le Comité Technique CEN/TC 185 «Éléments de fixation mécaniques filetés et non filetés et accessoires» dont le secrétariat est tenu par le DIN.

Cette norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement au plus tard en juin 1998, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en juin 1998.

Selon le Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, les instituts de normalisation nationaux des pays suivants sont tenus de mettre cette norme européenne en application : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

Notice d'entérinement

Le texte de la norme internationale ISO 3506-2:1997 a été approuvé par le CEN comme norme européenne sans aucune modification.

NOTE : Les références normatives aux normes internationales sont mentionnées en annexe ZA (normative).

Introduction

Lors de la rédaction de la présente partie de l'ISO 3506, une attention particulière a été portée aux différences fondamentales observées entre les caractéristiques mécaniques des nuances d'acier inoxydable, des aciers au carbone et aciers faiblement alliés entrant dans la fabrication des éléments de fixation. Les aciers inoxydables austénitiques sont renforcés par écrouissage à froid uniquement et, par conséquent, les éléments de fixation ne sont pas aussi homogènes que les pièces traitées par trempe et revenu. Ces caractéristiques particulières ont été prises en compte lors de l'élaboration des classes de qualité et des procédures d'essais des caractéristiques mécaniques.

Page laissée intentionnellement blanche

Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier inoxydable résistant à la corrosion -

Partie 2: Écrous

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 3506 prescrit les caractéristiques mécaniques des écrous constitués d'aciers inoxydables austénitiques, martensitiques et ferritiques résistants à la corrosion et testés à une température ambiante comprise entre 15 °C et 25 °C. Ces caractéristiques varient selon la valeur plus ou moins élevée de la température.

Elle est applicable aux écrous

- de diamètre nominal de filetage (d) jusqu'à 39 mm inclus;
- à filetage métrique ISO triangulaire dont le diamètre (d) et le pas sont conformes à l'ISO 68-1, à l'ISO 261 et à l'ISO 262;
- de forme quelconque;
- avec des cotes surplats telles que spécifiées dans l'ISO 272;
- dont la hauteur nominale est égale ou supérieure à 0,5 d .

La présente partie de l'ISO 3506 ne s'applique pas aux écrous possédant des caractéristiques spéciales telles que:

- la capacité de freinage;
- la soudabilité.

La présente partie de l'ISO 3506 ne définit pas la résistance à la corrosion ou à l'oxydation dans des ambiances particulières.

La présente partie de l'ISO 3506 est destinée à fournir les classes de qualité des éléments de fixation en acier inoxydable résistant à la corrosion. Certains matériaux peuvent être utilisés à des températures aussi basses que - 200 °C, tandis que d'autres peuvent être utilisés à des températures aussi élevées que + 800 °C dans l'air. Les informations de l'influence de la température sur les caractéristiques mécaniques se trouvent dans l'annexe D.

La résistance à la corrosion et à l'oxydation, ainsi que les caractéristiques mécaniques à températures élevées ou au-dessous de zéro doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur dans chaque cas particulier. L'annexe E montre comment le risque de corrosion intergranulaire à des températures élevées dépend de la teneur en carbone.

Tous les éléments de fixation en acier inoxydable austénitique sont normalement non magnétiques, à l'état hypereutecté. Après l'écrouissage à froid, certaines caractéristiques magnétiques peuvent apparaître de manière évidente (voir l'annexe F).

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 3506. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente partie de l'ISO 3506 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 68-1:- ¹⁾ ,	<i>Filetages ISO pour usages généraux - Profil de base - Partie 1: Filetages métriques.</i>
ISO 261:- ²⁾ ,	<i>Filetages métriques ISO pour usages généraux - Vue d'ensemble.</i>
ISO 262:- ³⁾ ,	<i>Filetages métriques ISO pour usages généraux - Sélection de dimensions pour la boulonnerie.</i>
ISO 272:1982,	<i>Éléments de fixation - Produits hexagonaux - Dimensions des surplats.</i>
ISO 898-2:1992,	<i>Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation - Partie 2: Écrous avec charges d'épreuves spécifiées - Filetages à pas gros.</i>
ISO 898-6:1994,	<i>Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation - Partie 6: Écrous avec charges d'épreuves spécifiées - Filetage à pas fin.</i>
ISO 3651-1:- ⁴⁾ ,	<i>Détermination de la résistance à la corrosion intergranulaire des aciers inoxydables - Partie 1: Aciers austénitiques et austéno-ferritiques (duplex) - Essai de corrosion en milieu acide nitrique par mesurage de la perte de masse (essai de Huey).</i>
ISO 3651-2:- ⁵⁾ ,	<i>Détermination de la résistance à la corrosion intergranulaire des aciers inoxydables - Partie 2: Aciers ferritiques, austénitiques et austéno-ferritiques (duplex) - Essai de corrosion en milieux contenant de l'acide sulfurique.</i>
ISO 6506:1981,	<i>Matériaux métalliques - Essai de dureté - Essai Brinell.</i>
ISO 6507-1:1997,	<i>Matériaux métalliques - Essai de dureté Vickers - Partie 1: Méthode d'essai.</i>
ISO 6508:1986,	<i>Matériaux métalliques - Essai de dureté - Essai Rockwell (échelles A - B - C - D - E - F - G - H - K).</i>

1) À publier. (Révision de l'ISO 68:1973)

2) À publier. (Révision de l'ISO 261:1973)

3) À publier. (Révision de l'ISO 263:1973)

4) À publier. (Révision de l'ISO 3651-1:1976)

5) À publier. (Révision de l'ISO 3651-2:1976)

3 Désignation, marquage et finition

3.1 Désignation

Le système de désignation des nuances d'acier inoxydable et des classes de qualité pour les écrous est illustré à la figure 1. La désignation du matériau se compose de deux groupes de caractères séparés par un trait d'union. Le premier désigne la nuance d'acier, le deuxième la classe de qualité.

La désignation des nuances d'acier (premier groupe) se compose d'une des lettres suivantes:

- A** pour l'acier austénitique,
- C** pour l'acier martensitique,
- F** pour l'acier ferritique,

qui désigne le groupe d'acier et d'un chiffre qui désigne la variation de la composition chimique dans ce groupe d'acier.

La désignation de la classe de qualité (deuxième groupe) consiste en deux chiffres pour les écrous de hauteur $m \geq 0,8 d$ (style 1) indiquant 1/10 de la résistance à la charge d'épreuve et trois chiffres pour les écrous avec une hauteur de $0,5 d \leq m < 0,8 d$ (écrous bas), le premier chiffre indiquant que l'écrou a une charge admissible réduite, les deux chiffres suivants indiquent 1/10 de la résistance à la charge d'épreuve.

NOTE - Pour la définition des écrous de style 1, voir ISO 898-2:1992, annexe A.

Exemples de désignation du matériau:

1) **A2-70** indique:

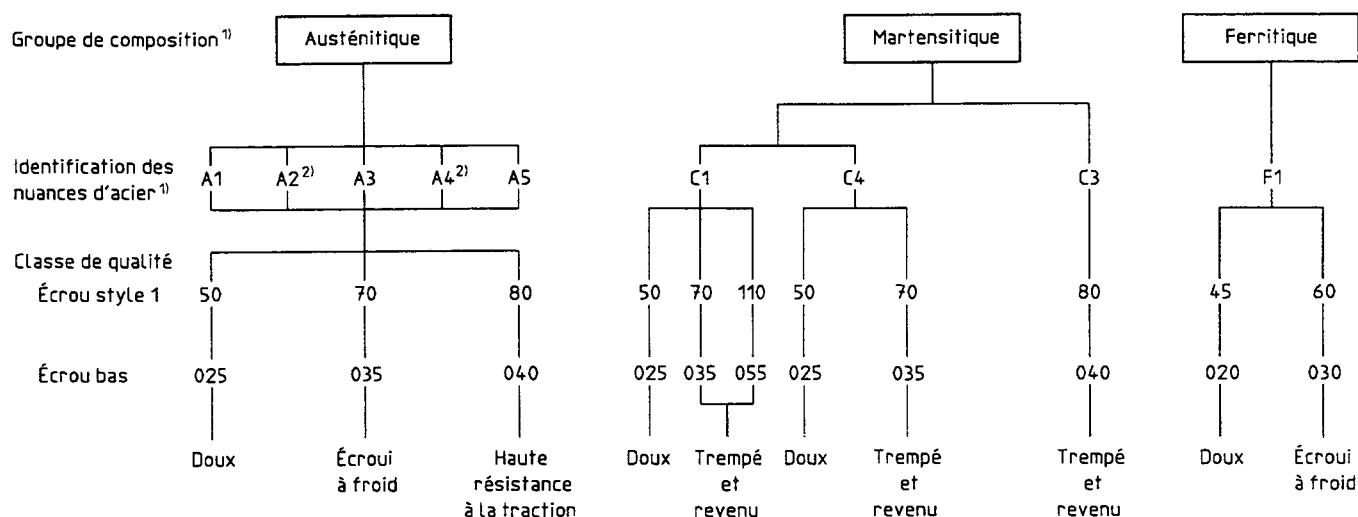
un acier austénitique écroui à froid, dont la résistance minimale à la traction est égale à 700 N/mm² (700 MPa) (écrou style 1).

2) **C4-70** indique:

un acier martensitique trempé et revenu, dont la résistance minimale à la traction est égale à 700 N/mm² (700 MPa) (écrou style 1).

3) **A2-035** indique:

un acier austénitique écroui à froid, dont la résistance minimale à la traction est égale à 350 N/mm² (350 MPa) (écrou bas).



1) La description des groupes d'acier et des nuances d'acier de cette figure est définie dans l'annexe A et les compositions chimiques dans le tableau 1.

2) Le marquage des aciers inoxydables à faible teneur en carbone n'excédant pas 0,03 % peut être complété par la lettre L.

EXEMPLE: A4 L - 80

Figure 1 - Système de désignation des nuances d'acier inoxydable et des classes de qualité pour les écrous

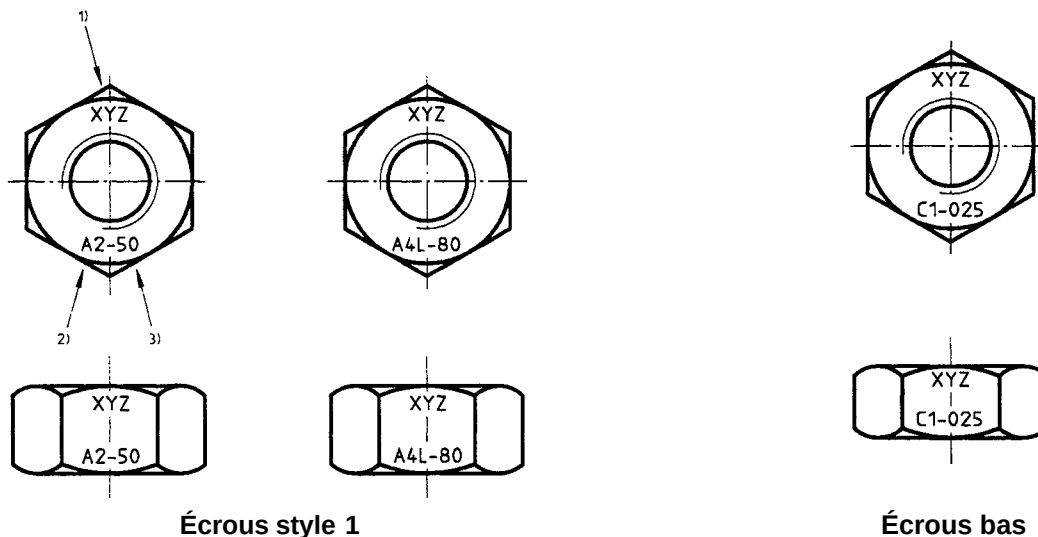
3.2 Marquage

Si, et seulement si, toutes les conditions décrites dans la présente partie de l'ISO 3506 sont réunies, les pièces doivent être marquées et/ou décrites en conformité avec le système de désignation décrit en 3.1.

3.2.1 Écrous

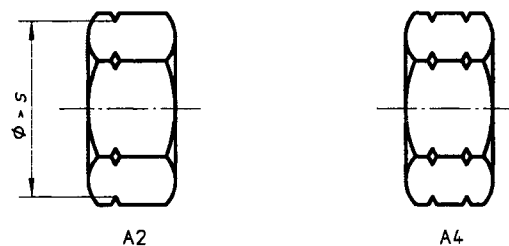
Le marquage est obligatoire sur les écrous de diamètre nominal de filetage $d \geq 5$ mm conformément à 3.1 et aux figures 1 et 2 et doit inclure la nuance et la classe de qualité de l'acier ainsi que le label d'identification du fabricant à condition que cela soit possible techniquement. Le marquage d'une seule face de l'écrou est acceptable et doit être en creux uniquement lorsqu'il est appliqué sur la face de contact de l'écrou. Le marquage est également toléré sur le côté de l'écrou.

Lorsque le marquage est constitué d'entailles (voir la figure 2) sans indication de la classe de qualité, c'est la classe de qualité 50 ou 025 qui s'applique.



- 1) Identification du fabricant
- 2) Nuance d'acier
- 3) Classe de qualité

Marquage avec identification du fabricant et désignation du matériau



s est la cote surplats.

Marquage par entailles pour nuances d'acier A2 et A4 uniquement

NOTE - Le marquage pour les filetages à gauche est décrit dans l'ISO 898-2.

Figure 2 - Marquage des écrous

3.2.2 Conditionnements

Un marquage comportant la désignation et l'identification commerciale est obligatoire sur tous les conditionnements de toutes dimensions.

3.3 Finition

Sauf indication contraire, les éléments de fixation répondant aux exigences de la présente partie de l'ISO 3506 doivent être fournis propres et brillants. Il est recommandé de procéder à une passivation pour obtenir une résistance à la corrosion maximale.

4 Composition chimique

La composition chimique des aciers inoxydables des éléments de fixation répondant aux exigences de la présente partie de l'ISO 3506 est décrite dans le tableau 1.

Le choix définitif de la composition chimique pour la nuance d'acier spécifiée est laissé à la discrétion du fournisseur, sauf accord préalable entre lui et le client.

Dans les applications présentant un risque de corrosion intergranulaire, l'essai décrit dans l'ISO 3651-1 ou l'ISO 3651-2 est recommandé. En pareil cas, les aciers inoxydables stabilisés A3 et A5 ou les aciers inoxydables A2 et A4 avec une teneur en carbone n'excédant pas 0,03 % sont recommandés.

Tableau 1 - Éléments de fixation en acier inoxydable - Composition chimique

Groupe de composition	Nuance	Composition chimique % (m/m) ¹⁾									Notes
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	
Austénitique	A1	0,12	1	6,5	0,2	0,15 à 0,35	16 à 19	0,7	5 à 10	1,75 à 2,25	2) 3) 4)
	A2	0,1	1	2	0,05	0,03	15 à 20	— 5)	8 à 19	4	7) 8)
	A3	0,08	1	2	0,045	0,03	17 à 19	— 5)	9 à 12	1	9)
	A4	0,08	1	2	0,045	0,03	16 à 18,5	2 à 3	10 à 15	1	8) 10)
	A5	0,08	1	2	0,045	0,03	16 à 18,5	2 à 3	10,5 à 14	1	9) 10)
Martensitique	C1	0,09 à 0,15	1	1	0,05	0,03	11,5 à 14	—	1	—	10)
	C3	0,17 à 0,25	1	1	0,04	0,03	16 à 18	—	1,5 à 2,5	—	
	C4	0,08 à 0,15	1	1,5	0,06	0,15 à 0,35	12 à 14	0,6	1	—	2) 10)
Ferritique	F1	0,12	1	1	0,04	0,03	15 à 18	— 6)	1	—	11) 12)
NOTES 1) Une description des groupes et nuances d'acier inoxydable entrant dans leurs caractéristiques et applications est donnée dans l'annexe A. 2) Des exemples d'acier inoxydable normalisé dans l'ISO 683-13 et l'ISO 4954 sont donnés dans les annexes B et C, respectivement. 1) Sauf indication contraire, les valeurs sont maximales. 2) Le soufre peut être remplacé par le sélénium. 3) Si Ni < 8 % le Mn minimum doit être 5 %. 4) Pas de limite pour Cu pourvu que le Ni soit > 8 %. 5) Le fabricant peut choisir d'inclure du molybdène. Toutefois, si certaines applications exigent une limitation de la teneur en molybdène, cette exigence doit être stipulée par le client à la commande. 6) Le fabricant peut choisir d'inclure du molybdène. 7) Si Cr < 17 % le Ni minimum doit être 12 %. 8) Pour les aciers inoxydables austénitiques au C maximum de 0,03 %, la teneur en azote est limitée à 0,22 %. 9) Doit contenir du titane $\geq 5 \times C$ jusqu'à 0,8 % maximum pour stabilisation et être marqué selon ce tableau ou doit contenir du niobium (columbium) et/ou du tantale $\geq 10 \times C$ jusqu'à 1 % maximum pour stabilisation et être marqué selon ce tableau. 10) Le fabricant peut choisir d'augmenter la teneur en carbone lorsque l'obtention des caractéristiques mécaniques pour des diamètres supérieurs l'exige, mais ne doit pas dépasser 0,12 % pour les aciers austénitiques. 11) Peut contenir Ti $\geq 5 \times C$ jusqu'à 0,8 % maximum. 12) Peut contenir du niobium (columbium) et/ou du tantale $\geq 10 \times C$ jusqu'à 1 % maximum.											

5 Caractéristiques mécaniques

Les caractéristiques mécaniques des écrous répondant aux exigences de la présente partie de l'ISO 3506 sont données dans le tableau 2 ou 3.

À des fins d'acceptation, les caractéristiques mécaniques spécifiées dans cet article doivent faire l'objet d'essais suivants:

- essai de dureté conformément à 6.1 (uniquement pour les nuances C1, C3 et C4 après traitement par trempe et revenu);
- essai de charge d'épreuve conformément à 6.2.

Tableau 2 - Caractéristiques mécaniques des écrous - Acier austénitique

Groupe de composition	Nuance	Classe de qualité		Limite de diamètres de filetage d mm	Résistance à la charge d'épreuve S_p min. N/mm ²	
		Écrous style 1 ($m \geq 0,8 d$)	Écrous bas ($0,5 d \leq m < 0,8 d$)		Écrous style 1 ($m \geq 0,8 d$)	Écrous bas ($0,5 d \leq m < 0,8 d$)
Austénitique	A1	50	025	≤ 39	500	250
	A2, A3	70	035	$\leq 24^1$	700	350
	A4, A5	80	040	$\leq 24^1$	800	400

1) Les caractéristiques mécaniques des éléments de fixation dont le diamètre nominal de filetage $d > 24$ mm doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur et marquées de la nuance d'acier et classe de qualité selon ce tableau.

Tableau 3 - Caractéristiques mécaniques des écrous - Aciers martensitique et ferritique

Groupe de composition	Nuance	Classe de qualité		Résistance à la charge d'épreuve S_p min. N/mm ²		Dureté		
		Écrous style 1 ($m \geq 0,8 d$)	Écrous bas ($0,5 d \leq m < 0,8 d$)	Écrous style 1 ($m \geq 0,8 d$)	Écrous bas ($0,5 d \leq m < 0,8 d$)	HB	HRC	HV
Martensitique	C1	50	025	500	250	147 à 209	—	155 à 220
		70	—	700	—	209 à 314	20 à 34	220 à 330
		110 ¹⁾	055 ¹⁾	1 100	550	—	36 à 45	350 à 440
	C3	80	040	800	400	228 à 323	21 à 35	240 à 340
	C4	50	—	500	—	147 à 209	—	155 à 220
		70	035	700	350	209 à 314	20 à 34	220 à 330
Ferritique	F1 ²⁾	45	020	450	200	128 à 209	—	135 à 220
		60	030	600	300	171 à 271	—	180 à 285

1) Trempé et revenu à une température minimale de 275 °C.
2) Diamètre nominal du filetage $d \leq 24$ mm.

6 Méthodes d'essais

6.1 Dureté HB, HRC ou HV

L'essai de dureté doit être effectué conformément à l'ISO 6506 (HB), à l'ISO 6508 (HRC) ou à l'ISO 6507-1 (HV). En cas de doute, l'essai de dureté Vickers est pris comme référence pour l'acceptation.

Le mode opératoire d'essai doit être tel que spécifié dans l'ISO 898-2 et l'ISO 898-6.

Les valeurs de dureté doivent être comprises dans les limites données dans le tableau 3.

6.2 Charge d'épreuve

Le mode opératoire d'essai et les critères doivent être en conformité avec l'ISO 898-2 et l'ISO 898-6.

Annexe A (informative)

Description des groupes et nuances d'aciers inoxydables

A.1 Généralités

Dans l'ISO 3506-1, l'ISO 3506-2 et l'ISO 3506-3, il est fait référence aux aciers de nuances A1 à A5, C1 à C4 et F1 couvrant les groupes suivants:

Aciers austénitiques	A1 à A5;
Aciers martensitiques	C1 à C4;
Aciers ferritiques	F1.

Dans la présente annexe, les caractéristiques des groupes d'aciers et nuances mentionnées ci-dessus sont décrites.

La présente annexe donne également des informations sur le groupe FA non normalisé. Les aciers de ce groupe ont une structure austéno-ferritique.

A.2 Aciers du groupe A (structure austénitique)

Cinq types principaux de nuances d'aciers austénitiques A1 à A5 sont compris dans l'ISO 3506-1, l'ISO 3506-2 et l'ISO 3506-3. Ils ne peuvent être écrouis et sont habituellement non magnétiques. Afin de réduire la susceptibilité à l'écrouissage, du cuivre peut être ajouté aux aciers de nuances A1 à A5 comme mentionné dans le tableau 1.

Pour les nuances non stabilisées A2 et A4, ce qui suit s'applique.

Comme l'oxyde de chrome rend l'acier résistant à la corrosion, un taux bas de carbone est important par les aciers non stabilisés. Du fait de la haute affinité du chrome au carbone, un carbure de chrome est obtenu au lieu d'un oxyde de chrome plus probable à haute température (voir annexe E).

Pour les aciers stabilisés de nuances A3 et A5, ce qui suit s'applique.

Les éléments Ti, Nb ou Ta affectent le carbone, et l'oxyde de chrome en est ainsi augmenté.

Par les applications en haute mer ou similaires, les aciers aux taux de Cr et Ni d'environ 20 % et de Mo de 4,5 à 6,5 % sont requis.

Lorsque le risque de corrosion est élevé, des spécialistes devront être consultés.

A.2.1 Aciers de nuance A1

Les aciers de nuance A1 sont tout spécialement destinés à l'usinage. Dû au haut taux de soufre qu'ils contiennent, ce groupe d'aciers a une résistance moindre à la corrosion que les aciers aux taux de soufre normaux.

A.2.2 Aciers de nuance A2

Les aciers de nuance A2 sont les aciers inoxydables les plus utilisés. Ils sont utilisés pour des équipements de cuisine et des appareils pour l'industrie chimique. Les aciers de ce groupe ne conviennent pas pour les utilisations en acide non oxydant et comprenant des agents au chlore, c'est-à-dire piscines et eau de mer.

A.2.3 Aciers de nuance A3

Les aciers de nuance A3 sont des «aciers inoxydables» stabilisés avec les propriétés des aciers de nuance A2.

A.2.4 Aciers de nuance A4

Les aciers de nuance A4 sont «résistants à l'acide», alliés en Mo et donnent une meilleure résistance à la corrosion. L'A4 est beaucoup utilisé dans l'industrie de la cellulose puisque cette nuance d'acier est développée par l'acide sulfurique porté à ébullition (d'où le nom «résistant à l'acide»), il convient également dans une certaine mesure aux environnements chlorés. L'A4 est aussi fréquemment utilisé par l'industrie alimentaire et l'industrie nautique.

A.2.5 Aciers de nuance A5

Les aciers de nuance A5 sont des aciers stabilisés «résistants aux acides» dont les propriétés sont celles des aciers A4.

A.3 Aciers de groupe F (structure ferritique)

Un acier ferritique de nuance F1 est inclus dans l'ISO 3506-1, l'ISO 3506-2 et l'ISO 3506-3. Les aciers de nuance F1 ne peuvent pas être écrouis normalement et devraient même, dans certains cas, ne pas l'être. Les aciers F1 sont magnétiques.

A.3.1 Aciers de nuance F1

Le groupe des aciers de nuance F1 est normalement utilisé pour des équipements simples à l'exception des «super ferritiques» dont le taux de C et N est très bas. Les aciers de nuance F1 peuvent avantageusement remplacer les aciers de nuances A2 et A3 et être utilisés dans des environnements très chlorés.

A.4 Aciers de groupe C (structure martensitique)

Trois types d'aciers martensitiques de nuances C1, C3 et C4 sont inclus dans l'ISO 3506-1, l'ISO 3506-2 et l'ISO 3506-3. Ils peuvent être écrouis pour l'obtention d'une meilleure résistance et sont magnétiques.

A.4.1 Aciers de nuance C1

Les aciers de nuance C1 ont une résistance à la corrosion limitée. Ils sont utilisés dans les turbines, les pompes et la coutellerie.

A.4.2 Aciers de nuance C3

Les aciers de nuance C3 ont une résistance à la corrosion limitée même si elle est meilleure que celle des aciers de nuance C1. Ils sont utilisés dans les pompes et les valves.

A.4.3 Aciers de nuance C4

Les aciers de nuance C4 ont une résistance limitée à la corrosion. Ils sont destinés à l'usinage et sont, pour le reste, similaires aux aciers de nuance C1.

A.5 Groupe d'aciers FA (structure austéno-ferritique)

Le groupe d'aciers FA n'est pas compris dans l'ISO 3506-1, l'ISO 3506-2 et l'ISO 3506-3, mais le sera probablement dans le futur.

Les aciers de ce groupe d'aciers sont souvent appelés aciers duplex. Les aciers FA développés dans un premier temps, avaient des inconvénients éliminés lors du développement récent de ces aciers. Les aciers FA ont de meilleures propriétés que les aciers de types A4 et A5 et ce, spécialement pour la résistance. Ils sont supérieurs aussi pour la corrosion par piquetage et craquelage.

Des exemples de composition sont donnés dans le tableau A.1.

Tableau A.1 - Aciers austéno-ferritiques - Composition chimique

Groupe de composition	Composition chimique % (m/m)						
	C max.	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	N
Austéno-ferritique	0,03	1,7	1,5	18,5	5	2,7	0,07
	0,03	< 1	< 2	22	5,5	3	0,14

Annexe B
(informative)

Spécifications de composition des aciers inoxydables
(Extraits de l'ISO 683-13:1986)

Tableau B.1

Type d'acier ²⁾	Composition chimique ¹⁾ % (m/m)													Identification de la nuance de l'élément de fixation 4)	
	C	Si max.	Mn max.	P max.	S	N	Al	Cr	Mo	Nb ³⁾	Ni	Se min.	Ti		
Aciers ferritiques															
8	0,08 max	1,0	1,0	0,040	0,030 max.	—	—	16,0 à 18,0	—	—	1,0 max.	—	—	—	F1
8b	0,07 max.	1,0	1,0	0,040	0,030 max.	—	—	16,0 à 18,0	—	—	1,0 max.	—	7 × % C ≤ 1,0	—	F1
9c	0,08 max.	1,0	1,0	0,040	0,030 max.	—	—	16,0 à 18,0	0,90 à 1,30	—	1,0 max.	—	—	—	F1
F1	0,025 max. ⁵⁾	1,0	1,0	0,040	0,030 max.	0,025 max. ⁵⁾	—	17,0 à 19,0	1,75 à 2,50	— ⁶⁾	0,60 max.	—	— ⁶⁾	—	F1
Aciers martensitiques															
3	0,09 à 0,15	1,0	1,0	0,040	0,030 max.	—	—	11,5 à 13,5	—	—	1,0 max.	—	—	—	C1
7	0,08 à 0,15	1,0	1,5	0,060	0,15 à 0,35	—	—	12,0 à 14,0	0,60 max. ⁷⁾	—	1,0 max.	—	—	—	C4
4	0,16 à 0,25	1,0	1,0	0,040	0,030 max.	—	—	12,0 à 14,0	—	—	1,0 max.	—	—	—	C1
9a	0,10 à 0,17	1,0	1,5	0,060	0,15 à 0,35	—	—	15,5 à 17,5	0,60 max. ⁷⁾	—	1,0 max.	—	—	—	C3
9b	0,14 à 0,23	1,0	1,0	0,040	0,030 max.	—	—	15,0 à 17,5	—	—	1,5 à 2,5	—	—	—	C3
5	0,26 à 0,35	1,0	1,0	0,040	0,030 max.	—	—	12,0 à 14,0	—	—	1,0 max.	—	—	—	C1
Aciers austénitiques															
10	0,030 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	—	—	17,0 à 19,0	—	—	9,0 à 12,0	—	—	—	A2 ⁸⁾
11	0,07 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	—	—	17,0 à 19,0	—	—	8,0 à 11,0	—	—	—	A2
15	0,08 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	—	—	17,0 à 19,0	—	—	9,0 à 12,0	—	5 × % C ≤ 0,80	—	A3 ⁹⁾
16	0,08 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	—	—	17,0 à 19,0	—	10 × % C ≤ 1,0	9,0 à 12,0	—	—	—	A3 ⁹⁾
17	0,12 max.	1,0	2,0	0,060	0,15 à 0,35	—	—	17,0 à 19,0	— ¹⁰⁾	—	8,0 à 10,0 ¹¹⁾	—	—	—	A1
13	0,10 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	—	—	17,0 à 19,0	—	—	11,0 à 13,0	—	—	—	A2
19	0,030 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	—	—	16,5 à 18,5	2,0 à 2,5	—	11,0 à 14,0	—	—	—	A4
20	0,07 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	—	—	16,5 à 18,5	2,0 à 2,5	—	10,5 à 13,5	—	—	—	A4
21	0,08 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	—	—	16,5 à 18,5	2,0 à 2,5	—	11,0 à 14,0	—	5 × % C ≤ 0,80	—	A5 ⁹⁾
23	0,08 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	—	—	16,5 à 18,5	2,0 à 2,5	10 × % C ≤ 1,0	11,0 à 14,0	—	—	—	A5 ⁹⁾
19a	0,030 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	—	—	16,5 à 18,5	2,5 à 3,0	—	11,5 à 14,5	—	—	—	A4
20a	0,07 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	—	—	16,5 à 18,5	2,5 à 3,0	—	11,0 à 14,0	—	—	—	A4
10N	0,030 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	0,12 à 0,22	—	17,0 à 19,0	—	—	8,5 à 11,5	—	—	—	A2
19N	0,030 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	0,12 à 0,22	—	16,5 à 18,5	2,0 à 2,5	—	10,5 à 13,5	—	—	—	A4 ⁸⁾
19aN	0,030 max.	1,0	2,0	0,045	0,030 max.	0,12 à 0,22	—	16,5 à 18,5	2,5 à 3,0	—	11,5 à 14,5	—	—	—	A4 ⁸⁾

1) Les éléments non mentionnés ne doivent pas être ajoutés intentionnellement à l'acier sans l'approbation du client pour d'autres raisons que la finition thermique. Toutes les précautions doivent être prises pour empêcher l'apport, par l'intermédiaire de déchets ou d'autres matériaux utilisés en fabrication, d'éléments susceptibles d'affecter la trempabilité, les caractéristiques mécaniques et l'applicabilité des aciers.

2) Les numéros de types sont provisoires et seront sujets à modifications lorsque les Normes internationales connexes seront élaborées.

3) La teneur en tantale est calculée comme la teneur en niobium.

4) Ne fait pas partie de l'ISO 683-13.

5) (C + N) de 0,040 % max. (m/m).

6) $8 \times (C + N) \leq (Nb + Ti) \leq 0,80\%$ (m/m).

7) Après accord en cours d'étude et à la commande, l'acier devra être fourni avec une teneur en Mo de 0,20 à 0,60 % (m/m).

8) Excellente résistance à la corrosion intergranulaire.

9) Aciers stabilisés.

10) Le fournisseur peut ajouter du molybdène à concurrence de 0,70 % (m/m).

11) La teneur maximale en nickel des produits semi-finis pour la fabrication dans des tubes sans soudure peut être accrue de 0,5 % (m/m).

Annexe C (informative)

Aciers inoxydables pour étirage et extrusion à froid (Extraits de l'ISO 4954:1993)

Tableau C.1

Type d'acier (Désignation 1))			Composition chimique 2) % (m/m)										Identification de la nuance de l'élément de fixation 3)
N°	Nom	conformément à l'ISO 4954:1979	C	Si max.	Mn max.	P max.	S max.	Cr	Mo	Ni	Autres		
Aciers ferritiques													
71	X 3 Cr 17 E	—	≤ 0,04	1,00	1,00	0,040	0,030	16,0 à 18,0		≤ 1,0		F1	
72	X 6 Cr 17 E	D 1	≤ 0,08	1,00	1,00	0,040	0,030	16,0 à 18,0		≤ 1,0		F1	
73	X 6 CrMo 17 1 E	D 2	≤ 0,08	1,00	1,00	0,040	0,030	16,0 à 18,0	0,90 à 1,30	≤ 1,0		F1	
74	X 6 CrTi 12 E	—	≤ 0,08	1,00	1,00	0,040	0,030	10,5 à 12,5		≤ 0,50	Ti: 6 x % C ≤ 1,0	F1	
75	X 6 CrNb 12 E	—	≤ 0,08	1,00	1,00	0,040	0,030	10,5 à 12,5		≤ 0,50	Nb: 6 x % C ≤ 1,0	F1	
Aciers martensitiques													
76	X 12 Cr 13 E	D 10	0,90 à 0,15	1,00	1,00	0,040	0,030	11,5 à 13,5		≤ 1,0		C1	
77	X 19 CrNi 16 2 E	D 12	0,14 à 0,23	1,00	1,00	0,040	0,030	15,0 à 17,5		1,5 à 2,5		C3	
Aciers austénitiques													
78	X 2 CrNi 18 10 E	D 20	≤ 0,030	1,00	2,00	0,045	0,030	17,0 à 19,0		9,0 à 12,0		A2 4)	
79	X 5 CrNi 18 9 E	D 21	≤ 0,07	1,00	2,00	0,045	0,030	17,0 à 19,0		8,0 à 11,0		A2	
80	X 10 CrNi 18 9 E	D 22	≤ 0,12	1,00	2,00	0,045	0,030	17,0 à 19,0		8,0 à 10,0		A2	
81	X 5 CrNi 18 12 E	D 23	≤ 0,07	1,00	2,00	0,045	0,030	17,0 à 19,0		11,0 à 13,0		A2	
82	X 6 CrNi 18 16 E	D 25	≤ 0,08	1,00	2,00	0,045	0,030	15,0 à 17,0		17,0 à 19,0		A2	
83	X 6 CrNiTi 18 10 E	D 26	≤ 0,08	1,00	2,00	0,045	0,030	17,0 à 19,0		9,0 à 12,0	Ti: 5 x % C ≤ 0,80	A3	
84	X 5 CrNiMo 17 12 2 E	D 29	≤ 0,07	1,00	2,00	0,045	0,030	16,5 à 18,5	2,0 à 2,5	10,5 à 13,5		A4	
85	X 6 CrNiMoTi 17 12 2 E	D 30	≤ 0,08	1,00	2,00	0,045	0,030	16,5 à 18,5	2,0 à 2,5	11,0 à 14,0	Ti: 5 x % C ≤ 0,80	A5	
86	X 2 CrNiMo 17 13 3 E	—	≤ 0,030	1,00	2,00	0,045	0,030	16,5 à 18,5	2,5 à 3,0	11,5 à 14,5		A4 4)	
87	X 2 CrNiMoN 17 13 3 E	—	≤ 0,030	1,00	2,00	0,045	0,030	16,5 à 18,5	2,5 à 3,0	11,5 à 14,5	N: 0,12 à 0,22	A4 4)	
88	X 3 CrNiCu 18 9 3 E	D 32	≤ 0,04	1,00	2,00	0,045	0,030	17,0 à 19,0		8,5 à 10,5	Cu: 3,00 à 4,00	A2	

1) Les désignations données dans la première colonne sont des numéros qui se suivent. Les désignations données dans la seconde colonne sont en accord avec le système proposé par l'ISO/TC 17/SC 2. Les désignations données dans la troisième colonne représentent les anciens numéros de l'ISO 4954:1979 (révisée en 1993).

2) Les éléments non mentionnés ne doivent pas être ajoutés intentionnellement à l'acier sans l'approbation du client pour d'autres raisons que la finition thermique. Toutes les précautions doivent être prises pour empêcher l'apport, par l'intermédiaire de déchets ou d'autres matériaux utilisés en fabrication, d'éléments susceptibles d'affecter la trempabilité, les caractéristiques mécaniques et l'applicabilité des aciers.

3) Ne fait pas partie de l'ISO 4954.

4) Excellente résistance à la corrosion intergranulaire.

1) Les désignations données dans la première colonne sont des numéros qui se suivent. Les désignations données dans la seconde colonne sont en accord avec le système proposé par l'ISO/TC 17/SC 2. Les désignations données dans la troisième colonne représentent les anciens numéros de l'ISO 4954:1979 (révisée en 1993).

2) Les éléments non mentionnés ne doivent pas être ajoutés intentionnellement à l'acier sans l'approbation du client pour d'autres raisons que la finition thermique. Toutes les précautions doivent être prises pour empêcher l'apport, par l'intermédiaire de déchets ou d'autres matériaux utilisés en fabrication, d'éléments susceptibles d'affecter la trempabilité, les caractéristiques mécaniques et l'applicabilité des aciers.

3) Ne fait pas partie de l'ISO 4954.

4) Excellente résistance à la corrosion intergranulaire.

Annexe D (informative)

Caractéristiques mécaniques à températures élevées; application à basses températures

NOTE - Si les vis et les goujons sont correctement calculés, les écrous correspondants satisferont automatiquement aux exigences. Toutefois, dans le cas d'application à haute ou basse température, il est suffisant de ne considérer que les caractéristiques mécaniques des vis et des goujons.

D.1 Limite inférieure d'écoulement ou limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 % à températures élevées

Les valeurs données dans la présente annexe sont pour information. Il convient que les utilisateurs comprennent que, par la chimie actuelle, les charges auxquelles sont soumis les éléments de fixation assemblés et l'environnement peuvent subir une variation significative. Si les charges fluctuent et que des périodes de fonctionnement à températures élevées sont importantes ou qu'une possibilité d'accentuation de la corrosion est importante, il convient que l'utilisateur consulte le fabricant.

Pour la limite inférieure d'écoulement (R_{eL}) et la limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 % ($R_{p0,2}$) à température élevée, données en pourcentage des limites à température ambiante, voir le tableau D.1.

Tableau D.1 - Influence de la température sur R_{eL} et $R_{p0,2}$

Nuance d'acier	R_{eL} et $R_{p0,2}$ %			
	Température			
	+ 100 °C	+ 200 °C	+ 300 °C	+ 400 °C
A2 A4	85	80	75	70
C1	95	90	80	65
C3	90	85	80	60
NOTE — Pour classes de qualité 70 et 80 uniquement.				

D.2 Application à basses températures

Pour l'application à basses températures des vis et goujons en acier inoxydable, voir le tableau D.2.

**Tableau D.2 - Application des vis et goujons en acier inoxydable à basses températures
(acier austénitique uniquement)**

Nuance d'acier	Limites inférieures des températures opérationnelles en utilisation continue	
A2	– 200 °C	
A4	Vis 1)	– 60 °C
	Goujons	– 200 °C
1) En liaison avec l'élément d'alliage Mo, la stabilité de l'austénite est réduite et la température de transition est portée vers des valeurs plus élevées si une forte proportion de déformation est appliquée à l'élément de fixation en cours de fabrication.		

Annexe E
(informative)

Diagramme de la température en fonction du temps de la corrosion intergranulaire dans les aciers inoxydables austénitiques, nuance A2 (aciers 18/8)

La figure E.1 donne le temps approximatif passé par les aciers inoxydables austénitiques, de nuance A2 (aciers 18/8), de différentes teneurs en carbone, dans la plage de températures comprises entre 550 °C et 925 °C avant l'apparition d'une corrosion intergranulaire.

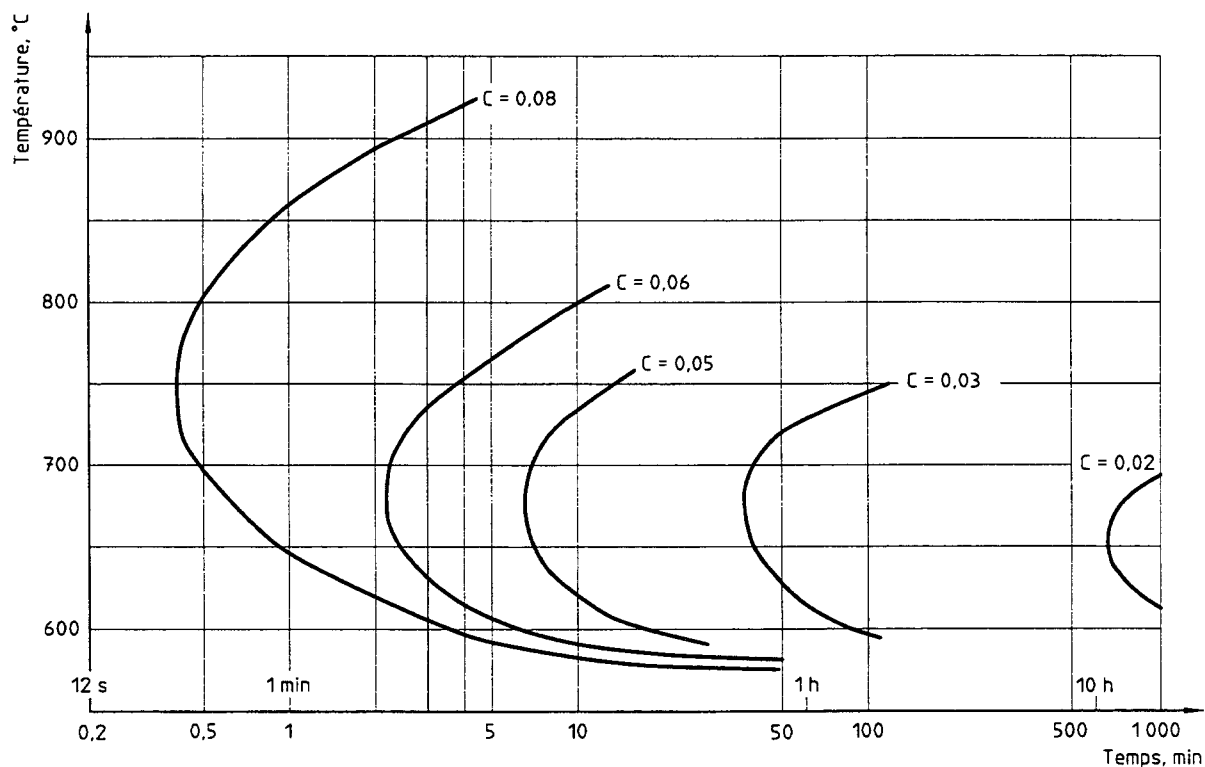


Figure E.1

Annexe F
(informative)

Propriétés magnétiques des aciers inoxydables austénitiques

Tous les éléments de fixation en acier inoxydable austénitique sont normalement non magnétiques; après l'écrouissage à froid, certaines caractéristiques magnétiques peuvent apparaître de manière évidente.

Chaque matériau est caractérisé par son aptitude à la magnétisation, et cette loi est également applicable aux aciers inoxydables. Seul le vide est probablement entièrement non magnétique. La mesure de la perméabilité d'un matériau placé dans un champ magnétique est la valeur de perméabilité μ_r de ce matériau par rapport au vide. Le matériau présente une faible perméabilité quand μ_r se rapproche de 1.

EXEMPLE

A2: $\mu_r \approx 1,8$

A4: $\mu_r \approx 1,015$

A4L: $\mu_r \approx 1,005$

F1: $\mu_r \approx 5$

Annexe G
(informative)

Bibliographie

- [1] ISO 683-13:1986, *Aciers pour traitement thermique, aciers alliés et aciers pour décolletage - Partie 13: Aciers corroyés inoxydables.*⁶⁾
- [2] ISO 4954:1993, *Aciers pour refoulement et extrusion à froid.*

6) Cette Norme internationale est annulée.

Page laissée intentionnellement blanche

Annexe ZA

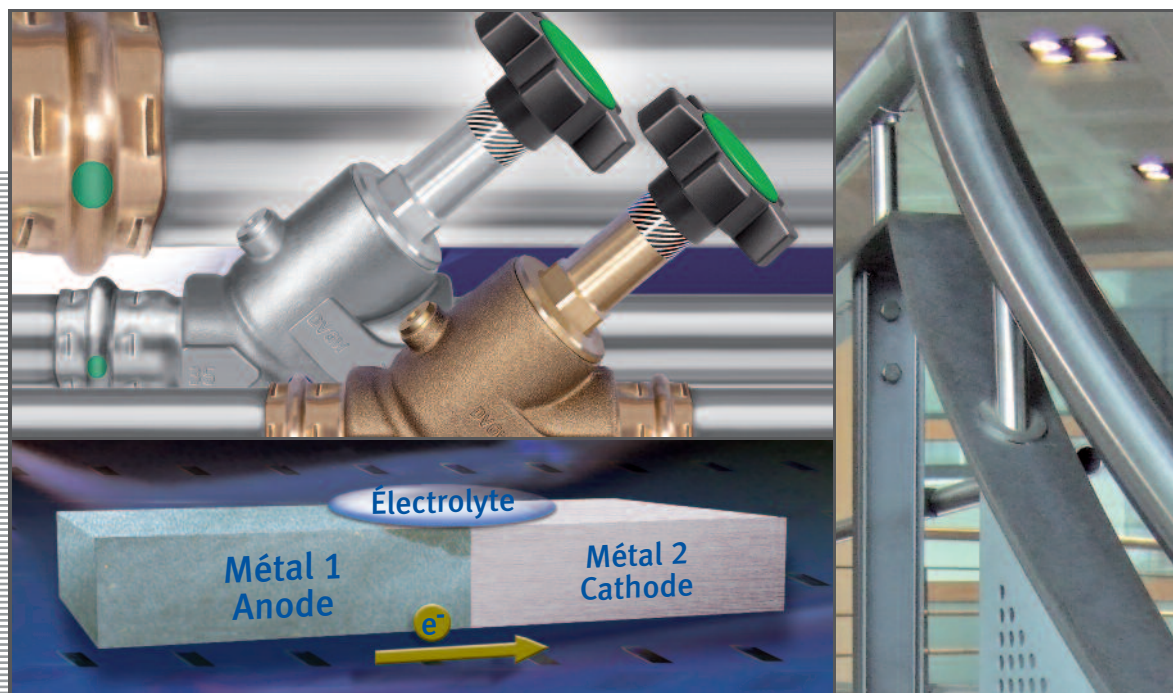
(normative)

Références normatives aux publications internationales avec leurs publications européennes correspondantes

Cette norme européenne comporte par référence datée ou non datée des dispositions d'autres publications. Ces références normatives sont citées aux endroits appropriés dans le texte et les publications sont énumérées ci-après. Pour les références datées, les amendements ou révisions ultérieurs de l'une quelconque de ces publications ne s'appliquent à cette norme européenne que s'ils y ont été incorporés par amendement ou révision. Pour les références non datées, la dernière édition de la publication à laquelle il est fait référence s'applique.

Publication	Année	Titre	EN	Année
ISO 898-2	1988	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation - Partie 2: Écrous avec charges d'épreuve spécifiées - Filetage à pas gros	EN 20898-2	1993
ISO 898-6	1994	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation - Partie 6: Écrous avec charges d'épreuve spécifiées - Filetage à pas fin	EN ISO 898-6	1995
ISO 6507-1	1997	Matériaux métalliques - Essai de dureté - Essai Vickers - Partie 1: HV 5 à HV 100	EN ISO 6507-1	1997

L'inox en contact avec d'autres matériaux métalliques



Euro Inox

Euro Inox est l'association européenne pour le développement de l'acier inoxydable. Ses membres sont:

- les producteurs européens d'acier inoxydable,
- les associations nationales de promotion de l'acier inoxydable,
- les associations de promotion des producteurs d'éléments d'alliage.

L'objectif d'Euro Inox est de promouvoir les utilisations existantes de l'acier inoxydable et de susciter de nouvelles applications en mettant à disposition des concepteurs et des utilisateurs des informations pratiques sur les propriétés des aciers inoxydables ainsi que les éléments nécessaires pour assurer une mise en oeuvre dans les règles de l'art. A cet effet :

- Euro Inox édite des supports imprimés ou électroniques,
- organise des conférences et des séminaires,
- initie et soutient des projets dans les domaines de la recherche appliquée et des études de marché.

ISBN 978-2-87997-323-4

978-2-87997-263-3	Version anglaise
978-2-87997-322-7	Version néerlandaise
978-2-87997-324-1	Version tchèque
978-2-87997-325-8	Version finnoise
978-2-87997-326-5	Version suédoise
978-2-87997-327-2	Version turque
978-2-87997-328-9	Version polonaise
978-2-87997-329-6	Version italienne
978-2-87997-330-2	Version espagnole

Membres titulaires

Acerinox

www.acerinox.com

Aperam

www.aperam.com

Outokumpu

www.outokumpu.com

ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni

www.acciaitermi.com

ThyssenKrupp Nirosta

www.nirosta.de

Membres associés

Acroni

www.acroni.si

British Stainless Steel Association (BSSA)

www.bssa.org.uk

Cedinox

www.cedinox.es

Centro Inox

www.centroinox.it

Informationsstelle Edelstahl Rostfrei

www.edelstahl-rostfrei.de

International Chromium Development Association (ICDA)

www.icdachromium.com

International Molybdenum Association (IMOIA)

www.imoa.info

Nickel Institute

www.nickelinstitute.org

Paslanmaz Çelik Derneği (PASDER)

www.turkpasder.com

Polska Unia Dystributorów Stali (PUDES)

www.puds.pl

SWISS INOX

www.swissinox.ch

Table des matières

L'inox en contact avec d'autres matériaux métalliques
Matériaux et Applications, Volume 10
© Euro Inox 2011

Traduit et adapté de ARLT, N. / BURKERT, A / ISECKE, B.,
Edelstahl Rostfrei in Kontakt mit anderen Werkstoffen
(Merkblatt 829), Düsseldorf, Informationsstelle Edel-
stahl Rostfrei, 4e édition 2005

Éditeur

Euro Inox
Diamant Building, Bd. A. Reyers 80,
1030 Bruxelles, Belgique
Tél. +32 2 706 82 67, Fax +32 2 706 82 69

1	Introduction	2
2	Les principes de la corrosion galvanique	3
3	Facteurs essentiels et exemples	5
3.1	Résistance de l'électrolyte	5
3.2	Durée de mouillage et environnements	6
3.3	Cinétique des réactions d'électrode	8
3.4	Zones cathodique et anodique	8
4	Expériences pratiques dans différentes applications	10
4.1	Eau et traitement des eaux usées	11
4.2	Composants en condition atmosphérique	14
4.3	L'inox dans le bâtiment	15
4.4	L'inox dans les transports	18
5	Prévenir la corrosion galvanique	22
6	Bibliographie	23

Remerciements :

Atomium asbl, Bruxelles (B)
Centro Inox, Milan (I)
Bundesanstalt für Materialprüfung und -forschung,
Berlin (D)
David Cochrane, Sidcup (GB)
Benoît Van Hecke, Hasselt (B)
Outokumpu, Tornio (FIN)
Thomas Pauly, Bruxelles (B)
Christoph Seeberger, Munich (D)
ThyssenKrupp Nirosta GmbH, Krefeld (D)
Schöck Bauteile GmbH, Baden-Baden (D)
Viega GmbH & Co. KG, Attendorn (D)

Limite de responsabilité

Euro Inox a fait de son mieux pour que les informations présentées dans ce document soient techniquement correctes. Cependant, le lecteur est avisé que son contenu n'a qu'un but d'information générale. Euro Inox, ses membres, rejettent expressément toute responsabilité en cas de perte, dommage ou blessure résultant de l'utilisation des informations contenues dans cette publication.

Droit d'auteur

Cet ouvrage est protégé par le droit d'auteur. Euro Inox détient tous les droits de traduction dans toute langue, de réimpression et de réutilisation des illustrations, citations et radio- et télédiffusion. Il est interdit de reproduire une partie quelconque de cette publication, de la stocker dans un système d'archivage, ou de la transmettre sous une forme quelconque par n'importe quel moyen, électronique, mécanique, photocopie, enregistrement ou autre, sans l'autorisation écrite préalable du propriétaire des droits de reproduction, Euro-Inox, Luxembourg. Les contrevenances peuvent être passibles de poursuites judiciaires et de versement de dommages et intérêts ainsi que des dépens et frais juridiques, et sont passibles de poursuites aux termes de la législation du Luxembourg sur le droit d'auteur et de la réglementation de l'Union européenne.

1 Introduction

Lors de conceptions complexes, il peut être nécessaire d'associer différents matériaux métalliques dans le même assemblage. De même, on observe souvent des associations malheureuses dues uniquement au choix aléatoire de boulons ou de rondelles, par exemple. Dans certaines circonstances, de telles conceptions multi-matériaux peuvent mener à la corrosion d'un des matériaux utilisés. Ce phénomène se traduit par la corrosion galvanique¹, concept où deux métaux différents forment un couple galvanique. La formation de couples galvaniques peut avoir pour résultat la corrosion accélérée du matériau moins noble. Celui-ci peut alors subir une corrosion bien plus rapide que celle attendue sans contact avec le matériau plus noble. Les dommages liés à la corrosion, comme une détérioration inacceptable de l'apparence, des tubes qui fuient, ou la rupture de systèmes de fixation, peuvent réduire de manière significative la durée de vie d'un composant et mener prématurément à

son remplacement. Dans la plupart des applications techniques, l'inox a le potentiel électrochimique le plus élevé des matériaux métalliques en contact ; c'est pourquoi il existe habituellement un risque de corrosion pour le matériau associé.

Le risque de corrosion galvanique dépend cependant de multiples facteurs. En dehors des matériaux employés, l'environnement et la conception ont un rôle crucial. Il est dès lors difficile de porter un jugement a priori sur la compatibilité des matériaux. La présente publication décrit les principes de la corrosion galvanique et les paramètres principaux permettant aux concepteurs d'estimer les risques de corrosion.

¹ Corrosion accélérée d'un métal, causée par l'action d'un élément corrosif. D'autres facteurs incluent la concentration, l'aération et les éléments actifs/passifs.

2 Les principes de la corrosion galvanique

Pour que la corrosion galvanique apparaisse, il faut :

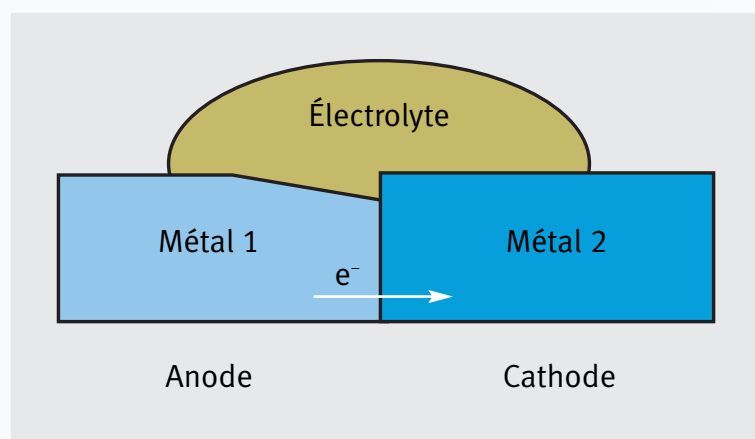
- des métaux de potentiels électrochimiques différents au sein d'un système donné ;
- une connexion conductrice entre les deux métaux ;
- un film d'humidité électriquement conducteur (électrolyte) connectant les deux métaux.

La *Figure 1* illustre schématiquement les trois conditions requises.

Si la corrosion galvanique a lieu, le matériau moins noble – l'anode – est préférentiellement attaqué, alors que le matériau plus noble – la cathode – est lui-même protégé contre la corrosion. En fait, le principe de la protection cathodique consiste à utiliser des anodes sacrificielles offrant une protection contre la corrosion.

La mise en contact de deux métaux ayant des potentiels différents dans une solution conductrice entraîne un transfert d'électrons

de l'anode vers la cathode. Les réactions électrochimiques sont identiques à celles qui auraient lieu naturellement dans les métaux isolés ; cependant l'attaque corrosive de l'anode est fortement accélérée. Dans certains cas, la formation de couples galvaniques peut entraîner la corrosion de matériaux qui, isolément, auraient été résistants à la corrosion dans l'environnement en question. Cela peut être le cas de matériaux passifs tels que l'aluminium, qui peut être polarisé localement dans certains environnements. Dans de tels cas, des phénomènes de corrosion localisée comme la corrosion par crevasses ou par piqûres peuvent être observés, ce qui n'aurait pas été le cas sans la variation de potentiel causée par la formation du couple galvanique.



*Figure 1 :
Conditions requises à la
corrosion galvanique*

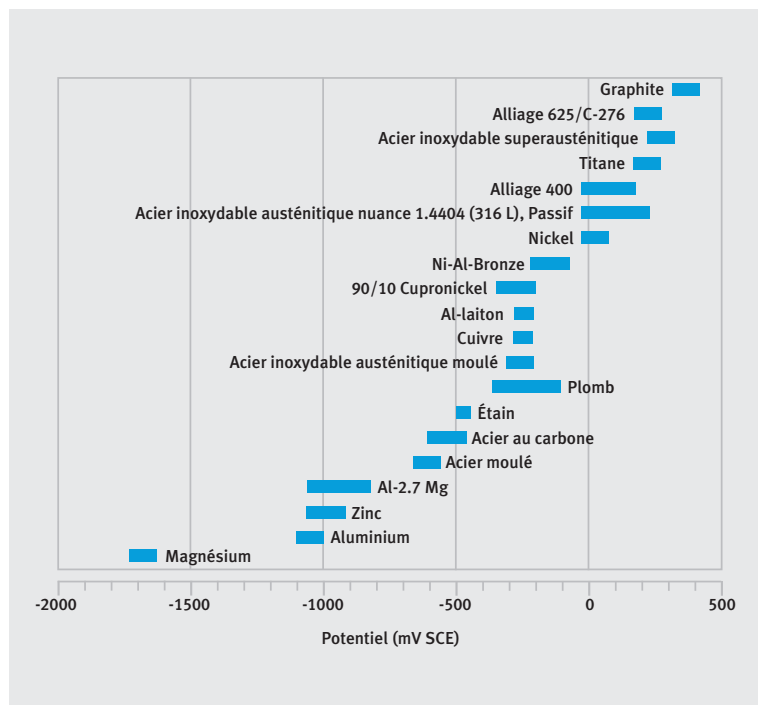
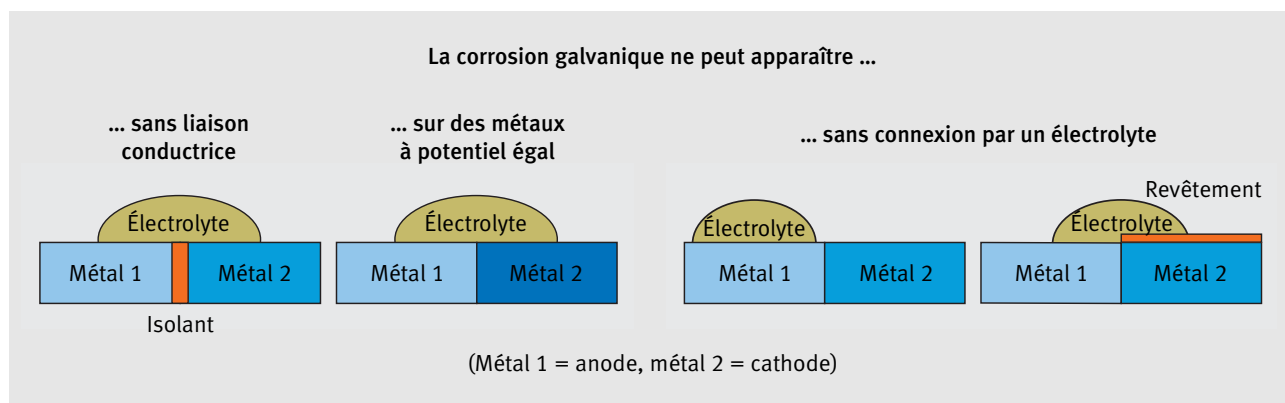


Figure 2 :
Potentiels électrochimiques dans l'eau de mer à 10 °C [11]

Contrairement aux croyances répandues, la différence de potentiel dans une cellule électrochimique isolée n'est pas un bon indicateur du risque réel de corrosion galvanique. Elle indique seulement si un tel risque doit être pris en compte ou non. Dans ce contexte, il est important de garder à l'esprit que les nombreuses tables des potentiels standards des métaux donnent seulement une approximation des différences de potentiel. Le facteur décisif n'est pas la différence de potentiel observée dans les conditions expérimentales standardisées mais plutôt la différence mesurée dans les conditions réelles d'utilisation. C'est pour cette raison que l'on a créé des tables empiriques de séries galvaniques pour des environnements bien particuliers tels que l'eau de mer. Ces tables situent le potentiel des différents métaux dans un environnement donné (Figure 2).

La connaissance des conditions favorisant la corrosion galvanique et une bonne compréhension des exemples de la Figure 3 permettent de mettre en place des actions préventives. Celles-ci feront l'objet du Chapitre 5.

Figure 3 :
Conditions dans lesquelles la corrosion galvanique ne peut apparaître



3 Facteurs essentiels et exemples

Selon la loi de Faraday, les réactions électrochimiques de la corrosion sont directement liées au transfert de charges, c'est-à-dire au flux de courant. Les courants ou les densités de courant sont par conséquent fréquemment utilisés pour mesurer la corrosion. Si les conditions pour obtenir de la corrosion galvanique sont réunies, en principe, courant total de corrosion I_{tot} est composé, d'une part, d'un courant d'auto-corrosion I_s (c'est-à-dire la part de corrosion qui est indépendante du contact avec d'autres matériaux) et d'autre part, d'un courant de cellule I_{el} (c'est-à-dire la part de corrosion due au courant de cellule entre les matériaux associés [Équation 1]).

$$I_{\text{tot}} = I_s + I_{\text{el}} \quad (\text{Équation 1})$$

L'intensité de la corrosion est déterminée par la différence de potentiel entre les deux métaux (ΔU), la résistance de l'électrolyte (R_{el}), et la résistance de polarisation, respectivement à l'anode ($R_{p,a}$) et à la cathode ($R_{p,c}$) (Équation 2).

$$I_{\text{el}} = \frac{\Delta U}{R_{\text{el}} + R_{p,a} + R_{p,c}} \quad (\text{Équation 2})$$

Des déductions peuvent être tirées de cette équation quant aux facteurs déterminant la corrosion galvanique. Ces facteurs sont décisifs pour savoir si la corrosion métallique va devenir ou non un problème technique à prendre en compte. Les effets de ces facteurs seront, de ce fait, discutés individuellement.

3.1 Résistance de l'électrolyte

Le risque de corrosion galvanique diminue lorsque la résistance de l'électrolyte augmente. Cela tient au fait que la portée du courant galvanique est réduite et la variation de potentiel à l'anode est limitée, comme illustré par la Figure 4.

La mesure du potentiel à la surface permet d'identifier, dans le cas d'une anode isolée, la position des potentiels respectifs de

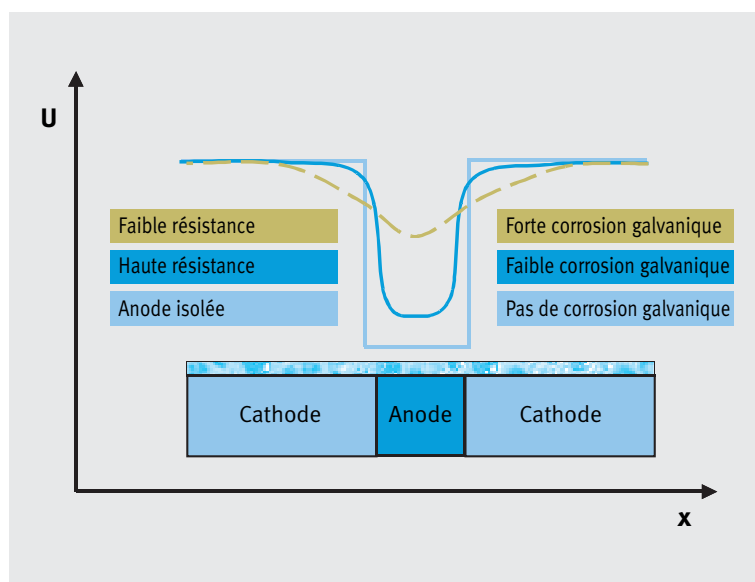


Figure 4 :
Influence de la résistance
de l'électrolyte sur la
polarisation de l'anode

l'anode et de la cathode, indépendamment l'un de l'autre. Dans la zone de transition, on observe un saut de potentiel. S'il existe une connexion électrique entre la cathode et l'anode, une faible polarisation de l'anode vers des valeurs plus élevées est observée dans les électrolytes à haute résistance (tels que les films d'eau résultant de la condensation) ; dans le cas de films d'électrolyte à faible résistance (eau salée), une très forte polarisation est mesurée. Plus la polarisation est élevée, plus la corrosion de l'anode

est accélérée si le matériau est actif, ou plus grande est la probabilité d'atteindre le potentiel critique (initiation de la corrosion) si le matériau est dans son état passif. Le *Tableau 1* indique les valeurs spécifiques de conductivité de différents types d'eau.

3.2 Durée de mouillage et environnements

Il y a une forte interaction entre la résistance de l'électrolyte et le temps de mouillage. C'est d'une importance capitale là où les composants ne sont pas mouillés en permanence par des liquides aqueux. Comme expliqué plus avant, dans la description des conditions requises à la corrosion galvanique, le film d'électrolyte joue un rôle clé. Sans ce film, la corrosion galvanique ne peut avoir lieu. Cela implique, en pratique, qu'il n'y a pas grand danger de corrosion pour des matériaux combinés s'il n'y a pas de film d'électrolyte. Ce phénomène est typique des milieux intérieurs sans condensation. Dans

un environnement normalement aéré et chauffé, on peut combiner pratiquement tous les matériaux, par exemple dans le matériel d'éclairage ou pour des éléments de décoration intérieure, sans aucune restriction en terme de risque de corrosion (*Figure 5*).

La durée d'exposition et la résistance de l'électrolyte dépendent fortement toutes deux des conditions locales. La probabilité de voir apparaître de la corrosion galvanique est nettement supérieure dans un environnement marin, industriel ou de piscine couverte, que dans des conditions atmosphériques rurales. *La Figure 6* montre l'influence de l'environnement sur la vitesse de corrosion du zinc, avec et sans contact avec l'inox. Cela démontre que la proportion de corrosion de cellule (c'est-à-dire la différence entre les vitesses de corrosion) excède celle de l'auto-corrosion (c'est-à-dire la vitesse de corrosion du zinc sans contact avec l'inox) dans une atmosphère côtière et dans une zone de projection d'eau de mer.

Tableau 1 :
Valeurs typiques de la
conductivité spécifique
dans différents types
d'eau

Environnement	Conductivité spécifique en $(\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$
Eau pure	$5 \cdot 10^{-8}$
Eau déminéralisée	$2 \cdot 10^{-6}$
Eau de pluie	$5 \cdot 10^{-5}$
Eau potable	$2 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-3}$
Eau de rivière saumâtre	$5 \cdot 10^{-3}$
Eau de mer	$3,5 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10^{-2}$

Mis à part l'atmosphère ambiante, les détails de conception jouent un rôle décisif. Les facteurs facilitant un séchage rapide des films d'humidité (aération adéquate, prévention des crevasses, écoulement libre de l'eau de pluie) réduiront l'attaque corrosive. Les zones humides en permanence dans les crevasses ou les zones couvertes, l'eau stagnante et les surfaces souillées peuvent considérablement accélérer la corrosion galvanique.



Figure 5 :
L'absence typique d'électrolytes dans un environnement intérieur normalement chauffé et aéré diminue le risque de corrosion galvanique lors de l'association d'inox avec d'autres matériaux métalliques comme l'acier au carbone peint.

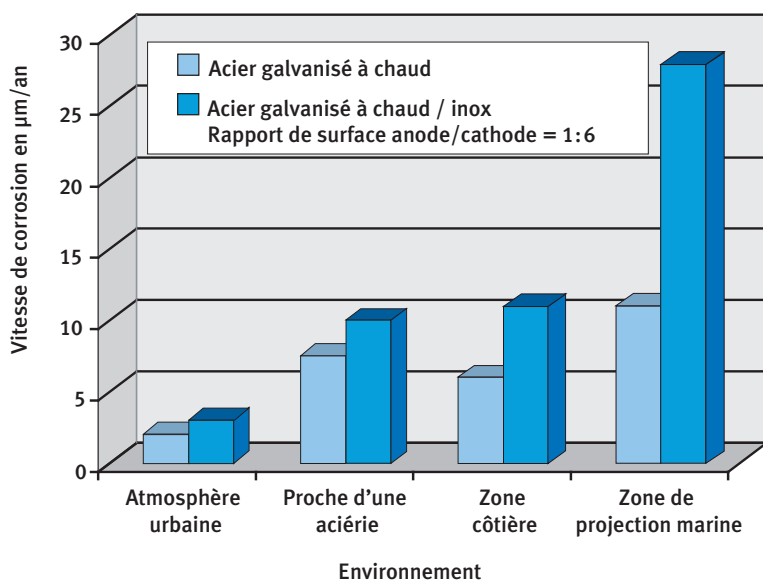


Figure 6 :
Vitesses de corrosion d'aciers galvanisés à chaud, avec et sans contact avec l'inox dans des environnements différents

3.3 Cinétique des réactions d'électrode

La cinétique des réactions d'électrode est formulée dans l'Équation 3 en partant des valeurs de résistance de polarisation de l'anode et de la cathode. De faibles différences de potentiel à raison de 100 mV peuvent occasionner de la corrosion, alors que des métaux avec des différences de potentiels très élevées peuvent être mis en contact sans difficulté. En fait, la différence de potentiel ne fournit pas d'information quant à la cinétique de la corrosion galvanique. Cette dernière dépend du métal. Le titane, par exemple, réduit l'oxygène dissous bien moins facilement que le cuivre. Cela explique pourquoi l'acier au carbone est plus rapidement corrodé lorsqu'il est en contact avec le cuivre qu'avec le titane, bien que ce dernier ait un potentiel positif plus élevé que le cuivre.

Dans ces conditions, la formation de couches de corrosion joue aussi un rôle décisif. Ces couches peuvent fortement modifier le potentiel d'un matériau ; elles peuvent aussi être un obstacle aux réactions partielles anodique et/ou cathodique.

3.4 Zones cathodique et anodique

Un des paramètres du calcul de la densité de courant de cellule, i_{el} (courant de cellule surfacique) est le rapport des surfaces cathodique (A_c) et anodique (A_a). Il a une grande influence sur la cinétique de la corrosion galvanique (Équation 3).

$$i_{el} = \frac{A_c}{A_a} \cdot \frac{\Delta U}{R_{el} + R_{p,a} + R_{p,c}} \quad (\text{Equation 3})$$

Tant que la surface cathodique (le métal plus noble du couple galvanique) est très petite par rapport à la surface anodique (le métal moins noble), aucun changement de com-

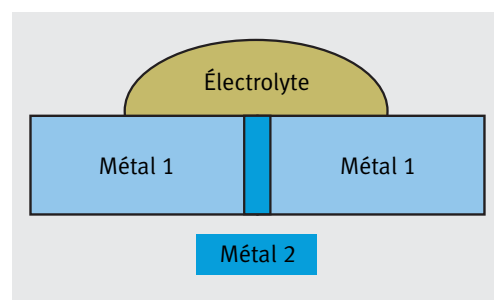
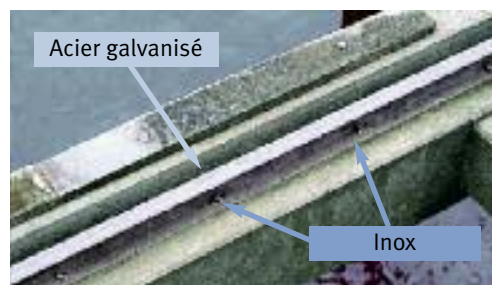


Figure 7 :
Tant que la cathode (métal 2) est beaucoup plus petite que l'anode (métal 1), aucun dommage n'est causé.

Figure 8a, 8b :
Des fixations en inox sur des pièces beaucoup plus grandes en acier galvanisé n'occasionnent normalement pas de corrosion.



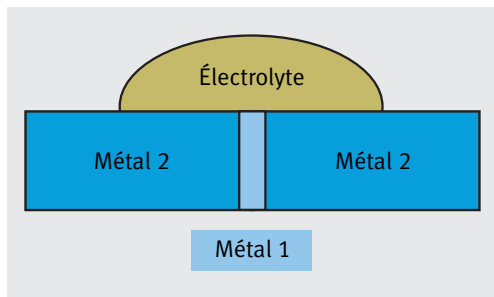


Figure 9 :
La corrosion galvanique est susceptible d'apparaître si l'anode (métal 1) est petite et la cathode (métal 2) grande.

portement face à la corrosion n'est observé. Cette situation est illustrée par la Figure 7.

On peut trouver des exemples typiques où des fixations en inox sont utilisées sur des pièces en aluminium ou en acier galvanisé. Deux applications concrètes sont illustrées en Figure 8. Même dans des conditions corrosives, ce type d'assemblages n'entraîne pratiquement pas de corrosion.

Dans certaines conditions atmosphériques, il est parfois difficile de quantifier les proportions actives des surfaces anodiques et cathodiques réellement actives. Néanmoins, pour une évaluation pratique, ceci n'est pas forcément nécessaire. Habituelle-

ment, il suffit de considérer le système dans son ensemble. Dans les combinaisons de matériaux, les fixations doivent toujours être faites dans un matériau plus noble afin que la surface cathodique soit moindre.

Dans la situation inverse, cela peut poser un problème. Si une petite anode est en contact avec une grande cathode, la corrosion galvanique peut survenir, comme montré en Figure 9.

La Figure 10 montre des exemples caractéristiques d'une telle situation. Dans ces cas de figure, il est clair que l'anode va subir une corrosion accélérée dans des conditions corrosives.



Figure 11 :
Pour prévenir la corrosion galvanique, seules des fixations en inox devraient être utilisées sur des panneaux en inox

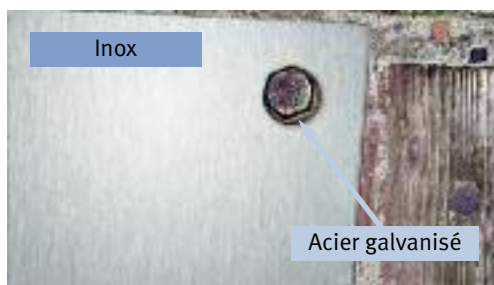
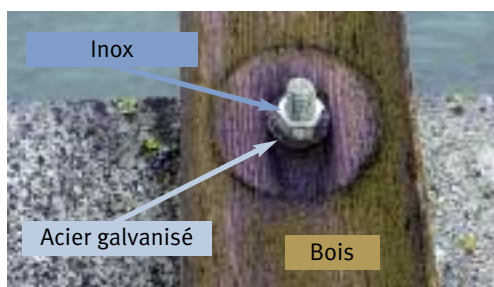


Figure 10a, 10b :
Illustrations concrètes du principe expliqué à la Figure 9 (acier galvanisé en contact avec l'inox, dans une atmosphère marine)

4 Expériences pratiques dans différentes applications

Des recherches poussées ainsi que des expériences pratiques sont disponibles sur le comportement, face à la corrosion, de différentes associations de matériaux impliquant l'inox, dans plusieurs conditions différentes. Quelques résultats pertinents sont illustrés dans les *Tableaux 2 à 5*. Tous les résultats font référence aux nuances d'inox stabilisées à taux de carbone élevé. En principe, les résultats sont applicables aux

nuances à faible teneur en carbone, telles que les nuances 1.4307 ou 1.4404. De plus amples informations peuvent être trouvées dans des ouvrages appropriés, dans la mesure où le système de corrosion est considéré dans son ensemble.

Mis à part les valeurs numériques, l'expérience pratique permet d'établir quelques constats d'ordre général, lesquels seront détaillés dans les chapitres suivants.

Tableau 2 : Vitesses de corrosion de différents matériaux métalliques en contact avec l'inox

Cellule galvanique		Environnement	Rapport de surface	Vitesse de corrosion (mm/an)
1.4016	Acier au carbone Zn 99.9 Al 99.9 Cu-DGP Ti	Eau potable, aérée	1:1	0,47
				0,26
				0,17
				0,07
				< 0,01
1.4541	SF-Cu	Eau de mer artificielle	1:1	0,12
			1:10	0,07
			10:1	1,00
	Acier au carbone		1:1	0,38
			1:10	0,25
			10:1	1,10
	Zn Ti		1:1	0,61
			1:1	< 0,01

Tableau 3 : Vitesses de corrosion du ZnCuTi en contact avec de l'inox 1.4541 et 1.4571 dans 0,1N NaCl (aéré, saturé en CO₂, température ambiante) selon la norme DIN 50919

Cellule galvanique		Rapport de surface	Vitesse de corrosion (mm/an)
1.4541	ZnCuTi	1:1	4,39
		1:5	1,43
1.4571	ZnCuTi	1:1	3,88
		1:5	0,91

Tableau 4 : Vitesses de corrosion de différents matériaux métalliques en contact avec une variété de nuances d'inox dans une solution aqueuse de NaCl (5 % vol.) à 35 °C, rapport de surface 1:1 (DIN 50919)

Cellule galvanique	Vitesse de corrosion (mm/an)		
	X6CrMo17-1 1.4113	X2CrTi12 1.4512	X5CrNi18-10 1.4301
Acier au carbone	0,62	0,66	0,69
Acier galvanisé à chaud	0,51	0,51	0,55
ZnAl 4 Cu 1	0,66	0,66	0,69
AlMg 1	0,15	0,29	0,29
Cu-DGP	0,04	0,04	0,04
CuZn 40	0,04	0,04	0,04

Tableau 5 : Vitesses de corrosion de différents matériaux en contact avec de l'inox 1.4439 dans la mer du Nord (conditions réelles) pendant 1 an

Cellule galvanique		Rapport de surface	Vitesse de corrosion (mm/an)
1.4439	Acier au carbone	1:1	0,31
		4:1	0,75
		10:1	2,10
1.4439	AlMg 4.5 Mn	1:1	0,17
		4:1	0,26
		10:1	0,95
1.4439	CuNi 10 Fe	4:1	0,07
1.4439	CuZn 20 Fe	4:1	0,18

4.1 Eau et traitement des eaux usées

Selon sa composition, l'eau peut avoir des effets corrosifs très variables sur l'inox : l'eau déionisée sans impuretés n'est pas corrosive (sauf à des températures extrêmement élevées). L'eau potable et l'eau de composition similaire contiennent des ions chlorures en concentrations modérées (max. 250 mg/L, selon la directive Eau Potable). Dans des conditions défavorables, elles peuvent occasionner une corrosion par piqûres ou par crevasses et, avec l'action combinée de hautes températures et de concentration en chlorures, de la corrosion sous contrainte. Dans la plupart des cas, les nuances aus-

ténitiques CrNiMo telles que 1.4401, 1.4404 et 1.4571 sont résistantes à la corrosion, si correctement mises en œuvre. Il existe également de nombreux exemples où la nuance 1.4301 est utilisée avec succès.

Dans l'eau potable, le risque de corrosion galvanique est modéré. Cela fait plusieurs années que l'on combine l'inox, le cuivre, les alliages de cuivre et le laiton rouge avec succès pour des applications d'eau chaude et froide pour tuyaux, connecteurs et réservoirs, sans dégâts de corrosion galvanique (Figure 12). Tandis que l'acier au carbone peut-être associé avec l'inox dans de l'eau faiblement oxygénée, coupler de l'acier galvanisé et des alliages d'aluminium entraîne



un risque de corrosion galvanique de ces derniers [2].

Dans les systèmes de traitement des eaux usées, les conditions sont moins évidentes. Il existe une grande variété de compositions de l'eau, certaines ayant une forte conductivité. Le risque de corrosion galvanique est accru par la haute corrosivité des eaux usées sur de nombreux matériaux. Le *Tableau 6* donne un aperçu de la compatibilité de différents matériaux dans des eaux usées aérées. Dans les joints brasés, le choix d'un métal d'apport de brasage résistant à la corrosion est primordial.

Figure 12 :

La combinaison d'inox avec du cuivre et des alliages de cuivre, tels que le bronze, donnent de bons résultats en plomberie.

Tableau 6 : Compatibilité de différents matériaux dans des eaux usées aérées

		Matériau ayant une petite surface				
		Acier au carbone / acier moulé	Zn / acier galvanisé	Al	Cu	Inox
Matériau ayant une grande surface	Acier au carbone / acier moulé	+	+	–	o / –	+
	Zn / acier galvanisé	–	+	–	o*	+
	Al	–	o / –	+	–	+
	Cu	–	–	–	+	+
	Inox	–	–	–	o	+
	Acier dans le béton	–	–	–	+	+

Légende : + bon o incertain – mauvais

* Bien qu'associer ces métaux ait peu d'influence sur les matériaux, ces combinaisons ne sont pas recommandées en raison de la forte auto-corrosion du métal moins noble.

L'eau de mer (avec une concentration habituelle en ions chlorure d'environ 16.000 mg/L) et les eaux similaires à taux élevé en ions chlorure sont très agressives en termes de corrosion et requièrent des nuances plus alliées telles que EN 1.4462, 1.4439, 1.4539, ou 1.4565, ou des alliages à base de nickel. On peut trouver les recommandations pour prévenir la corrosion de plusieurs matériaux métalliques dans l'eau dans la norme EN 12502, parties 1 à 5 [2]. Le risque de corrosion galvanique dépend essentiellement de la conductivité de l'eau (voir Chapitre 2). L'eau déionisée est donc normalement sans danger à cet égard.

En tant qu'environnement fortement conducteur, l'eau de mer tend à favoriser la corrosion galvanique. Non seulement les pièces en alliage d'aluminium, en zinc ou en acier galvanisé encourent-elles un risque, mais également celles fabriquées en cuivre ou en bronze. La *Figure 13* montre l'influence du rapport cathode/anode sur la vitesse de corrosion dans les assemblages mixtes comprenant de l'inox et de l'acier au carbone. Il apparaît clairement que dans les milieux fortement conducteurs, la distance entre la cathode et l'anode n'a pas d'influence significative. A partir du moment où il existe une connexion conductrice (par exemple via une terre commune), les pièces métalliques sont sujettes à la corrosion par contact, même si elles sont relativement distantes l'une de l'autre.

Il y a un risque général de corrosion dans les installations de traitement de l'eau qui mettent en contact l'inox avec du charbon actif, lequel est communément utilisé en filtration. Dans certains cas, des particules du matériau filtrant peuvent se détacher et entrer en contact avec l'inox. La grande surface

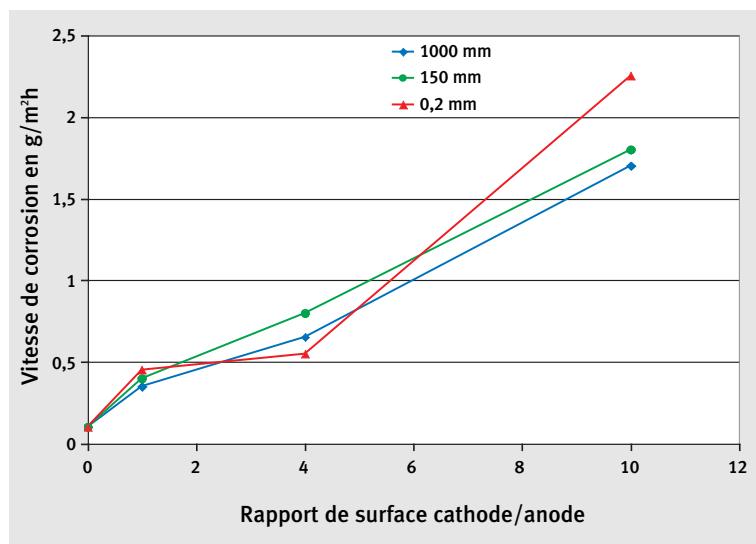


Figure 13 : Influence du rapport de surface et de la distance entre l'anode et la cathode sur la vitesse de corrosion de l'acier au carbone en contact avec l'inox dans l'eau de mer (immersion permanente dans l'eau de la mer du Nord)

du matériau filtrant peut alors agir comme une cathode et décaler la polarisation de l'inox de 200 à 300 mV positivement. Même à faible concentration en ions chlorure, ce décalage peut induire de la corrosion soit par crevasses, soit par piqûres, des nuances ferritiques et austénitiques ne contenant pas de molybdène. Un exemple de ce processus est illustré en *Figure 14*. Dans cette station hydraulique, des phénomènes de corrosion se manifestent dans un bassin destiné à l'eau brute d'une teneur en ions chlorure moyenne de 150 mg/L. Les fixations en inox joignant les plaques d'appui des filtres au béton armé sont particulièrement affectées. La corrosion par piqûres et par crevasses n'a été observée que dans les bassins de filtration dans lesquels on a utilisé du charbon actif comme matériau filtrant, celui-ci pouvant entrer en contact avec les fixations durant les opérations de rinçage. En plus des nuances spécifiées 1.4301, 1.4571 et 1.4401, utilisées pour les différents éléments de fixation, la nuance ferritique 1.4016 a été employée par erreur. En toute logique, cette nuance a été la plus affectée par la corrosion.

Figure 14 :
Corrosion galvanique
des fixations en inox d'un
bassin de filtrage d'une
installation de traitement
de l'eau, impliquant des
charbons actifs : assem-
blage (à gauche) et
corps de boulon en
nuance 1.4016, mon-
trant une perte de sec-
tion due à la corrosion
(à droite)



4.2 Composants en condition atmosphérique

Alors qu'un électrolyte est généralement présent dans les canalisations et les réservoirs de média aqueux, il ne le sera pas automatiquement dans le cas de composants en air ambiant. Dans ces conditions, la corrosion ne peut apparaître que pendant l'exposition à l'humidité. La surface n'entre pas forcément en contact direct avec la pluie ou les projections d'eau ; souvent, des films microscopiques d'humidité peuvent se former par absorption de la vapeur d'eau de l'air ambiant. Une condensation visible peut également apparaître. Les impuretés et les dépôts hygroscopiques sur les composants peuvent avoir une influence significative sur la durée d'humidification. Les crevasses mal aérées, par exemple sous les rondelles ou entre des tôles superposées, peuvent entraîner une humidité quasi permanente. A la différence des systèmes aqueux, la formation d'éléments, ici, n'affectera que des petites surfaces. Les deux matériaux ne s'influencent que sur une très petite zone, le long de la ligne de contact, la plus grande surface du métal associé n'ayant qu'un rôle insignifiant. Dans ces cas-là, le rapport de

surface n'a qu'un effet limité, de telle sorte que les règles bien connues du rapport de surface ne s'appliquent pas de façon normale.

En raison de l'étendue limitée des éléments dans l'air ambiant, le simple fait de couvrir l'inox dans la zone située le long de la ligne de contact est généralement suffisant pour prévenir la corrosion galvanique.

Les crevasses mouillées en permanence entre l'inox et un matériau moins noble, tel que l'aluminium, le zinc, ou une pièce galvanisée, peuvent être des zones problématiques. Combler les crevasses avec des joints élastiques est un remède qui a fait ses preuves. Les matériaux d'étanchéité, fragiles et sujets à la craquelure, peuvent même aggraver la situation.

Le *Tableau 7* donne des informations sur la compatibilité de différents matériaux dans des conditions atmosphériques données.

4.3 L'inox dans le bâtiment

L'inox est de plus en plus utilisé dans le bâtiment. Au-delà des possibilités qu'il offre en matière de conception architecturale, la facilité de sa fabrication et sa haute résistance à la corrosion sont d'une importance primordiale. On utilise l'inox pour les surfaces visibles, les éléments de structure et les fixations (telles que les boulons). Les nuances les plus communément employées sont les types 18/8 CrNi et 17/12/2 CrNiMo. Ce dernier type est utilisé, en particulier, pour les surfaces de haute qualité, dans les environnements industriels et urbains, ou pour les structures inaccessibles comme les supports de façades. Il peut être difficile de combiner l'inox à d'autres matériaux métalliques. La susceptibilité à la corrosion dépend fortement de la conception : sur des surfaces mouillées par la pluie ou la condensation, dans des environnements intérieurs ou extérieurs, les différents métaux ont une

faible interaction, et cette dernière n'a de conséquence que sur la zone proche de la ligne de contact.

Pour les zones exposées à l'atmosphère extérieure et à la condensation, le temps de mouillage est le facteur clé. L'exposition occasionnelle ou de courte durée à des films d'humidité n'entraîne généralement pas de corrosion galvanique. La conception est, dès lors, de première importance. Les facteurs favorisant un séchage rapide de l'humidité (bonne aération, prévention des crevasses, écoulement libre de l'eau de pluie, surfaces lisses) réduisent les attaques corrosives. Le risque de corrosion galvanique augmente considérablement pour les zones humides en permanence (crevasses ou endroits abrités), les zones en contact avec de l'eau stagnante et des impuretés. Les parties exposées, dont les impuretés sont éliminées par l'eau de pluie, et qui sont suffisamment aérées pour sécher rapidement, sont moins vulnérables à la corrosion que les zones ren-

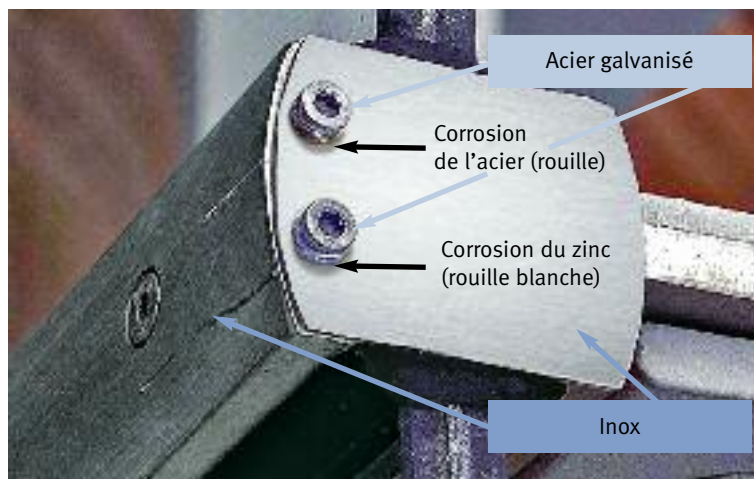
Tableau 7 : Compatibilité des matériaux dans l'air ambiant

		Matériau de petite surface				
		Acier au carbone / acier moulé	Zn /acier galvanisé	Al	Cu	Inox
Matériau de grande surface	Acier au carbone / acier moulé	+	–	–	+	+
	Zn / acier galvanisé	+	+	+	o	+
	Al	o / –	o	+	o / –	+
	Cu	–	–	–	+	+
	Inox	–	–	o / –	+	+

Légende : + bon o incertain – mauvais

* Bien que l'association de ces métaux ait peu d'influence sur les matériaux, elle n'est pas recommandée en raison de la forte auto-corrosion du métal moins noble.

Figure 15 :
Fixation d'une couverture
inox (sur une façade) en
utilisant des vis en acier
galvanisé : les vis laissent
apparaître de la
rouille blanche et une
décoloration (corrosion
de l'acier) après un an
en atmosphère urbaine



foncées qui, bien que protégées de la pluie, restent humides longtemps et permettent aux impuretés de s'accumuler.

Bien que le rapport de surface ne joue qu'un rôle limité dans l'identification des risques de corrosion, les conceptions dans lesquelles les anodes sont petites et les cathodes relativement grandes sont à éviter. Si ce principe n'est pas respecté, la corrosion galvanique reste possible, même sur les zones bien aérées.

La Figure 15 montre en exemple l'extrémité d'un profilé en inox d'une façade vitrée qui a été fermé en utilisant des fixations en acier galvanisé. Partant de la crevasse entre le couvercle et les vis, de la rouille blanche s'est formée, et le matériau de base est partiellement corrodé. Ces phénomènes ont été observés après seulement 12 mois de service, indiquant que ce n'est pas une solution durable. Les vis en acier galvanisé devraient être remplacées par des fixations en inox.

En technique de couverture, que ce soit dans la construction nouvelle ou la rénovation, l'inox est principalement utilisé pour les fixations qui sont en contact avec d'autres matériaux métalliques ou avec des

matériaux à revêtement métallique. Grâce aux proportions favorables des surfaces anodiques et cathodiques, il n'y a généralement aucun risque de corrosion dans de telles associations de matériaux. Dans la réparation des toits, il n'est pas inhabituel de joindre de plus grandes surfaces d'inox à d'autres métaux. Ces associations peuvent être considérées comme étant sans risque tant que le rapport entre les parties en inox et celles en aluminium ou en acier galvanisé n'excède pas 1:1 de manière significative.

Les Figures 16 à 19 montrent des exemples pratiques d'une protection efficace face au risque de corrosion galvanique dans les enveloppes de bâtiments.



Figure 16 :
Panneaux extérieurs en
inox fixés sur une struc-
ture en acier au carbone
sur l'Atomium, Bruxelles



Figure 17 :
Le panneau extérieur en
inox est isolé du pan-
neau intérieur en acier
galvanisé par des joints
adéquats

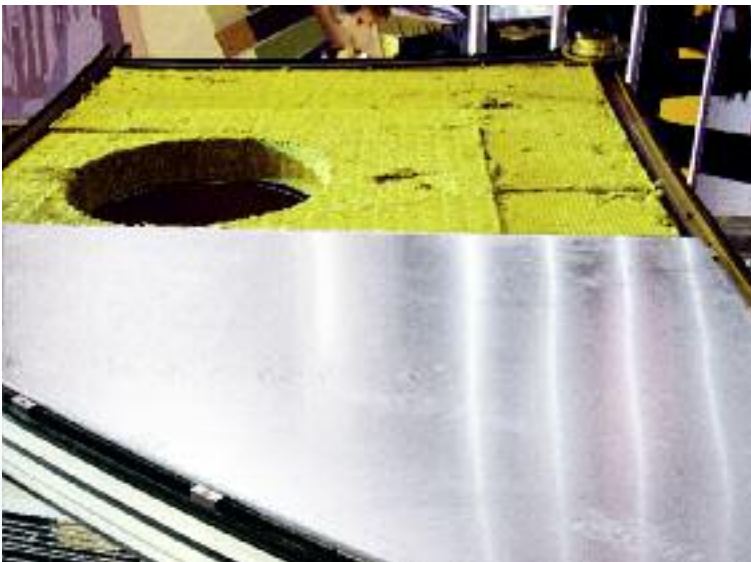


Figure 18 :
Fabrication des panneaux
isolants en utilisant de
l'inox pour l'enveloppe
extérieure et de l'acier
galvanisé pour la face
interne



Figure 19 :
Afin de prévenir la corro-
sion galvanique, le bar-
dage en inox est fixé à la
structure interne en acier
au carbone dans les zones
non humides.



Figure 20 :
Dans les systèmes
d'échappement automo-
bile, l'inox est le maté-
riau de référence. Les
parties élastomères des
fixations préviennent la
corrosion galvanique.

Figure 21 :
L'inox est de plus en plus
utilisé pour les réservoirs
de carburant. Les fixa-
tions qui les tiennent en
place assurent l'isolation
électrique à la jonction.



4.4 L'inox dans les transports

Dans les voitures particulières et autres véhicules routiers, l'inox (nuances ferritiques avec 12 % à 18 % de chrome, et nuances austénitiques avec environ 18 % de chrome) est utilisé pour les garnitures, les systèmes d'échappement (Figure 20), les réservoirs de carburant (Figure 21) et, de plus en plus, pour certains éléments de la carrosserie et du châssis. Dans les applications ferroviaires, on a souvent recours à l'option qui consiste à allier des nuances ferritiques à la peinture (Figures 22, 23 et 24). L'utilisation de nuances austénitiques pour les wagons (Figure 25) est également une tradition de longue date dans une large partie du monde, sans problèmes de corrosion galvanique.



Figure 22 :
Des techniques simples
d'isolation rendent la
structure en inox ferri-
tique du tram compatible
avec le châssis en acier
au carbone.

Figure 23 :
Sur cette paroi d'un train
de banlieue, la structure
et les panneaux extérieurs
sont faits de nuances
différentes d'inox. Comme
ceux-ci ont des potentiels
identiques, il ne peut y
avoir de corrosion galva-
nique.



Figure 24 :
Utilisé pour les bus et les
cars, l'inox (habituelle-
ment une nuance ferri-
tique peinte) a prouvé sa
compatibilité avec les
châssis en acier au car-
bone.

Dans ce cas-ci également, il est essentiel d'éviter les crevasses entre les composants en inox, d'une part, et ceux des matériaux moins nobles, d'autre part, étant donné que la corrosion due aux impuretés et à l'humidité peut s'y loger. Comme mentionné plus haut, les crevasses peuvent être comblées par un polymère approprié. Une autre précaution efficace contre la corrosion galvanique dans les transports consiste à appliquer un revêtement local sur le côté inox de la zone de contact, comme décrit précédemment.



Figure 25 :
Des wagons avec des
panneaux extérieurs en
inox austénitique ont été
utilisés dans une large
partie du monde, sans
problèmes de corrosion
galvanique.

Questions fréquemment posées

Question :

Y a-t-il un risque de corrosion galvanique si l'on associe des nuances d'inox de différentes compositions chimiques ?

Réponse :

Entre les différentes nuances d'inox (également entre les nuances de résistances différentes à la corrosion), il n'y a généralement

faible résistance à la corrosion doit néanmoins être suffisamment résistant dans les conditions données (Figure 26).

Question :

L'inox peut-il être utilisé en combinaison avec du cuivre ou de l'acier galvanisé pour la réparation de plomberie domestique ?

Réponse :

Aucun problème n'est à prévoir lorsque l'inox est combiné avec de la tuyauterie en cuivre, car leurs potentiels de corrosion ne sont pas très différents dans l'eau potable. Les éléments de tuyauterie en acier galvanisé à chaud peuvent également être combinés avec l'inox. Cependant, il est recommandé d'utiliser des connecteurs en alliages cuivre-zinc ou laiton rouge.

Question :

Peut-on joindre des armatures en inox à de l'acier au carbone dans du béton armé ?

Réponse :

Oui, pour les armatures en acier au carbone, ce genre de combinaison ne pose pas de problème de corrosion étant donné que

Figure 26 :
Il n'y a pas de corrosion galvanique entre différents types d'inox, même s'ils n'ont pas la même résistance à la corrosion



pas de corrosion galvanique étant donné que les potentiels de corrosion libres des deux matériaux associés sont identiques. Cependant, la résistance à la corrosion de chaque alliage doit être prise en compte individuellement. Le matériau ayant la plus

les potentiels de corrosion sont identiques. Une telle combinaison peut être utilisée pour prévenir la corrosion lorsque les renforts pénètrent dans le béton ou entrent en contact avec des profilés. La jonction doit être faite au sein même du béton, avec un enrobage de béton de 3 cm minimum. Si l'armature en acier au carbone est à l'état actif (c'est-à-dire qu'elle est dépassivée, en raison de l'influence des chlorures et/ou de la carbonatation) il y a possibilité de corrosion galvanique. Toutefois, dans la plupart des cas, cet effet est moindre que celui – inévitable – de la formation de couple entre les armatures en acier au carbone passives et actives (corrosion galvanique due au couple actif/passif) puisque le rendement cathodique de l'inox est beaucoup plus faible que celui de l'acier au carbone (*Figure 27*).

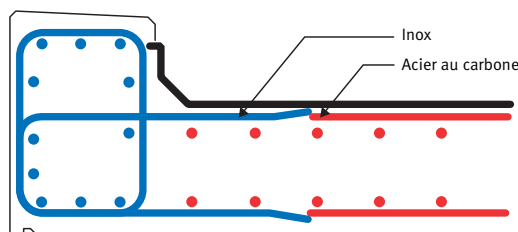


Figure 27 : Avec un minimum d'enrobage de béton et à condition que l'acier au carbone soit dans son état passif, les armatures en inox peuvent être mises en contact avec de l'acier au carbone sans risque de corrosion galvanique.

contact métallique entre les matériaux sur la zone à risque, de telles rondelles sont à recommander dans la mesure où elles protègent les zones les plus menacées.

Question :

Le remplissage en inox de garde-corps peut-il être combiné avec des poteaux en acier au carbone ?

Réponse :

Un tel contact peut être envisagé si la conception prévient la formation d'électrolytes (par exemple la pluie ou la neige fondante) sur une période prolongée. Sinon, il faut utiliser des manchons en plastique.

Question :

Les rondelles en polymères isolants sont-elles efficaces pour prévenir la corrosion galvanique des joints mécaniques ?

Réponse :

Bien que ces joints n'interrompent pas le

5 Prévenir la corrosion galvanique

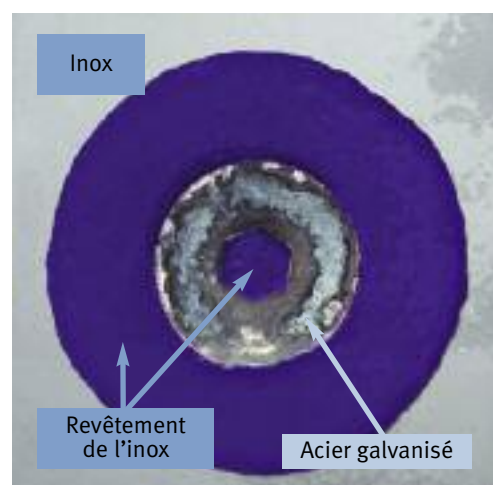
La manière la plus évidente de prévenir la corrosion galvanique est de sélectionner des matériaux suffisamment compatibles lors de la conception. S'il y a risque d'interférence entre les matériaux à utiliser, des mesures de protection doivent être prises. Le Chapitre 2 donne des indications sur la nature de ces mesures. La *Figure 3* décrit les possibilités pratiques :

- isolation électrique des composants (isolants, manchons polymères, rondelles en polyamide);
- positionnement du joint dans une zone qui n'est pas exposée à l'humidité;
- revêtir soit la cathode, soit l'anode et la cathode (sur de grandes surfaces ou localement, près du joint).

Il est à noter que revêtir uniquement l'anode n'est pas une technique adéquate pour prévenir la corrosion galvanique. Des imperfections dans le revêtement ou des dommages locaux, difficiles à éviter sur chantier, créent des sites particulièrement sujets à la corrosion : tout dommage occasionné au revêtement expose une petite anode, qui peut ensuite se corroder rapidement.

Pour réduire l'effet cathodique de la partie en inox, il suffit généralement de revêtir l'inox autour du joint (*Figure 28*). La largeur de la zone à couvrir dépend de la conductivité de l'environnement corrosif. Pour les composants exposés à une atmosphère intérieure normale et à des films d'électrolyte peu conducteurs, il suffit, la plupart du temps, de revêtir une zone de quelques centimètres de large, le long de la zone de contact, sur la face inox. Dans les films liquides et salés de plusieurs millimètres d'épaisseur, la zone cathodique effective sera plus large que 10 cm.

Figure 28 : Pour prévenir la corrosion galvanique de la pièce en acier galvanisé, il suffit de couvrir une petite surface sur le côté inox. Résultats d'un test de brouillard salin de 48h : sans revêtement, la corrosion galvanique induit la rouille (à gauche), alors que le revêtement de l'inox dans la zone de contact prévient la corrosion galvanique (à droite)



6 Bibliographie

- [1] DIN EN ISO 8044,
Ausgabe:1999-11
Korrosion von Metallen und
Legierungen – Grundbegriffe
und Definitionen
- [2] DIN EN 12502
Teil 1 bis 5, Ausgabe:2005-03
Korrosionsschutz metallischer
Werkstoffe – Hinweise zur
Abschätzung der Korrosionswahr-
scheinlichkeit in Wasserverteilungs-
und Speichersystemen
- [3] H. Gräfen,
"Korrosionsschutz durch
Information und Normung"
Kommentar zum DIN-Taschenbuch
219, Verlag Irene Kuron, Bonn (1988)
S. 37
- [4] H. Spähn, K. Fäßler
"Kontaktkorrosion"
Werkstoffe und Korrosion 17 (1966)
S. 321
- [5] D. Kuron
"Aufstellung von Kontaktkorrosions-
tabellen für Werkstoffkombinationen
in Wässern"
Werkstoffe und Korrosion 36 (1985)
S. 173
- [6] D. Kuron, E.-M. Horn, H. Gräfen
"Praktische elektrochemische
Kontaktkorrosionstabellen von
Konstruktionswerkstoffen des Chemie-
Apparatebaues"
Metalloberfläche 26
(1967) Nr. 2, S. 38
- [7] H. Spähn, K. Fäßler
"Kontaktkorrosion im
Maschinen- und Apparatebau"
Der Maschinen Schaden 40 (1967)
Nr. 3, S. 81
- [8] W. Schwenk
"Probleme der Kontaktkorrosion"
Metalloberfläche 35
(1981) Nr. 5, S. 158
- [9] K.-H. Wiedemann, B. Gerodetti,
R. Dietiker, P. Gritsch
"Automatische Ermittlung von
Kontaktkorrosionsdaten und ihre
Auswertung mittels
Polarisationsdiagrammen"
Werkstoffe und Korrosion 29 (1978)
S. 27
- [10] E. Hargarter, H. Sass
"Kontaktkorrosion zwischen verschie-
denen Werkstoffen in Meerwasser"
Jahrbuch der Schiffbautechnischen
Gesellschaft 80
(1986) S. 105
- [11] R. Francis
"Galvanic Corrosion:
a Practical Guide for Engineers"
NACE International (2001)
Houston Texas 77084
ISBN 1 57590 110 2
- [12] GfKorr-Merkblatt 1.013
"Korrosionsschutzgerechte
Konstruktion"
(2005)
- [13] Allgemeine bauaufsichtliche
Zulassung Z-30.3-6
"Erzeugnisse, Verbindungsmittel und
Bauteile aus nichtrostenden Stählen"
(jeweils gültige Fassung)
Sonderdruck 862 der Infor-
mationsstelle Edelstahl Rostfrei

ISBN 978-2-87997-323-4