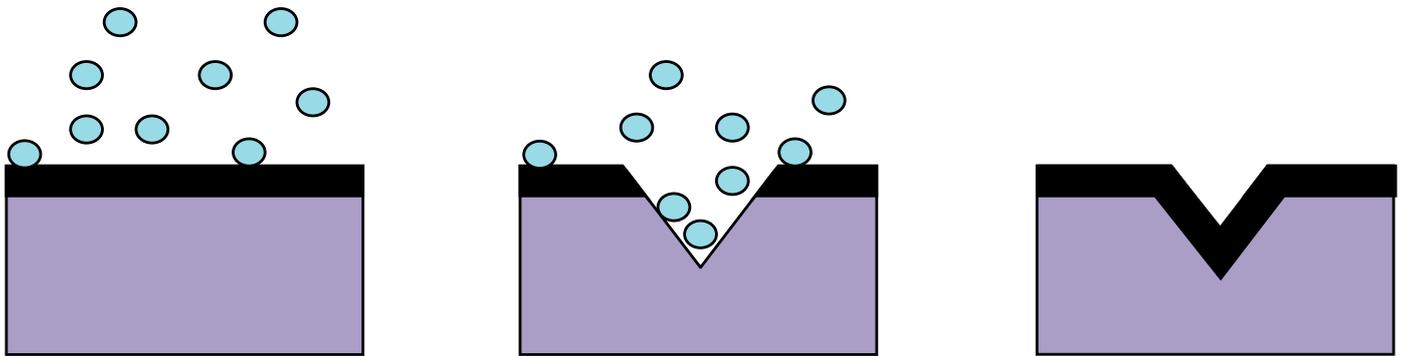


L'une des propriétés la plus importante des aciers inoxydables dit « inox » est sa résistance à la corrosion. La résistance de ces alliages métalliques aux attaques chimiques des produits corrosifs, provient de leur faculté à s'auto-protéger par la formation spontanée à leur surface d'un film complexe d'oxydes et d'hydroxydes de chrome, appelé « couche passive », qui protège le substrat métallique de la corrosion généralisée et des attaques localisées. Cette couche extrêmement mince, d'une épaisseur de l'ordre de 1,0 à 2,0 nm, rend négligeable la vitesse de corrosion. (Source Id inox)



L'élément le plus important dans les aciers inoxydables est le chrome, mais d'autres éléments tels que le molybdène, le nickel etc...ont aussi une influence sur sa résistance à la corrosion.

Néanmoins, dans certaines conditions, des éléments tels que les chlorures peuvent conduire à une rupture du film passif en fonction de leur concentration, de la température et bien sûr selon la nuance d'inox utilisée. Il est donc essentiel de bien connaître les agressions auxquelles les inox vont être soumis pour sélectionner la nuance la mieux adaptée. (Source Id inox)

Combattre la corrosion c'est :

- connaître ses différentes formes ou apparences,
- connaître les méthodes de préventions,
- réaliser une étude préventive qui permettra de définir la nuance d'inox appropriée à l'utilisation et à l'environnement considéré.

I. DESCRIPTION DES GROUPES ET NUANCES D'ACIERS INOXYDABLES

(Source Id inox et ISO 3506)

Les aciers inoxydables peuvent être classés en quatre grandes familles possédant chacune leurs propres caractéristiques.

- Les aciers inoxydables austénitiques
- Les aciers inoxydables martensitiques
- Les aciers inoxydables ferritiques
- Les aciers inoxydables austéno-ferritiques également appelés « duplex »

I. Les aciers inoxydables austénitiques (nuances A1 à A5)

Ce sont, de loin, les plus connus et les plus employés parmi les aciers inoxydables : Ils contiennent, outre une teneur en chrome minimale de l'ordre de 17 %, du nickel (généralement 7 % et plus) et des additions éventuelles de molybdène, titane, niobium, ...

- Afin de réduire la susceptibilité à l'écrouissage, du cuivre peut être ajouté aux aciers de nuance A1 à A5.
- Leurs caractéristiques mécaniques en traction sont généralement modestes mais peuvent être, pour certaines nuances, considérablement accrues par écrouissage. Ils sont par contre très indiqués, de par leur absence de fragilité à basse température, pour les emplois cryogéniques.
- Leur tenue à la corrosion augmente avec les teneurs en chrome et en molybdène. Leur résistance à l'oxydation croît avec leur teneur en chrome : les standards à 18 % de chrome résistent – en atmosphère oxydante non sulfureuse – jusque vers 800°C. Au-delà, il faut s'orienter vers des nuances dites « réfractaires », nettement plus alliées.
- L'introduction d'éléments stabilisants tels que le titane ou le niobium permet d'éviter la corrosion intergranulaire, en particulier sur les soudures, et accroît la résistance mécanique à haute température.

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

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 au taux de soufre normal.

Aciers de nuance A2

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

Aciers de nuance A3

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

Aciers de nuance A4

Les aciers de nuance A4, alliés en molybdène sont «résistants à l'acide» 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 pour 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.

Aciers de nuance A5

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

2. Martensitique (nuances C1 à C4)

Ces aciers contiennent en général 12 à 19 % de chrome, leur teneur en carbone variant de 0,08 à 1,2 % ; ils peuvent contenir du nickel et du molybdène ainsi que certains éléments d'addition tels que le cuivre, le titane ou le vanadium. Ils sont le plus souvent livrés à l'état recuit ; il est évidemment recommandé de les utiliser – au même titre que les aciers alliés pour la construction mécanique - à l'état trempé revenu - représentant le meilleur compromis entre les propriétés mécaniques et la résistance à la corrosion. Ils présentent un intérêt certain dans les applications à chaud lorsque la température de service n'excède pas 650°C (turbines de production d'énergie).

Dans la pratique on les utilise :

- Soit après trempe et revenu de détente vers 200°C, ce qui permet de conserver la résistance mécanique maximale,

Soit après trempe et revenu entre 550 et 700°C, assurant ainsi un meilleur compromis résistance – résilience – tenue à la corrosion.

Ces aciers permettent d'associer une résistance à la corrosion intéressante à des propriétés mécaniques équivalentes à celles d'aciers alliés de haut de gamme. Ils peuvent être écrouis pour l'obtention d'une meilleure résistance et sont magnétiques.

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.

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.

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.

3. Ferritique (nuance FI)

Ce sont des alliages Fer – Chrome ou Fer – Molybdène dont la teneur en chrome varie de 10,5 % à 28 % et dont la teneur en carbone n'excède pas 0,08 %. Ces aciers ne contiennent en général pas de nickel.

- ✓ D'autres éléments d'addition – tels que Ti, Nb ou Zr – peuvent être introduits en vue d'améliorer certaines propriétés telles que la soudabilité, la résistance à la corrosion ou l'aptitude au formage à froid.
- ✓ Les aciers ferritiques à teneur élevée en chrome (>20 %) sont essentiellement utilisés pour leur résistance à la corrosion remarquable (super-ferritiques) et à l'oxydation à chaud.
- ✓ Certaines nuances alliées au molybdène et / ou au titane possèdent une résistance à la corrosion comparable à celle des standards austénitiques.
- ✓ Ces aciers ne prennent pas la trempe et sont utilisés à l'état recuit. Ils sont très sensibles au grossissement de grain à haute température mais peuvent cependant être employés jusque vers 800°C en atmosphère oxydante (certains au-delà).
A haute température, ils sont – de part l'absence de nickel – souvent plus résistants aux atmosphères sulfureuses que les aciers austénitiques.
- ✓ Leur fragilité à basse température les destine peu aux utilisations cryogéniques.
- ✓ Contrairement aux idées reçues, le fait que cette famille d'acier soit magnétique n'est en aucun cas corrélé à une mauvaise résistance à la corrosion ! Certaines nuances ont dans ce domaine des propriétés comparables, voire supérieures à celles des aciers austénitiques les plus courants.

Aciers de nuance FI

Les aciers de nuance FI ne peuvent pas être écrouis normalement et devraient même, dans certains cas, ne pas l'être. Les aciers FI sont magnétiques. Le groupe des aciers de nuance FI 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 FI peuvent avantageusement remplacer les aciers de nuances A2 et A3 et être utilisés dans des environnements très chlorés.

Composition chimique des éléments de fixation en aciers inoxydables :

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, 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.

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

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 22%

9) Doit contenir du titane $\geq 5 \times C$ jusqu'à 0,8% maximum pour stabilisation et doit être marqué selon ce tableau ou doit contenir du niobium (colombium) 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 les diamètres supérieurs l'exige, mais ne doit pas dépasser 0,12% pour les aciers austéniques.

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

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

Principales nuances utilisées pour la fabrication des éléments de fixation en aciers inoxydables

(NF E 25-033 / NF A 35-602 / NF EN 10088-1 / NF EN 10095 / DIN 267 Teil 1 I)

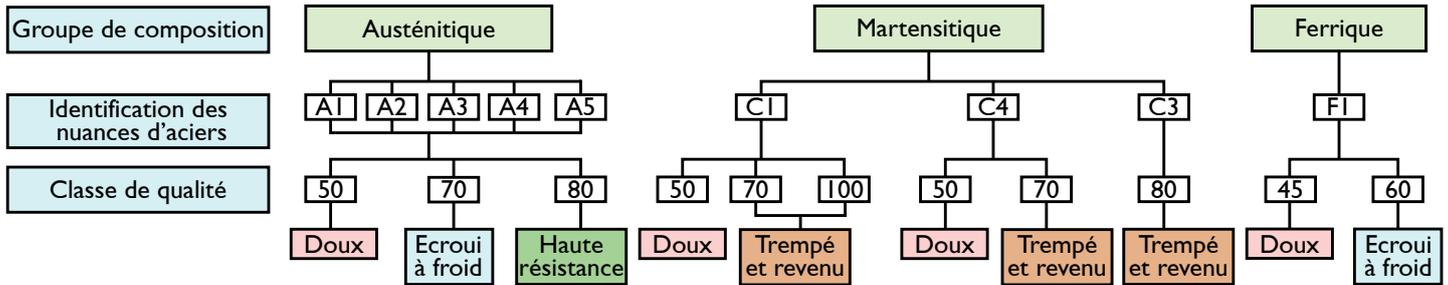
Groupes de composition	Nuances	Désignations françaises	Désignations allemandes	N°	Etats-Unis AISI
AUSTÉNITIQUES	A1	Z10CNF18.09 Z8CNF18.09 Z12CN18.09	X8CrNi18-9 X10CrNi18-8	1.4305 1.4310	303 301
	A2	Z2CN18.10 Z7CN18.09 Z6CNNb18.10 Z2CNU18.09 Z2CNU18.10 Z4CN18.12 Z3CN19.11 Z5CN18.11 FF	X3CrNiCu18-9-4	1.4567	302HQ
			X5CrNi18-10 X6CrNiNb18-10	1.4301 1.4550	304 347
			X2CrNi19-11 X4CrNi18-12	1.4306 1.4303 1.4304 1.4329 1.4307	304L 305
			X2CrNi18-09	1.4307	304L
	A4	Z2CND17.12 Z6CND17.11 Z4CNUD17.11 Z3CND17.11.02 Z7CND17.12.02 Z6CNDT17.12 Z6CNDNb17.12 Z3CND18.14.03 Z6CND18.12.03	X2CrNiMo17-12-2 X5CrNiMo17-12-2 X6CrNiMoTi17-12-2 X6CrNiMoNb17-12-2 X2CrNiMo18-14-3 X3CrNiMo17-13-3	1.4404 1.4401 1.4571 1.4580 1.4435 1.4436	316L 316 316Ti 316Cb 316L 316
REFRACTAIRE	Z15CNS25-20 Z8CN25-20 Z6CNT18.10	X15CrNiSi25-20 X8CrNi25-21 X6CrNiTi18-10	1.4841 1.4845 1.4541	310 310S 321	
MARTENSITIQUES	C1	Z6C13 Z12C13 Z20C13 Z30C13 Z10C13 Z33C13 Z44C14	X20Cr13 X12Cr13 X30Cr13 X46Cr13	1.4021 1.4006 1.4028 1.4034	420 410 420F
	C3	Z15CN16.02 Z6CNU17.04	X17CrNi16-2	1.4057	431
	C4	Z12CF13 Z30CF13 Z11CF13	X12CrSi13	1.4005	416
	FERRITIQUES	F1	Z8C17	X6Cr17	1.4016
F4		Z10CF17			
REFRACTAIRE		Z8C12	X6Cr13	1.4000	410S

Les informations du tableau ci-dessus sont données à titre indicatif et ne sont pas exhaustives.

II. SYSTÈME DE DÉSIGNATION

Pour les vis et les goujons (deux chiffres)

1/10^{ème} de la résistance à la traction de l'élément de fixation.



Pour les écrous (style I)

✓ Pour les écrous de hauteur $m \geq 0,8$ (deux chiffres) :

1/10^{ème} de la résistance à la charge d'épreuve

La désignation par un code composé d'une lettre suivie de 2 chiffres a la signification suivante :

Désignation du groupe de composition

A = Acier austénitique

C = Acier martensitique

F = Acier ferritique

A 2 - 70

Désignation de la composition chimique

1 = acier de décolletage avec teneur en soufre

2 = acier allié au chrome-nickel pour frappe à froid

3 = acier allié au chrome-nickel, stabilisé au Ti, Nb, Ta

4 = acier allié au chrome-nickel et molybdène

5 = acier allié au chrome-nickel et molybdène, stabilisé au Ti, Nb, Ta

50 = 1/10 de la résistance à la traction (min. 500 N/mm²)

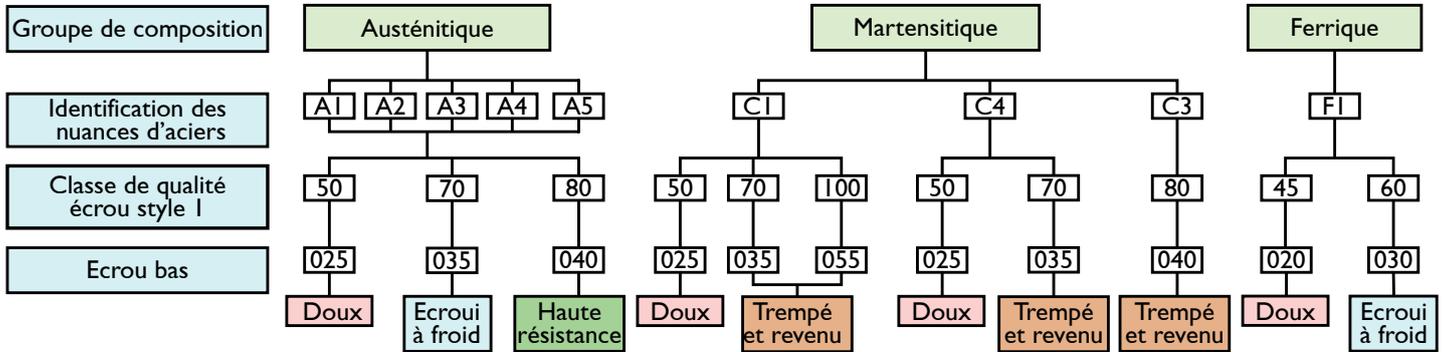
70 = 1/10 de la résistance à la traction (min. 700 N/mm²)

80 = 1/10 de la résistance à la traction (min. 800 N/mm²)

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

Le marquage des aciers inoxydables à faible teneur en carbone n'excédant pas 0,03% peut être complété par la lettre L (Ex : A4L – 80)

✓ Désignation de la classe de qualité pour vis et écrous avec une hauteur de $0,5 d \leq m < 0,8$ (écrous bas) (trois chiffres)



A = Acier austénitique → **A 2 - 035**
C = Acier martensitique
F = Acier ferritique

Désignation de la composition chimique

- 1 = acier de décolletage avec teneur en soufre
- 2 = acier allié au chrome-nickel pour frappe a froid
- 3 = acier allié au chrome-nickel, stabilisé au Ti, Nb, Ta
- 4 = acier allié au chrome-nickel et molybdène
- 5 = acier allié au chrome-nickel et molybdène, stabilisé au Ti, Nb, Ta

- 025** = charge d'épreuve min. 250 N/mm²
- 035** = charge d'épreuve min. 350 N/mm²
- 040** = charge d'épreuve min. 400 N/mm²

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).

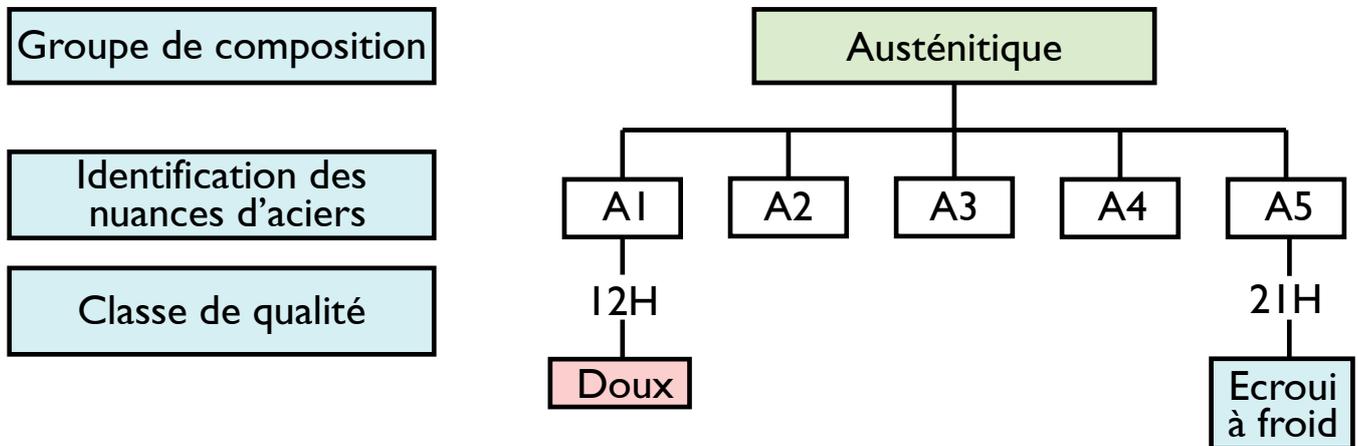
Le marquage des aciers inoxydables à faible teneur en carbone n'excédant pas 0,03% peut être complété par la lettre L (Ex : A4L – 80)

Système de désignation :

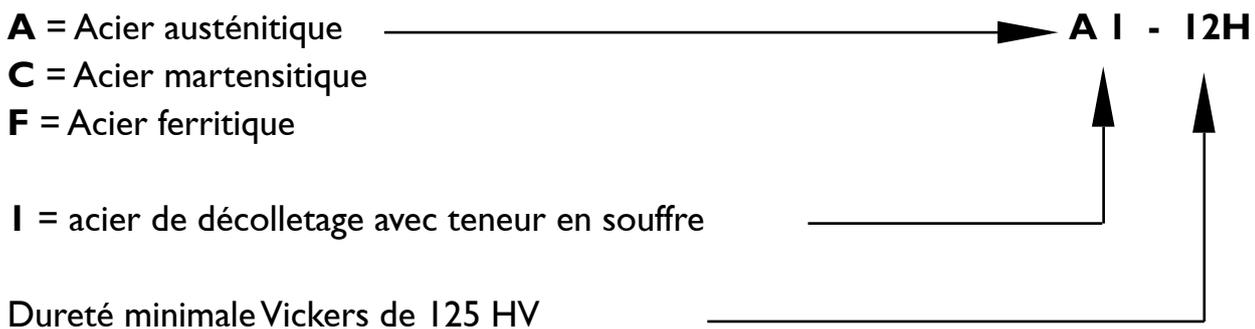
Pour les vis sans têtes et éléments de fixation similaires non soumis à des contraintes de traction (deux chiffres) :

1/10ème de la dureté minimale Vickers suivi de la lettre H indiquant la dureté.

Classe de qualité	12H	21H
Dureté Vickers, HV min	125	210



Exemple :



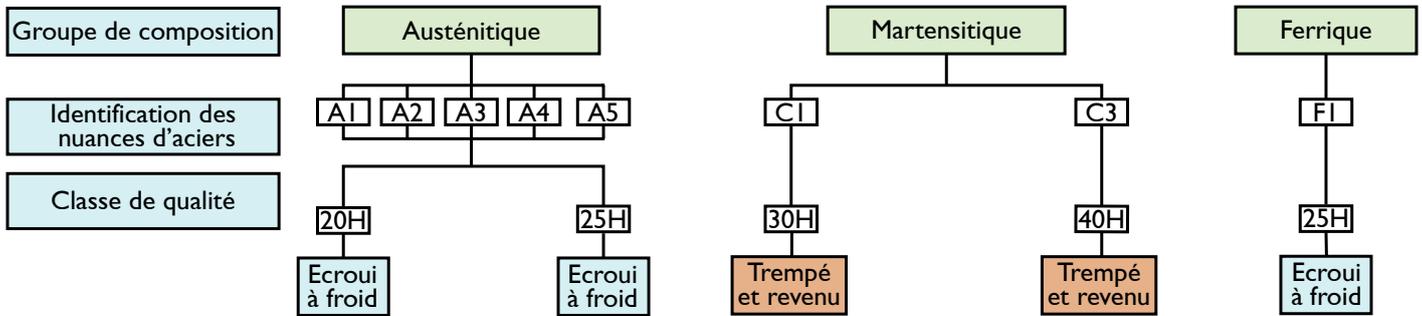
A1-12H : Un acier inoxydable austénitique, doux, de dureté minimale 125 HV

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

Exemple : A4L – 21H.

Pour les vis à tôle (deux chiffres) :

I/I0 de la dureté minimale Vickers suivi de la lettre H indiquant la dureté.



III. MARQUAGE

Pour les vis et les goujons :

✓ **Vis :**

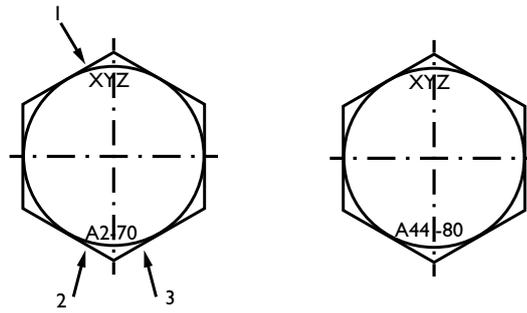
Toutes les vis à tête hexagonale et les vis à tête cylindrique à six pans creux ou à six lobes internes dont le diamètre nominal de filetage est $d \geq 5$ mm doivent être clairement marquées. Le marquage doit inclure la nuance d'acier et la classe de qualité.

✓ **Goujons :**

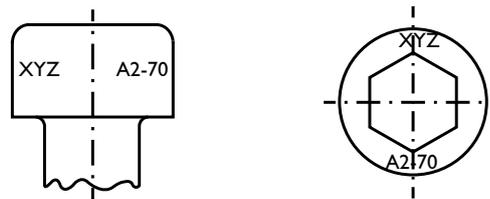
Les goujons de diamètre nominal de filetage $d \geq 6$ mm doivent être clairement marqués. Le marquage doit être appliqué sur la partie non filetée du goujon et doit comporter la nuance et la classe de qualité de l'acier.

S'il s'avère impossible de marquer la partie non filetée, seule la nuance d'acier est marquée à l'extrémité filetée du goujon.

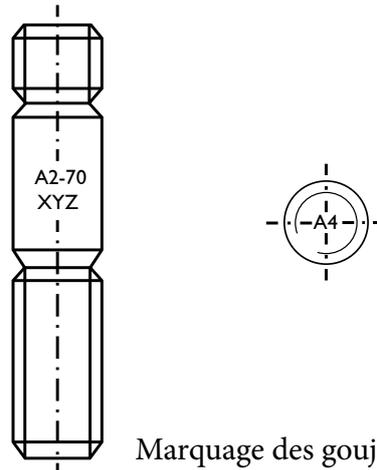
- 1) Identification du fabricant
- 2) Nuance d'acier
- 3) Classe de qualité



Marquage des vis à tête hexagonale



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



Marquage des goujons

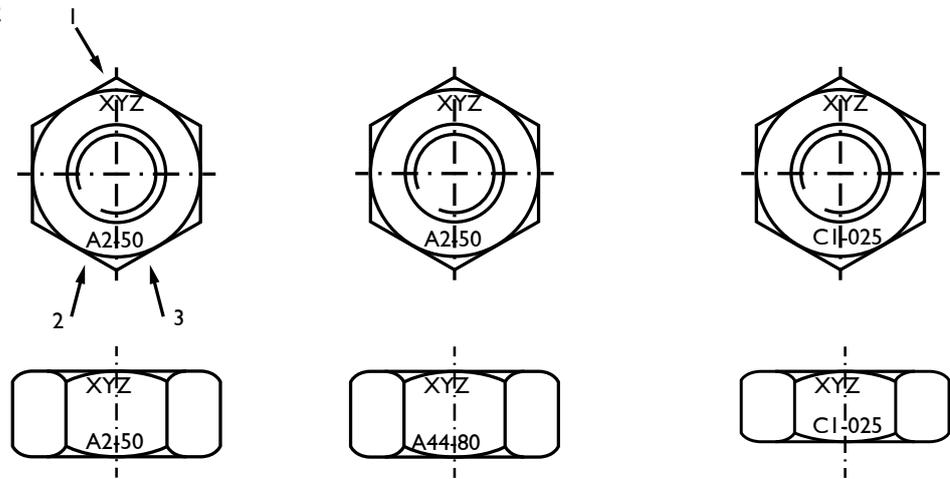
Pour les écrous :

Le marquage est obligatoire sur les écrous de diamètre nominal de filetage $d \geq 5$ mm.

Il doit inclure la nuance et la classe de qualité de l'acier. 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.

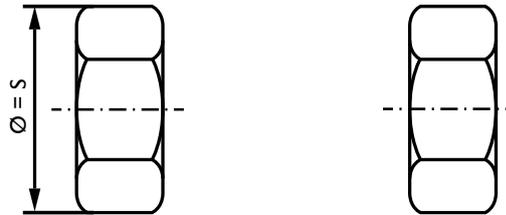
Lorsque le marquage est constitué d'entailles (voir la figure 2) sans indication de la classe de qualité, c'est la classe de qualité 50 ou 025 qui s'applique.

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



Marquage avec identification du fabricant

S est la cote surplat



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

Pour les vis sans tête :

Il n'est pas obligatoire.

Pour les vis à tole :

Il n'est pas obligatoire.

IV. FINITION

Sauf indication contraire, les éléments de fixation doivent être fournis propres et brillants. Il est recommandé de procéder à une passivation pour obtenir une résistance à la corrosion maximale.

On notera également que pour obtenir une bonne tenue à la corrosion, il est nécessaire d'assembler la vis avec un filetage intérieur en acier inoxydable de même nature (ex : vis A2 avec écrou A2).

V. CARACTERISTIQUES MECANIQUES

Les caractéristiques indiquées ci-après concernent des éléments de fixations fabriqués avec des nuances austénitique, martensitique et ferritique d'aciers inoxydables. Les produits concernés sont prévus pour être utilisés dans une atmosphère corrosive courante et leurs caractéristiques mécaniques sont établies à température ambiante comprise entre 15°C et 25°C. Ces caractéristiques varient selon la valeur plus ou moins élevée de la température.

Les conditions particulières, telles que variations de température ou de potentiel, alternances de l'action corrosive, écrouissage locaux ou état de surface du métal, ... peuvent modifier considérablement le comportement d'un acier déterminé lorsqu'il est soumis à l'action d'un milieu corrodant.

Dans le cas d'utilisation dans une ambiance corrosive particulière, ou pour des températures qui s'éloignent des conditions d'essais, un accord doit intervenir à la commande entre le client et le fournisseur concernant le niveau de la tenue à la corrosion et les caractéristiques mécaniques désirées.

Pour les vis et les goujons :

Domaine d'application :

Les caractéristiques mécaniques qui suivent sont applicables aux vis et goujons :

- de diamètre nominal de filetage (d) jusqu'à 39 mm inclus
- à filetage métrique ISO triangulaire.
- de forme quelconque.

Elles ne s'appliquent pas aux vis possédant des caractéristiques spéciales telles que : la soudabilité.

Caractéristiques mécaniques pour vis et goujons - Aciers austénitiques

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
				Rm ¹⁾ min N/mm ²	Rp 0,2 ¹⁾ min N/mm ²	A ²⁾ min mm
Austénitique	A1,A2	50	39	500	210	0,6 d
	A3,A4	70	≤ 24 ³⁾	700	450	0,4 d
	A5	80	≤ 24 ³⁾	800	600	0,3 d

1) La résistance à la traction est calculée en fonction de la section résistante

2) A déterminer conformément au § 6.2.4 de la norme ISO 3506-1 : 1997 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 classe de qualité selon ce tableau

Couple de rupture minimal, M_{Bmin} - Vis en acier austénitique M1,6 à M16 (filetage à pas gros)

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.

Filetage	Couple de rupture, M_{Bmin} Nm		
	Classe de qualité		
	50	70	80
M 1,6	0,15	0,2	0,24
M 2	0,3	0,4	0,48
M 2,5	0,6	0,9	0,96
M 3	1,1	1,6	1,8
M 4	2,7	3,8	4,3
M 5	5,5	7,8	8,8
M 6	9,3	13	15
M 8	23	32	37
M 10	46	65	74
M 12	80	110	130
M 16	210	290	330

Pour les écrous (style I) :

Domaine d'application :

Les caractéristiques mécaniques qui suivent sont applicables aux écrous :

- de diamètre nominal de filetage (d) jusqu'à 39 mm inclus ;
- à filetage métrique ISO triangulaire ;
- 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.

Elles ne s'appliquent pas aux écrous possédant des caractéristiques spéciales telles que :

- la capacité de freinage ;
- la soudabilité.

Caractéristiques mécaniques des écrous - Acier austénitique

Groupe de composition	Nuance	Classe de qualité		Limite de diamètre de filetage	Résistance à la charge d'épreuve Sp min Nm	
		Ecrous style I (m ≥ 0,8 d)	Ecrous bas (0,5 d ≤ m ≤ 0,8 d)		Ecrous style I (m ≥ 0,8 d)	Ecrous bas (0,5 d ≤ m ≤ 0,8 d)
Austénitique	A1	50	025	≤ 39	500	250
	A2,A3	70	035	≤ 24 ¹⁾	700	350
	A4,A5	80	040	≤ 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.

Pour les vis sans tête :

Essai de torsion des vis sans tête à six pans creux :

Les vis sans tête à six pans creux doivent être conformes aux exigences de couples de torsion suivantes :

Valeur des couples de torsion

Diamètre nominal de filetage (d) min	Longueur minimale de la vis essayée (mm)				Couple d'essai min. Nm	
	Bout plat	Bout pointu	Bout à téton	Bout à cuvette	12H	21H
1,6	2,5	3	3	2,5	0,03	0,05
2	4	4	4	3	0,06	0,1
2,5	4	4	5	4	0,18	0,3
3	4	5	6	5	0,25	0,42
4	5	6	8	6	0,8	1,4
5	6	8	8	6	1,7	2,8
6	8	8	10	8	3	5
8	10	10	12	10	7	12
10	12	12	16	12	14	24
12	16	16	20	16	25	42
16	20	20	25	20	63	105
20	25	25	30	25	126	210
24	30	30	35	30	200	332

1) Les longueurs minimales testées sont les longueurs situées sous les traits interrompus forts dans la norme de produit, c'est-à-dire les longueurs ayant la profondeur normale des six pans creux.

Résistance à la torsion :

Les vis à tôle en acier inoxydable doivent avoir une résistance à la torsion telle que le couple nécessaire pour provoquer une défaillance soit égale ou supérieur aux valeurs minimales de couples données dans le tableau suivant pour la classe de qualité considérée :

Couple minimal de rupture

Filetage	Couple de rupture, M_{Bmin} , Nm			
	Classe de qualité			
	20H	25H	30H	40H
ST 2,2	0,38	0,48	0,54	0,6
ST 2,6	0,64	0,8	0,9	1
ST 2,9	1	1,2	1,4	1,5
ST 3,3	1,3	1,6	1,8	2
ST 3,5	1,7	2,2	2,4	2,7
ST 3,9	2,3	2,9	3,3	3,6
ST 4,2	2,8	3,5	3,9	4,4
ST 4,8	4,4	5,5	6,2	6,9
ST 5,5	6,9	8,7	9,7	10,8
ST 6,3	11,4	14,2	15,9	17,7
ST 8	23,5	29,4	32,9	36,5

Capacité de formage du filetage :

Les vis à tôle en acier inoxydable doivent former un filetage correspondant, sans déformation de leur propre filetage, conformément aux prescriptions suivantes :

La vis (revêtue ou non revêtue) doit être vissée dans une plaque jusqu'à ce qu'un filet complet la traverse entièrement.

Pour des vis en aciers austénitiques et ferritiques la plaque doit être constituée d'un alliage d'aluminium d'une dureté comprise entre 80 HV 30 et 120 HV 30.

Pour des vis en aciers martensitiques la plaque doit avoir une teneur en carbone ne dépassant pas 0,23 % et une dureté comprise entre 125 HV 30 et 165 HV 30.

L'épaisseur des plaques et la dimension de l'avant trou doivent être conforme aux valeurs données dans le tableau suivant :

Filetage	Epaisseur de la plaque d'essai, mm		Diamètre du trou, mm	
	min.	max.	min.	max.
ST 2,2	1,17	1,30	1,905	1,955
ST 2,6	1,17	1,30	2,185	2,235
ST 2,9	1,17	1,30	2,415	2,465
ST 3,3	1,17	1,30	2,68	2,73
ST 3,5	1,85	2,06	2,92	2,97
ST 3,9	1,85	2,06	3,24	3,29
ST 4,2	1,85	2,06	3,43	3,48
ST 4,8	3,10	3,23	4,015	4,065
ST 5,5	3,10	3,23	4,735	4,785
ST 6,3	4,67	5,05	5,475	5,525
ST 8	4,67	5,05	6,885	6,935

VI. ANNEXES

Annexe A : GRIPPAGE :

L'état de surface du matériau est en général un facteur prépondérant dans l'apparition des phénomènes de grippage. Cependant, pour les inox, d'autres paramètres entrent en jeu. Lorsque l'on serre une vis sur un écrou, seulement 10% du couple de serrage contribue réellement au serrage (effort axial), le reste se dissipe dans les frottements sur le filetage et sous la tête de vis (effort tangentiel). Le frottement est nécessaire pour éviter le desserrage au cours du temps.

Cependant, s'il devient trop important, il y a grippage, qui résulte de micro-collages se produisant par exemple entre les filets : le desserrage de l'écrou devient impossible et la vis sous l'effort peut se casser. Il faut donc trouver des solutions pour éviter l'augmentation du frottement.

Par la mesure, on sait déterminer à partir de quel couple de serrage le grippage risque de survenir : en effet, sachant que le coefficient de frottement doit être constant, à partir d'une certaine valeur du couple, une augmentation sensible de ce coefficient révèle un phénomène de grippage.

Il faut donc, pour élever le seuil de grippage, agir sur le coefficient de frottement filets/filets et rondelle/ écrou. La résistance au grippage peut se combattre par l'apport de différents types de traitements tels que :

- Décontamination, passivation : rendre aux surfaces leur homogénéité et reconstituer le film de passivité,
- Revêtement Bonderlub : cire microcristalline émulsionnée améliorant le coefficient de frottement,
- Revêtement Stanal 400 : traitement de diffusion métallique en phase solide effectué à 400°. N'altère pas la résistance à la corrosion,
- Torque'N'Tension : Film lubrifiant sec recommandé pour diminuer le coefficient de frottement,
- L'argenture : très intéressant dans le domaine du frottement et surtout utilisé pour l'amélioration de la résistance au grippage des aciers inoxydables.
- Les revêtements de type Molykote (contenant du bisulfite de molybdène) ou PTFE (Téflon).

Utiliser une vis d'une nuance et un écrou d'une autre nuance n'évite pas réellement les risques de grippage. (Source Id inox)

Annexe B :

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 suivant :

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)	0,03	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 auténo-ferritiques

Annexe C :

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.

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

Les valeurs données dans le tableau qui suit 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 (ReL) et la limite conventionnelle d'élasticité à 0,2% (Rp0,2) à températures élevées, données en pourcentage des limites à température ambiante, voir le tableau F.I.

Tableau C.1 - Influence de la température sur ReL et Rp0,2

Nuance d'acier	ReL et Rp0,2%			
	Température			
	+100°C	+200°C	+300°C	+400°C
A1 A4	85	80	75	70
C1	95	90	80	65
C3	90	85	80	60

NOTE : Pour classe de qualité 70 et 80 uniquement.

Tableau C.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	
	-200°C	
A2	Vis ¹⁾	-60°C
A4	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 D :

Propriétés magnétiques des aciers inoxydables austénitiques

Tous les éléments de fixation en acier inoxydable austénitique sont normalement non magnétiques ; après l'érouissage 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 : $\mu_r \approx 1,005$ / FI : $\mu_r \approx 5$

Annexe E :

Exemples de choix de nuances d'aciers inoxydables en fonction des atmosphères

Nuances		Atmosphères						
		Extérieure				Intérieure		
		Rurale non polluée	Industrielle normale ¹⁾	Marine	Mixte	Sèche	Humide non polluée	Agressive
Austénitique	A1	O	N	N	N	O	N	²⁾
	A2	O	O ²⁾	N	N	O	O ²⁾	²⁾
	A4	O	O	O	O	O	O	²⁾
Martensitique	C1	O	N	N	N	O	O ²⁾	²⁾
	C3	O	O	N	N	O	O	²⁾
	C4	O	N	N	N	O	O ²⁾	²⁾
Ferritique	FI	O	O	N	N	O	O	²⁾

1) Si atmosphère industrielle très agressive, consulter le fabricant.
 2) Consulter le fabricant
 O = Utilisation possible
 N = Nuance inadaptée au milieu

Le tableau ci-dessus est donné uniquement à titre indicatif. Pour tout cas particulier, il est nécessaire de consulter un spécialiste.

Définition des atmosphères :

Intérieure

Sèche : locaux propres à faible ou moyenne hygrométrie.

Humide non polluée : locaux à forte hygrométrie.

Agressive : atmosphère contenant des produits corrosifs, même de façon intermittente.

Extérieure

Rurale non polluée : extérieur des constructions situées à la campagne, en l'absence de retombées de produits corrosifs.

Industrielle normale : extérieur des constructions situées dans un environnement industriel. Présence de gaz et de fumées créant un accroissement sensible de l'agressivité de l'atmosphère, sans comporter de fortes teneurs en composés chimiques particuliers.

Marine : extérieur des constructions situées au bord de la mer et sur mer, à l'exclusion des conditions d'attaque directe par eau de mer.

Mixte : milieu correspondant à la concomitance d'une atmosphère marine et d'une atmosphère industrielle.