

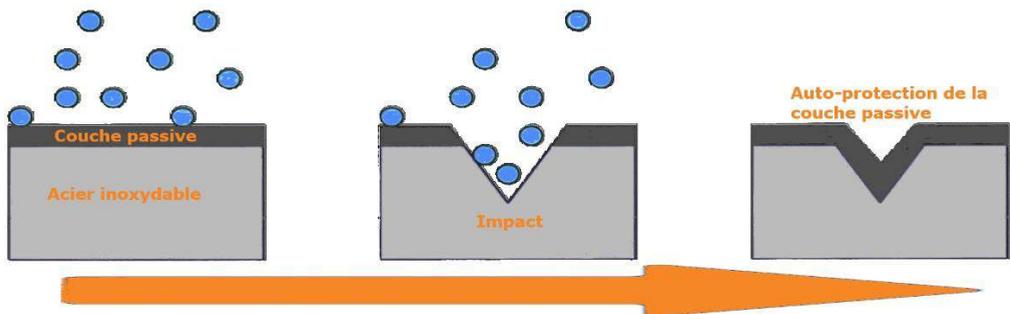
# L'ACIER INOXYDABLE

## Table des matières

|   |    |
|---|----|
| ACIER INOXYDABLE ET DONNEES TECHNIQUES.....   | 2  |
| I. Description des groupes et nuances d'aciers inoxydables .....  | 3  |
| 1) Les aciers inoxydables austénitiques (nuances A1 à A5).....  | 3  |
| 2) Martensitiques (nuances C1 à C4) .....   | 4  |
| II. Système de désignation.....   | 5  |
| 1) Pour les vis et les goujons (deux chiffres) .....  | 5  |
| 2) Pour les écrous (style 1).....   | 5  |
| 3) Pour les vis sans tête et éléments de fixation similaires non soumis à des contraintes de traction (deux chiffres) ..... | 6  |
| 4) Pour les vis à tôle (deux chiffres).....   | 7  |
| III. Marquage .....   | 7  |
| 1) Pour les vis et les goujons.....   | 7  |
| 2) Pour les écrous .....  | 8  |
| 3) Pour les vis sans tête .....   | 8  |
| 4) Pour les vis à tôle .....  | 8  |
| IV. Finition .....  | 9  |
| V. Caractéristiques mécaniques.....   | 9  |
| 1) Pour les vis et les goujons.....   | 9  |
| 2) Pour les écrous (style 1).....   | 10 |
| 3) Pour les vis sans tête .....   | 11 |
| 4) Pour les vis à tôle .....  | 12 |
| VI. Avertissement sur le zingage électrolytique.....  | 13 |
| VII. Annexes .....  | 14 |
| 1) Annexe A : Grippage .....  | 14 |
| 2) Annexe B : composition chimique des éléments de fixation en acier inoxydable .....                                       | 15 |
| 3) Annexe C : Principales nuances utilisées pour la fabrication des éléments de fixation en acier inoxydable .....          | 16 |

# ACIER INOXYDABLE ET DONNEES TECHNIQUES

L'une des propriétés les plus importantes 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,
- et surtout 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)

## 1) 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'écaillage, 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 écaillage. 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 inter-granulaire, 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.

### 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 au taux de soufre normal.

### 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, 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.

### 3. Aciers de nuance A3

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

### 4. 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.

### **5. Aciers de nuance A5**

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

## **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.

### **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.

### **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.

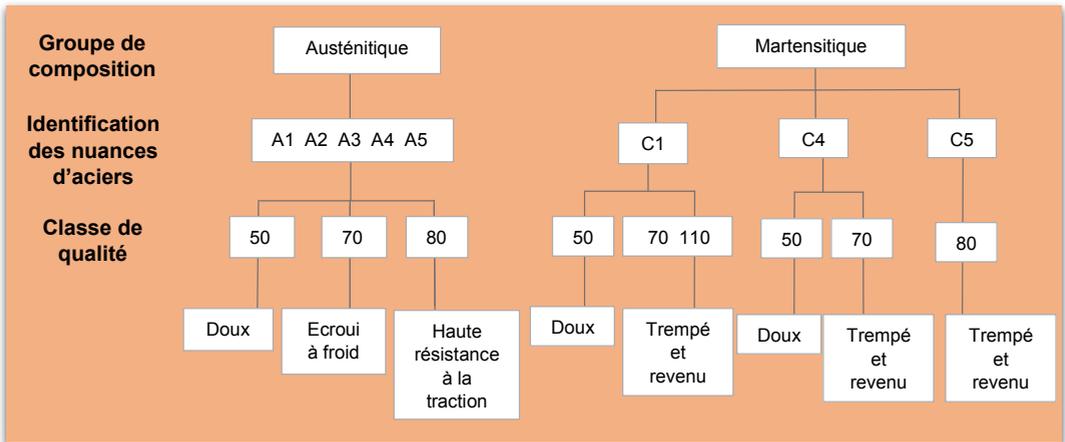
### **3. Aciers de nuance C4**

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.

## II. Système de désignation

### 1) Pour les vis et les goujons (deux chiffres)

1/10<sup>ème</sup> de la résistance à la traction de l'élément de fixation.



### 2) Pour les écrous (style 1)

#### 1. Pour les écrous de hauteur $m \geq 0.8 D$ (deux chiffres)

1/10<sup>ème</sup> de la résistance à la charge de l'épreuve.

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

**A 2 – 70**

#### Désignation du groupe de composition :

A = Acier austénitique  
C = Acier martensitique

#### 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

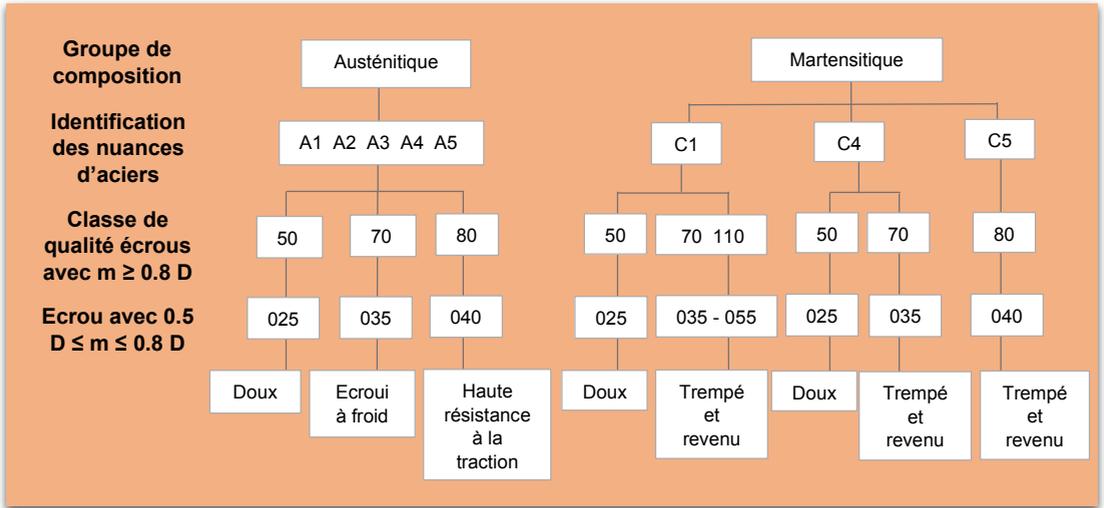
#### Désignation de la composition chimique :

50 = 1/10 de la résistance à la traction (min. 500N/mm<sup>2</sup>)  
70 = 1/10 de la résistance à la traction (min. 700N/mm<sup>2</sup>)  
80 = 1/10 de la résistance à la traction (min. 800N/mm<sup>2</sup>)

A2 – 70 indique un acier austénitique écroui à froid, dont la résistance minimale à la traction est égale à 700 N/mm<sup>2</sup> (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).

**2. Désignation de la classe de qualité pour vis et écrous avec une hauteur de  $0.5 D \leq m \leq 0.8 D$  (écrous bas)(trois chiffres)**



**A 2 – 035**

**Désignation du groupe de composition :**

A = Acier austénitique  
C = Acier martensitique

**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

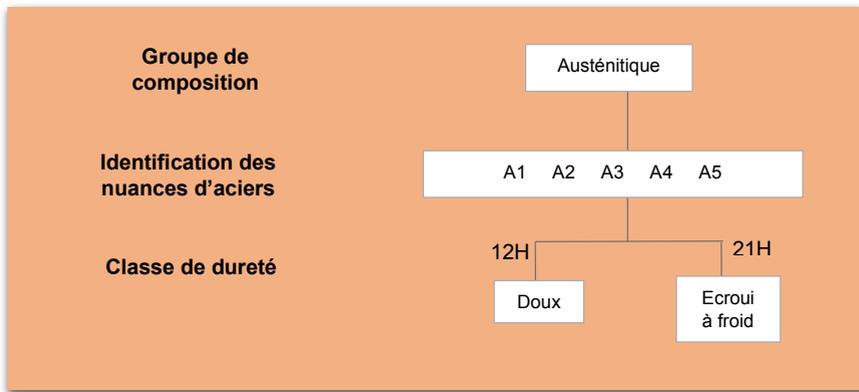
**Désignation de la composition chimique :**

025 = charge d'épreuve min. 250 N/mm<sup>2</sup>  
035 = charge d'épreuve min. 350 N/mm<sup>2</sup>  
040 = charge d'épreuve min. 400 N/mm<sup>2</sup>

**3) Pour les vis sans tête et éléments de fixation similaires non soumis à des contraintes de traction (deux chiffres)**

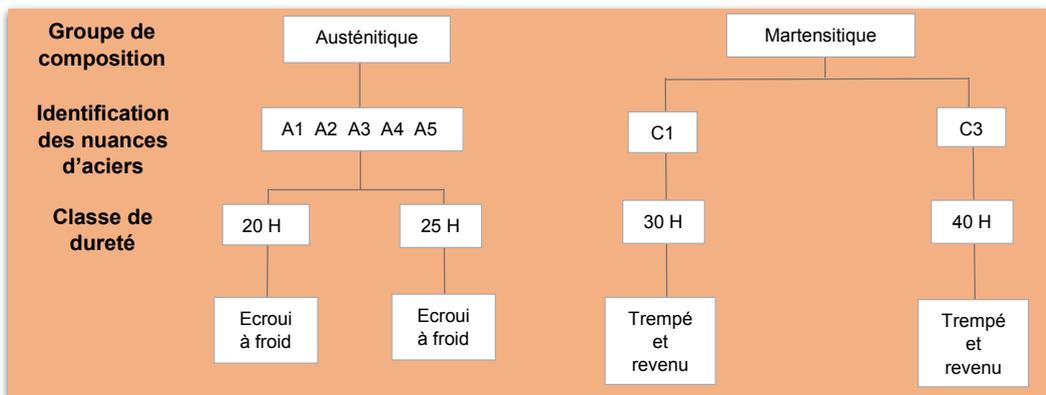
1/10<sup>ème</sup> de la dureté minimale Vickers suivi de la lettre H indiquant la dureté.

|                               |     |     |
|-------------------------------|-----|-----|
| <b>Classe de qualité</b>      | 12H | 21H |
| <b>Dureté Vickers, HV min</b> | 125 | 210 |



#### 4) Pour les vis à tôle (deux chiffres)

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



### III. Marquage

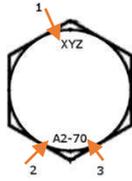
#### 1) Pour les vis et les goujons

##### 1. Vis

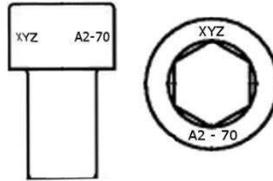
Toutes les vis à tête hexagonale et les vis à tête cylindrique à six pans creux ou à six lobes internes dont le diamètre nominal de filetage est  $d \geq 5$  mm doivent être clairement marquées. Le marquage doit inclure la nuance d'acier et la classe de qualité.

##### 2. Goujons

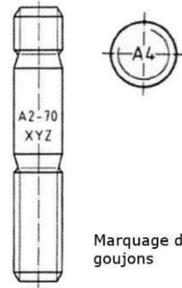
Les goujons de diamètre nominal de filetage  $d \geq 6$  mm doivent être clairement marqués. Le marquage doit être appliqué sur la partie non filetée du goujon et doit comporter la nuance et la classe de qualité de l'acier. S'il s'avère impossible de marquer la partie non filetée, seule la nuance d'acier est marquée à l'extrémité filetée du goujon.



Marquage des vis à tête hexagonale



Marquage des vis à tête cylindrique à six pans creux et à six lobes internes

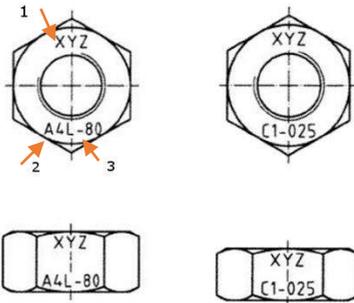


Marquage des goujons

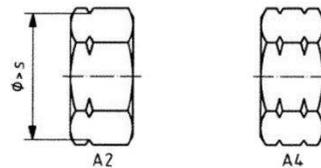
- 1 = Identification du fabricant
- 2 = Nuance d'acier
- 3 = Classe de qualité

## 2) 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.



Marquage avec identification du fabricant



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

## 3) Pour les vis sans tête

Le marquage des vis sans tête et des éléments de fixation filetés similaires n'est pas obligatoire.

## 4) Pour les vis à tôle

Le marquage des vis à tôle 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. Caractéristiques mécaniques

Les caractéristiques indiquées ci-après concernent des éléments de fixations fabriqués avec des nuances austénitique et martensitique 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 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.

### 1) 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  $d \leq 39$  mm
- à filetage métrique ISO triangulaire dont le diamètre et le pas sont conformes à l'ISO 68-1, à l'ISO 261 et à l'ISO 262.
- de forme quelconque.
- Elles ne s'appliquent pas aux vis possédant des caractéristiques spéciales telles que la soudabilité.

## Caractéristique mécaniques pour vis et goujons – Aciers austénitiques

| Groupe de composition | Nuances | Classe de qualité | Résistance à la traction Rm <sup>a</sup><br>min<br>MPa | Limite conventionnelle d'élasticité à 0.2% Rp 0.2 <sup>a</sup><br>min<br>MPa | Allongement après rupture A <sup>b</sup><br>min<br>mm |
|-----------------------|---------|-------------------|--|--|---|
| Austénitique          | A1, A2  | 50                | 500  | 210  | 0.6 d   |
|                       | A3, A4  | 70                | 700  | 450  | 0.4 d   |
|                       | A5      | 80                | 800  | 600  | 0.3 d   |

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

b) a déterminer conformément à 7.2.4 selon la longueur réelle de la vis et non sur une éprouvette préparée

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 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  |

## 2) Pour les écrous (style 1)

Les caractéristiques mécaniques qui suivent sont applicables aux écrous :

- de diamètre nominal de filetage  $D \leq 39$  mm.
- à filetage métrique ISO triangulaire dont le diamètre 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  $m \geq 0,5 D$ .

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

- la capacité de freinage
- la soudabilité

| Groupe de composition | Nuance d'acier     | Classe de qualité          |                                       | Résistance à la charge d'épreuve SP min MPa |                                       |
|-----------------------|--------------------|----------------------------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
|                       |                    | Ecrous avec $m \geq 0.8 D$ | Ecrous avec $0.5 D \leq m \leq 0.8 D$ | Ecrous avec $m \geq 0.8 D$                  | Ecrous avec $0.5 D \leq m \leq 0.8 D$ |
| Austénitique          | A1, A2, A3, A4, A5 | 50                         | 025                                   | 500   | 250                                   |
|                       |                    | 70                         | 035                                   | 700   | 350                                   |
|                       |                    | 80                         | 040                                   | 800   | 400                                   |

### 3) Pour les vis sans tête

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

| Diamètre nominal de filetage (d) min | Longueur minimale <sup>a</sup> de la vis sans tête soumise à l'essai |             |              |                | Classe de dureté       |      |
|--------------------------------------|--|-------------|--------------|----------------|------------------------|------|
|                                      |  |             |              |                | 12H                    | 21H  |
|                                      | Bout plat  | Bout pointu | Bout à béton | Bout à cuvette | Couple d'essai, min Nm |      |
| 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  |

<sup>a</sup>) 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

## 4) Pour les vis à tôle

### 1. 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 égal ou supérieur aux valeurs minimales de couples données dans le tableau suivant pour la classe de qualité considérée :

| Filetage | Couple de rupture, $M_{Bmin}$ Nm |      |      |      |
|----------|----------------------------------|------|------|------|
|          | Classe de dureté                 |      |      |      |
|          | 20H                              | 25H  | 30H  | 40H  |
| ST 2.2   | 0.38                             | 0.48 | 0.54 | 0.6  |
| ST 2.6   | 0.34                             | 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 |

### 2. 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 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 130 HV 30 et 170 HV 30.

L'épaisseur des plaques et la dimension de l'avant trou doivent être conformes 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. Avertissement sur le zingage électrolytique

Le zingage électrolytique est un procédé de traitement de surface permettant d'améliorer les performances de résistance à la corrosion.

Ce procédé est utilisé sur des pièces relativement petites, produites en grande série, telles que vis, boulons, crochets, etc...

Les revêtements de zinc appliqués de façon électrolytique reçoivent une passivation au chrome pour améliorer la protection anticorrosion. Dans le cadre de la législation européenne et de la directive ROHS relative à la limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses tel que le chrome hexavalent (chrome VI), toutes les dispositions ont été prises vis-à-vis de nos fournisseurs pour que les matériaux constitutifs des produits que nous stockons ayant fait l'objet d'un traitement de surface, ne comportent pas de substances interdites par la réglementation en cours.

**Il est cependant établi que ce type de traitement peut avoir comme conséquence éventuelle la fragilisation du produit par l'hydrogène.**

Il s'agit là d'une conséquence connue des revêtements électrolytiques.

Ce phénomène peut être accentué dès lors que la résistance mécanique ou la dureté de l'élément de fixation est élevée.

L'hydrogène qui fragilise le produit peut être introduit (réf : ISO 4042) :

- Dans le cadre de procédures de dégraissage, de décapage, de phosphatation ou de déposition électrolytique

- Dans le cadre de l'environnement de service suite à des réactions de protections cathodique ou des réactions de corrosion.
- Dans le cadre d'opération de chaudronnage, de fluotournage, d'usinage et de perçage en raison de la décomposition de produits lubrifiants inappropriés ainsi que pendant les opérations de soudage et de brasage.

En toutes hypothèses, la conséquence peut être une rupture différée de l'élément de fixation. Pour diminuer ce risque connu, l'opération de dégazage après revêtement électrolytique est nécessaire en ce sens qu'elle va tendre à éliminer l'hydrogène.

Il est clairement établi cependant que le dégazage recommandé peut ne pas éliminer totalement et dans tous les cas la fragilisation par hydrogène. Lorsque le risque n'est pas acceptable, pour des pièces de sécurité ou des conditions d'utilisations particulières, il conviendra d'utiliser des procédés de revêtements de surfaces permettant une protection sans introduction d'hydrogène (DACRO- MET, DEPTON, GEOMET...) ou choisir des produits non revêtus de type acier inoxydable.

## VII. Annexes

### 1) 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. 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)

## 2) Annexe B : composition chimique des éléments de fixation en acier inoxydable

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 inter granulaire, 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 | Nuances | Composition chimique % (m/m) <sup>a</sup> |    |     |       |             |           |       |           |            | 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    | 1.7 à 2.25 | b) c) d) |
|                       | A2      | 0.1                                       | 1  | 2   | 0.05  | 0.03        | 15 à 20   | - e)  | 8 à 19    | 4          | f) g)    |
|                       | A3      | 0.08                                      | 1  | 2   | 0.045 | 0.03        | 17 à 19   | - e)  | 9 à 12    | 1          | h)       |
|                       | A4      | 0.08                                      | 1  | 2   | 0.045 | 0.03        | 16 à 18.5 | 2 à 3 | 10 à 15   | 1          | g) i)    |
|                       | A5      | 0.08                                      | 1  | 2   | 0.045 | 0.03        | 16 à 18.5 | 2 à 3 | 10.5 à 14 | 1          | h) i)    |
| Martensitique         | C1      | 0.09 à 0.15                               | 1  | 1   | 0.05  | 0.03        | 11.5 à 14 | -     | 1         | -          | i)       |
|                       | C3      | 0.17 à 0.25                               | 1  | 1   | 0.04  | 0.03        | 16 à 18   | -     | 1.5 à 2.5 | -          |          |
|                       | C4      | 0.06 à 0.15                               | 1  | 1.5 | 0.06  | 0.15 à 0.35 | 12 à 14   | - i)  | 1         | -          | b) i)    |

a) Sauf indication contraire, les valeurs sont maximales. b) Le soufre peut être remplacé par le sélénium.

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

d) Pas de limite minimale pour la teneur en Cu pourvu que la teneur en Ni soit > 8%.

e) 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.

f) Si la teneur en Cr < 17%, il convient que la teneur minimale en Ni soit de 12%

g) Pour les aciers inoxydables austénitiques à la teneur maximale en C de 0,03%, la teneur en azote est limitée à 0,22%

h) Doit contenir du titane  $\geq 5 \times C$  jusqu'à 0,8% maximum pour stabilisation et être marqué de manière appropriée conformément à 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 de manière appropriée conformément à ce tableau.

i) 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.

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

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

NOTA : Les désignations, marquages, étiquetages et caractéristiques mécaniques des vis et goujons en acier inoxydable sont régis par la norme ISO 3506-1 et pour les écrous par la norme ISO 3506-2. Ces deux normes sont actuellement en révision ; leur publication est programmée pour 2016 / 2017.

### 3) Annexe C : Principales nuances utilisées pour la fabrication des éléments de fixation en acier inoxydable

(NF E 25-033 / NF A 35-602 / NF EN 10088-1 / NF EN 10095 / DIN 267 Teil 11) :

| Groupe de composition  | Nuance   | Désignation française  | Désignation allemande   | N°   | Etats-Unis AISI                      |                    |     |
|--|--|--|---|--|--------------------------------------|--------------------|-----|
| AUSTÉNITIQUES  | A1   | Z10CNF18.09<br>Z12CN18.09  | X10CrNi18-8   | 1.4310                                       | 301                                  |                    |     |
|  | A2   | Z8CNF18.09   | X3CrNiCu18-9-4  | 1.4567                                       | 302HQ                                |                    |     |
|  |  | Z2CN18.10  | X8CrNiS18-9   | 1.4305                                       | 303                                  |                    |     |
|  |  | Z7CN18.09  | X5CrNi18-10   | 1.4301                                       | 304                                  |                    |     |
|  |  | Z6CNNb18.10  | X6CrNiNb18-10   | 1.4550                                       | 347                                  |                    |     |
| Z2CNU18.09<br>Z2CNU18.10<br>Z4CN18.12<br>Z3CN19.11<br>Z5CN18.11 FF |  | X2CrNi19-11<br>X4CrNi18-12<br>X2CrNi18-09  | 1.4306<br>1.4303<br>1.4304<br>1.4329<br>1.4307                    | 304L<br>305<br><br>304L                      |                                      |                    |     |
| A4   | Z2CND17.12<br>Z6CND17.11<br>Z4CNUD17.11<br>Z3CND17.11.02<br>Z7CND17.12.02<br>Z6CNDT17.12<br>Z6CNDNb17.12<br>Z3CND18.14.03<br>Z6CND18.12.03 | X2CrNiMo17-12-2<br>X5CrNiMo17-12-2<br>X6CrNiMoTi17-12-2<br>X6CrNiMoNb17-12-2<br>X2CrNiMo18-14-3<br>X3CrNiMo17-13-3 | 1.4404<br>1.4401<br>1.4571<br>1.4580<br>1.4435<br>1.4436          | 316L<br>316<br>316Ti<br>316Cb<br>316L<br>316 |                                      |                    |     |
|  | REFRACTAIRE  | Z15CNS25-20<br>Z8CN25-20<br>Z6CNT18.10   | X15CrNiSi25-20<br>X8CrNi25-21<br>X6CrNiTi18-10                    | 1.4841<br>1.4845<br>1.4541                   | 310<br>310S<br>321                   |                    |     |
|  | MARTENSITIQUES   | C1   | Z6C13<br>Z12C13<br>Z20C13<br>Z30C13<br>Z10C13<br>Z33C13<br>Z44C14 | X20Cr13<br>X12Cr13<br>X30Cr13<br>X46Cr13     | 1.4021<br>1.4006<br>1.4028<br>1.4034 | 420<br>410<br>420F |     |
|  |  |  | C3  | Z15CN16.02<br>Z6CNU17.04                     | X17CrNi16-2                          | 1.4057             | 431 |
|  |  |  | C4  | Z12CF13<br>Z30CF13<br>Z11CF13                | X12CrS13                             | 1.4005             | 416 |