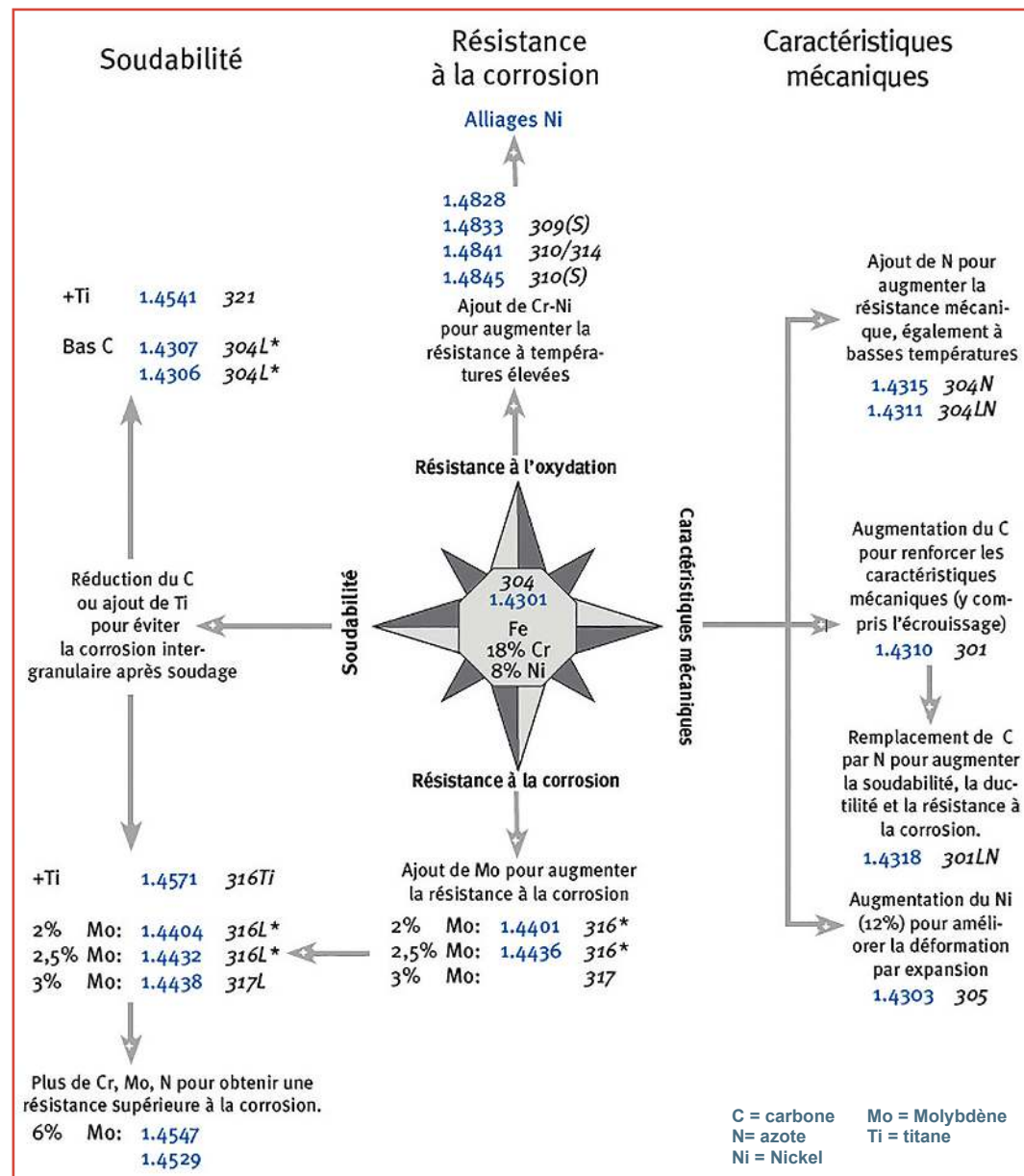


## GÉNÉRALITÉS

Selon la NFE EN 10020, un acier inoxydable est un acier contenant au minimum 10,5 % de chrome et au maximum 1,2 % de carbone.

L'acier inoxydable est donc un alliage de fer et d'éléments qui lui confèrent des caractéristiques particulières.



Source : Euro inox.

L'une des propriétés les plus importantes des aciers inoxydables, dits "inox", est leur 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 d'oxydes riche 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 (cf. passivation p. 31).

## CARACTÉRISTIQUES CHIMIQUES

### I. Description des groupes et nuances d'aciers inoxydables

#### 1. Les aciers inoxydables austénitiques (nuances A1 à A5)

Ils sont 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 (faculté à s'aimer) 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.
- 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.
- Température d'emploi admise dans le métier entre - 200 °C et + 400 °C (température constante).

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

| Groupe de composition | Nuance d'acier | Composition chimique <sup>a</sup> fraction massive, % |    |     |       |             |           |       |           |             | Notes de bas de tableau |
|-----------------------|----------------|---|----|-----|-------|-------------|-----------|-------|-----------|-------------|-------------------------|
|                       |                | 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 | 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   | 4           | 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)                    |

Norme ISO 3506-1.

- Sauf indication contraire, les valeurs sont maximales.
- Le soufre peut être remplacé par le sélénium.
- Si Ni < 8 %, le Mn minimum doit être 5 %.
- Pas de limite minimale pour la teneur en Cu pourvu que la teneur en Ni soit > 8 %.
- 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.
- Si la teneur en Cr < 17 %, il convient que la teneur minimale en Ni soit de 12 %.
- Pour les aciers inoxydables austénitiques à la teneur maximale en C de 0,03 %, la teneur en azote est limitée à 0,22 %.

- 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.
- 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.

| Groupe de composition | Nuance d'acier  | Désignation française | Désignation allemande | N°     | États-Unis AISI |
|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|--------|-----------------|
| Austénitique          | A1              | Z10CNF18.09           | X10CrNi18-8           | 1.4310 | 301             |
|                       |                 | Z12CN18.09            |                       |        |                 |
|                       | A2              |                       | X3CrNiCu18-9-4        | 1.4567 | 302HQ           |
|                       |                 | Z8CNF18.09            | X8CrNiS18-9           | 1.4305 | 303             |
|                       |                 | Z2CN18.10             |                       |        |                 |
|                       |                 | ZCN18.09              | X5CrNi18-10           | 1.4301 | 304             |
|                       |                 | Z6CNNb18.10           | X6CrNiNb18-10         | 1.4550 | 347             |
|                       |                 | Z2CNU18.09            |                       |        |                 |
|                       |                 | Z2CNU18.10            |                       |        |                 |
|                       |                 | Z4CN18.12             |                       |        |                 |
|                       |                 | Z3CN19.11             | X2CrNi19-11           | 1.4306 | 304L            |
|                       |                 | Z5CN18.11 FF          | X4CrNi18-12           | 1.4303 | 305             |
|                       |                 |                       | 1.4304                |        |                 |
|                       |                 |                       | 1.4329                |        |                 |
|                       | Z3CN18.10       | X2CrNi18-09           | 1.4307                | 304L   |                 |
|                       | A4              | Z2CND17.12            |                       |        |                 |
|                       |                 | Z6CND17.11            |                       |        |                 |
|                       |                 | Z4CNUD17.11           |                       |        |                 |
|                       |                 | Z3CND17.11.02         | X2CrNiMo17-12-2       | 1.4404 | 316L            |
|                       |                 | Z7CND17.12.02         | X5CrNiMo17-12-2       | 1.4401 | 316             |
|                       |                 | Z6CNDT17.12           | X6CrNiMoTi17-12-12    | 1.4571 | 316Ti           |
|                       |                 | Z6CNDNb17.12          | X6CrNiMoNb17-12-2     | 1.4580 | 316Cb           |
|                       |                 | Z3CND18.14.03         | X2CrNiMo18-14-3       | 1.4435 | 316L            |
| Z6CND18.12.03         | X3CrNiMo17-13-3 | 1.4136                | 316                   |        |                 |
| Réfractaire           | Z15CNS25-20     | X15CrNiSi25-20        | 1.4841                | 310    |                 |
|                       | Z8CN25-20       | X8CrNi25-21           | 1.4845                | 310S   |                 |
|                       | Z6CNT18.10      | X6CrNiTi18-10         | 1.4541                | 321    |                 |

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

#### A. Aciers de nuance A1

Les aciers de nuance A1 sont tout spécialement destinés à l'usinage. En raison du 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.

#### B. 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...

#### C. Aciers de nuance A3

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

#### D. 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.

#### E. Aciers de nuance A5

Les aciers de nuance A5 sont des aciers stabilisés "résistants aux acides".

## 2. Les aciers inoxydables martensitiques (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 (toutefois inférieure aux aciers inoxydables austénitiques) 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.

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 | Nuance d'acier | Composition chimique <sup>a</sup> fraction massive, % |    |     |      |             |           |     |           |    | Notes de bas de tableau |
|-----------------------|----------------|---|----|-----|------|-------------|-----------|-----|-----------|----|-------------------------|
|                       |                | C   | Si | Mn  | P    | S           | Cr        | Mo  | Ni        | Cu |                         |
| 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             | 0,08 à 0,15   | 1  | 1,5 | 0,06 | 0,15 à 0,35 | 12 à 14   | 0,6 | 1         | -  | b) i)                   |

Norme ISO 3506-1.

a) Sauf indication contraire, les valeurs sont maximales.

b) Le soufre peut être remplacé par le sélénium.

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.

| Groupe de composition | Nuance d'acier | Désignation française | Désignation allemande | N°     | Etats-Unis AISI |
|-----------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|--------|-----------------|
| Martensitique         | C1             | Z6C13                 |                       |        |                 |
|                       |                | Z12C13                |                       |        |                 |
|                       |                | Z20C13                | X20Cr13               | 1.4021 | 420             |
|                       |                | Z30C13                |                       |        |                 |
|                       |                | Z10C13                | X12Cr13               | 1.4006 | 410             |
|                       |                | Z33C13                | X30Cr13               | 1.4028 | 420F            |
|                       | Z44C14         | X46Cr13               | 1.4034                |        |                 |
|                       | C3             | Z15CN16.02            | X17CrNi16-2           | 1.4057 | 431             |
|                       |                | Z6CNU17.04            |                       |        |                 |
|                       | C4             | Z12CF13               |                       |        |                 |
|                       |                | Z30CF13               |                       |        |                 |
| Z11CF13               |                | X12CrS13              | 1.4005                | 416    |                 |

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

### A. 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. 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.

### C. 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. Informations

### 1. Avertissement sur le zingage électrochimique

**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...**

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 telles 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. Les produits de fixation en acier zingué proposés par Acton sont approvisionnés avec dégazage impératif.

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 (Dacromet, Depton, Geomet...) ou choisir des produits non revêtus de type acier inoxydable.

### 2. 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 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 être réduite grâce à l'apport de différents types de traitements tels que :

- décontamination, passivation : rendre aux surfaces leur homogénéité et reconstituer le film de passivité,
- revêtement de lubrification réduisant 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,

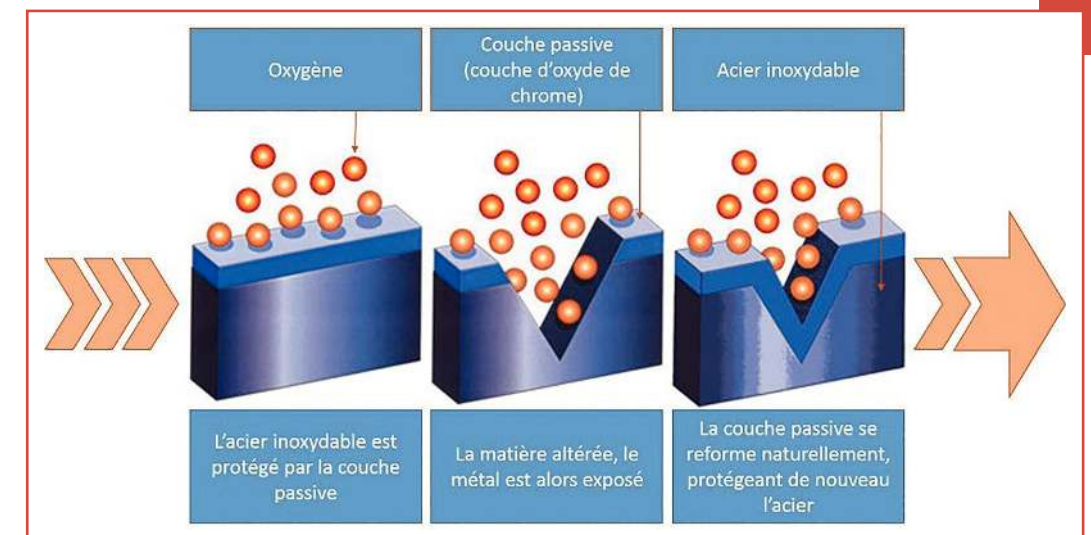
- les revêtements de type Molykote (contenant du bisulfite de molybdène) ou PTFE (Téflon),
- utiliser une vis d'une nuance et un écrou d'une autre nuance n'évite pas réellement les risques de grippage.

Source Id inox.

### 3. Passivation

Faculté de l'acier inoxydable à s'autoprotéger par la formation spontanée à sa surface d'un

film d'oxydes riche de chrome, appelé "couche passive".



La passivation.

### 4. Brouillard salin

**La résistance à la corrosion des éléments de fixation en acier inoxydable dépend essentiellement de la couche de passivation : formation à la surface du métal, d'une fine couche d'oxyde de chrome.**

L'importance de la protection varie en fonction de l'épaisseur du film, de son homogénéité, de son adhérence et de la diffusion de l'oxygène et du métal à l'intérieur de l'oxyde. Mais aussi de l'état de surface de l'élément de fixation (présence de petites particules ferreuses, de défauts... inhérents aux différents procédés de fabrication utilisés).

Pour résister à la corrosion un élément de fixation en acier inoxydable doit être :

- décapé : élimination des éléments chimiques perturbateurs de la surface (ex : petites particules ferreuses...),
- passivé : on peut donc considérer qu'une pièce correctement décapée et passivée présentera une excellente résistance à la corrosion.

Tenue au brouillard salin (à titre indicatif) de :

- l'inox A2 : se situe entre 200 h et 600 h,
- l'inox A4 : se situe entre 600 h et 1000 h

Cependant, il n'existe pas à ce jour de technique permettant de fabriquer une pièce parfaite, exempte de petites particules ferreuses ou de défauts de surface.

## 5. 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.

## 6. Corrosion

La corrosion est une attaque destructive plus ou moins rapide du matériau sous l'action physique chimique ou électrochimique des milieux qui l'environnent. Les métaux et alliages sont particulièrement exposés en surface, principalement, mais aussi dans la masse par cavitation ou par corrosion intergranulaire.

### Trois types de corrosion

- Chimique : réaction hétérogène entre un métal et une phase gazeuse ou liquide non électrolyte.
- Biochimique ou bactérienne : les bactéries absorbent et transforment les sels et minéraux, provoquant l'apparition de produits agressifs (acides).
- Electrochimique : de loin la plus fréquente, la plus dangereuse pour les métaux. Elle nécessite la présence d'un électrolyte et d'un milieu hétérogène entraînant une formation de "piles". Un courant électrique circule entre les zones cathodes et les zones anodes qui sont attaquées.

Il n'y a donc pas véritablement de règle concernant la résistance à la corrosion d'un acier inoxydable. L'apparition de points de rouille avant 200 ou 600 h est possible si le décapage ou la passivation n'ont pas permis d'obtenir un résultat satisfaisant, mais il s'agira d'une corrosion esthétique localisée qui n'affectera pas les caractéristiques mécaniques de l'élément de fixation.

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).

### Modes de destruction par corrosion

La corrosion se traduit par :

- une diminution de poids,
- une altération de la surface attaquée,
- un affaiblissement des propriétés mécaniques.

### Trois facteurs de corrosion

Les facteurs de corrosion sont très nombreux et de natures très diverses :

Facteurs liés au milieu :

- nature du milieu, composition chimique, impuretés,
- PH, température, pression, mouvement, viscosité,
- résistivité, éclairage, présence de micro-organismes.

### Facteurs liés à la pièce, au matériau

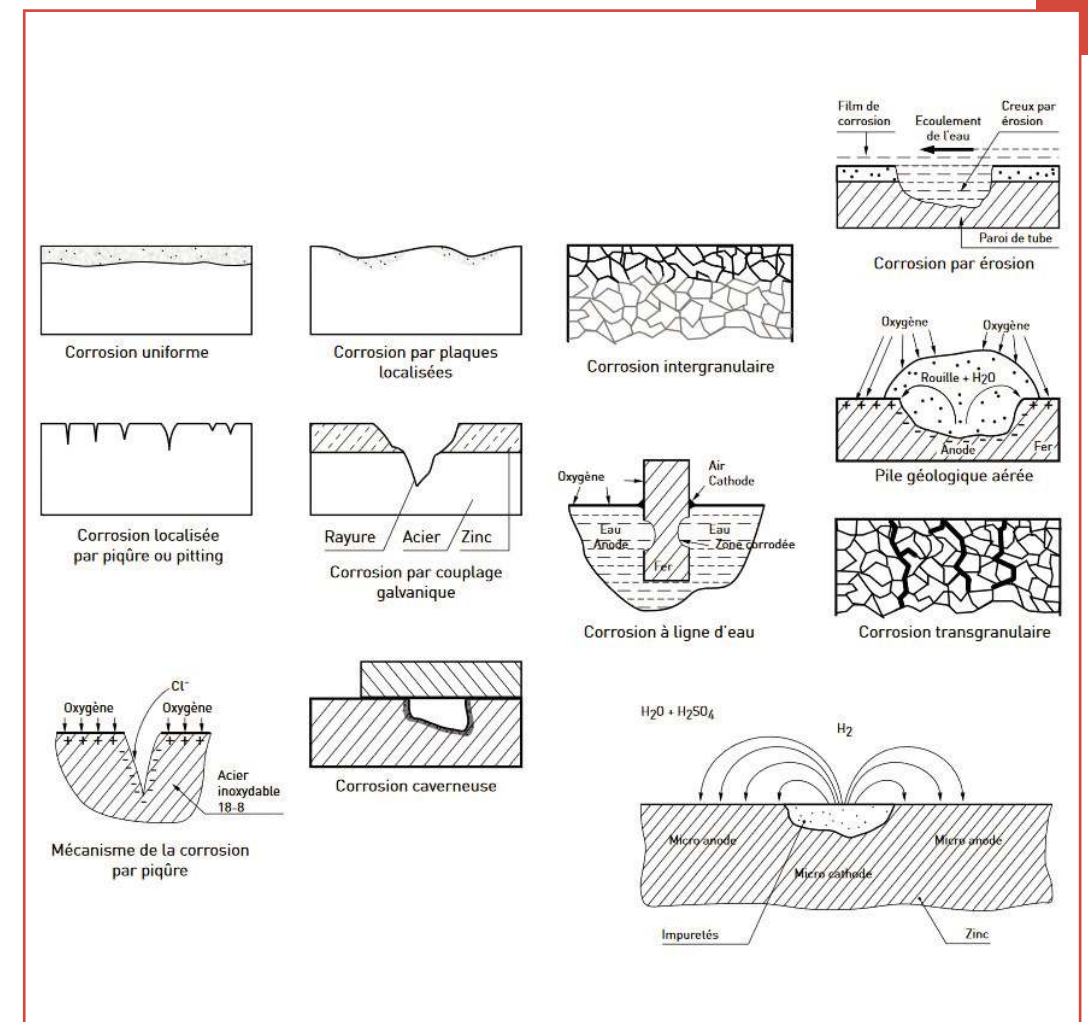
- Analyse chimique, degré de pureté, structure cristalline.
- Nature et morphologie des constituants.
- Contraintes mécaniques, tensions internes.
- Résistivité, état de surface (microgéométrie).
- Tracé, formes, mode d'obtention (assemblage).
- Présence de gaz inclus dans l'alliage.

### Facteurs liés aux conditions d'emploi

- Contraintes mécaniques appliquées (fatigue, corrosion).
- Orientation de la pièce par rapport aux courants liquides.
- Mouvement de la pièce dans le milieu.
- Voisinage d'autres pièces, leur nature métallique.
- Potentiel de la pièce par rapport au milieu, aux autres pièces.
- Rapport des volumes, pièce/milieu, température.

### Corrosion galvanique

Risque de corrosion du fait du couple électrochimique entre les matériaux et/ou les revêtements en contact lors d'un assemblage hétérogène.





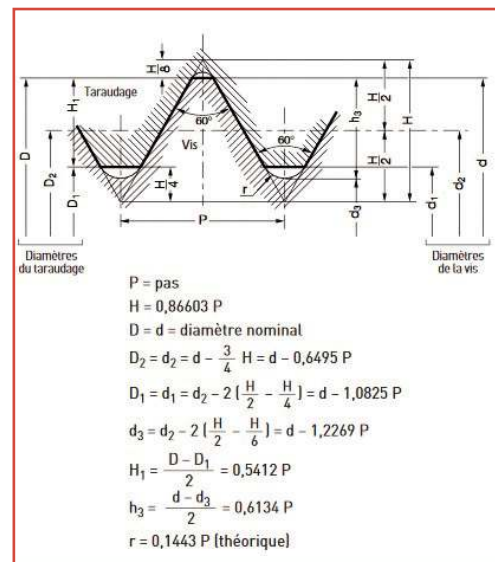
## LES FILETAGES

Opération de mise en forme hélicoïdal réalisé sur une tige, un tube, un écrou ou dans l'alésage d'une pièce mécanique, afin de permettre sa fixation.

### Filetage ou taraudage

- Une vis est filetée, un écrou est taraudé.
- Le pas de vis correspond à la distance relative parcourue en translation par une vis par rapport à son écrou lors d'un tour complet. Par exemple, une vis avec un pas de 1,25 avancera de 1,25 mm lors de la rotation d'un tour pour un pas métrique.
- Le terme "pas de vis" est souvent utilisé à tort pour désigner les filets.
- Pour les produits de boulonnerie, il existe une multitude de pas : ISO (fins et gros), américains (UNC, UNF...), gaz, Anglais (BSW), trapézoïdales...
- Nous nous attarderons sur le pas le plus courant : Métrique ISO gros à profil triangulaire à 60°.

### Profil de base NF EN ISO 68



### Correspondances simplifiées diamètre / pas métrique ISO gros

| Diamètre nominal | Pas  | Diamètre nominal | Pas |
|------------------|------|------------------|-----|
| 1                | 0,25 | 14               | 2   |
| - 1,1            | 0,25 | 16               | 2   |
| 1,2              | 0,25 | 18               | 2,5 |
| 1,4              | 0,3  | 20               | 2,5 |
| 1,6              | 0,35 | 22               | 2,5 |
| 1,8              | 0,35 | 24               | 3   |
| 2                | 0,4  | 27               | 3   |
| 2,2              | 0,45 | 30               | 3,5 |
| 2,5              | 0,45 | 33               | 3,5 |
| 3                | 0,5  | 36               | 4   |
| 3,5              | 0,6  | 39               | 4   |
| 4                | 0,7  | 42               | 4,5 |
| - 4,5            | 0,75 | 45               | 4,5 |
| 5                | 0,8  | 48               | 5   |
| 6                | 1    | 52               | 5   |
| - 7              | 1    | 56               | 5,5 |
| 8                | 1,25 | 60               | 5,5 |
| 10               | 1,5  | 64               | 6   |
| 12               | 1,75 |                  |     |

Diamètres proposés par Acton

### Tolérances du profil de filetage

Pour les diamètres stockés par Acton et selon la NF EN ISO 965, la tolérance des éléments filetés sera 6g et celle des éléments taraudés sera 6H.

## CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

Les caractéristiques indiquées ci-après concernent des éléments de fixation fabriqués avec des nuances austénitiques et martensitiques 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.

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.

### I. Pour les vis et les goujons

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

- de diamètre nominal de filetage  $d \leq 39 \text{ mm}$ ,
- 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.

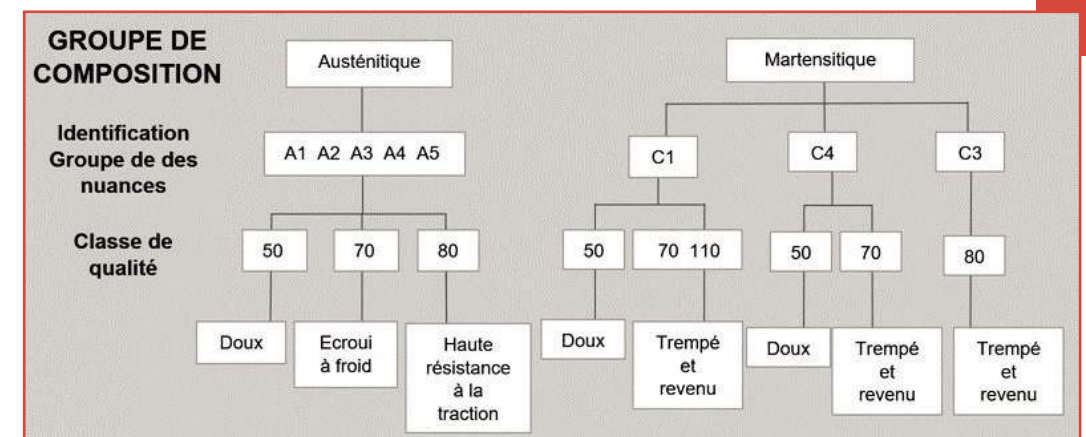
#### 1. Vis

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  $d \geq 5 \text{ mm}$  doivent être clairement marquées. Le marquage doit inclure la nuance d'acier et la classe de qualité.

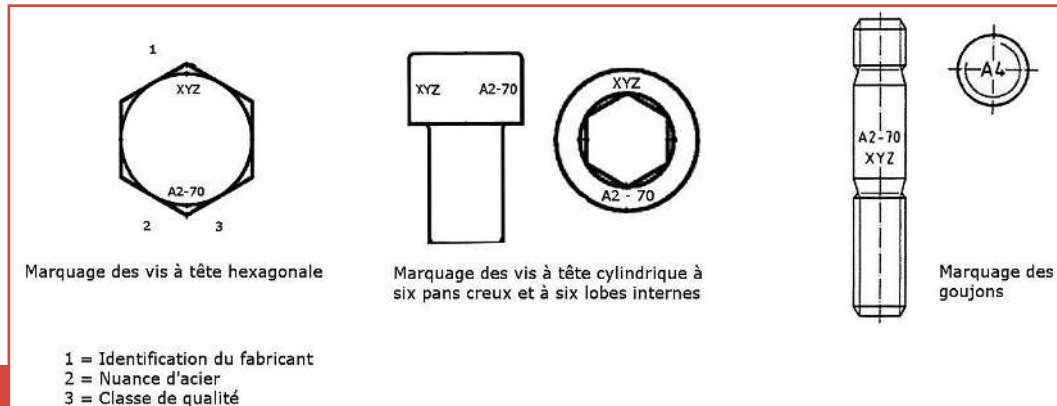
#### 2. Goujons

Les goujons de diamètre nominal de filetage  $d \geq 6 \text{ mm}$  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.



Norme ISO 3506-1.



**Caractéristiques mécaniques pour vis et goujons - Nuances d'acier austénitique**

| Groupe de composition | Nuances d'acier    | Classe de qualité | Résistance à la traction Rm <sup>a</sup> min MPa | Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 % Rp 0.2 <sup>a</sup> min MPa | Allongement après rupture A <sup>p</sup> min mm |
|-----------------------|--------------------|-------------------|--|---|---|
| Austénitique          | A1, A2, A3, A4, A5 | 50                | 500  | 210   | 0.6 d   |
|                       |                    | 70                | 700  | 450   | 0.4 d   |
|                       |                    | 80                | 800  | 600   | 0.3 d   |

Norme ISO 3506-1.

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

b) À déterminer conformément à l'ISO 5506 - 7.2.4 selon la longueur réelle de la vis et non sur une éprouvette préparée.

**Couple de rupture minimal**

MBmin - 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, Mb (min. 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  |

Norme ISO 3506-1.

**Résistance au cisaillement**

La norme Iso 3504-01 ne définit pas le cisaillement, se référer à la norme Française NF E25-015 ci-dessous.

| Résistance minimale au cisaillement x section résistante minimale N.mm <sup>2</sup> | Classe de qualité           |                             |                             |                             |                             |                             |                             |
|---|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|   | 45                          | 50                          | 60                          | 70                          | 80                          | 100                         | 110                         |
| Dans le filetage F <sub>th<sup>a</sup> min.</sub>                                   | 270 x A <sub>s, nom.</sub>  | 300 x A <sub>s, nom.</sub>  | 360 x A <sub>s, nom.</sub>  | 420 x A <sub>s, nom.</sub>  | 480 x A <sub>s, nom.</sub>  | 600 x A <sub>s, nom.</sub>  | 660 x A <sub>s, nom.</sub>  |
| Dans la partie lisse F <sub>dsb min.</sub>  | 270 x A <sub>ds, nom.</sub> | 300 x A <sub>ds, nom.</sub> | 360 x A <sub>ds, nom.</sub> | 420 x A <sub>ds, nom.</sub> | 480 x A <sub>ds, nom.</sub> | 600 x A <sub>ds, nom.</sub> | 660 x A <sub>ds, nom.</sub> |

<sup>a</sup> La résistance au cisaillement dans le filetage est calculée comme suit F<sub>th<sup>a</sup> min.</sub> = S<sub>th</sub> x A<sub>s, nom.</sub> avec S<sub>th</sub> = 0,6 x R<sub>m min.</sub>  
<sup>b</sup> La résistance au cisaillement dans la partie lisse est calculée comme suit F<sub>ds min.</sub> = S<sub>ds</sub> x A<sub>ds, nom.</sub> avec S<sub>ds</sub> = 0,6 x R<sub>m min.</sub>

Les valeurs de A<sub>s, nom.</sub> doivent être conformes à celles de la NF EN ISO 3506-1.

A<sub>ds, nom.</sub> doit être calculée à partir des dimensions spécifiées ans la norme de produits ou spécification.

**II. Pour les écrous**

Les caractéristiques mécaniques qui suivent sont appliquées aux écrous :

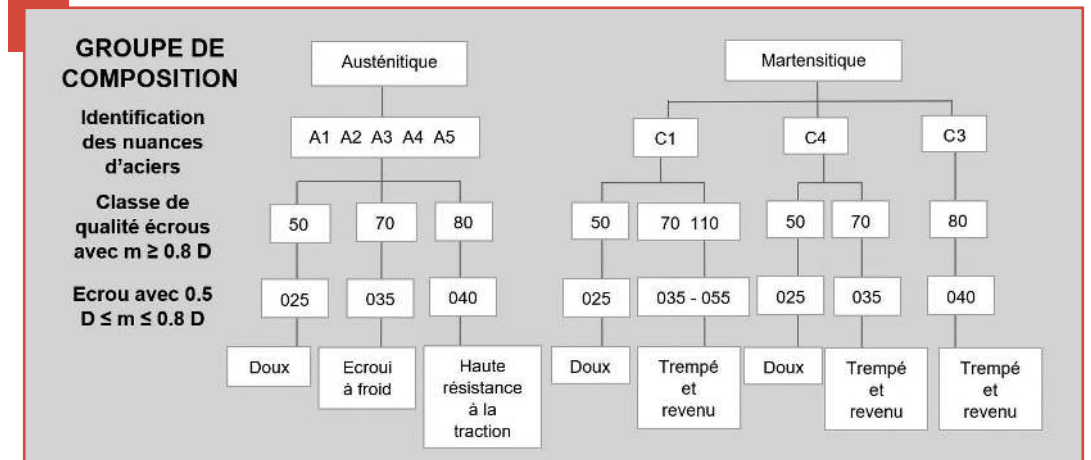
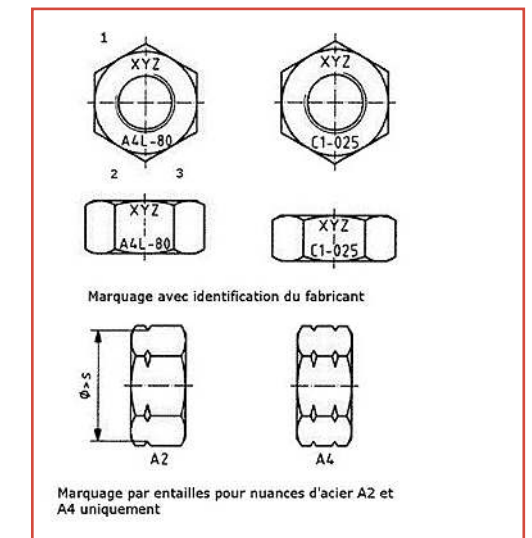
- de diamètre nominal de filetage D ≤ 39 mm,
- à filetage métrique ISO triangulaire dont le diamètre et le pas sont conformes à l'ISO 68-1, à l'ISO 261 et à l'ISO 262,
- de forme quelconque,
- avec des cotes surplats telles que spécifiées dans l'ISO 272,
- dont la hauteur nominale m ≥ 0,5 D.

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

- la capacité de freinage,
- la soudabilité.

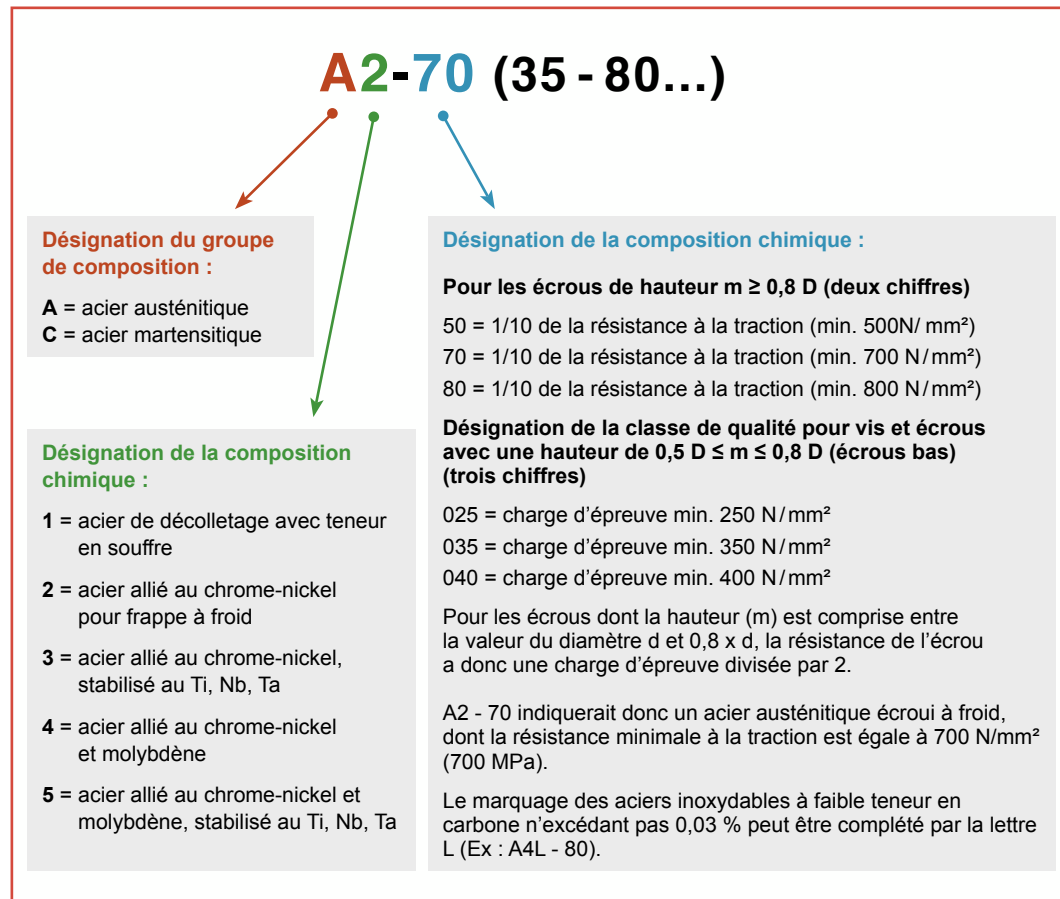
Le marquage est obligatoire sur les écrous de diamètre nominal de filetage d ≥ 5 mm. Il doit inclure la nuance et la classe de qualité de l'acier. Le marquage d'une seule face de l'écrou est acceptable et doit être en creux uniquement lorsqu'il est appliqué sur la face de contact de l'écrou.

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.



Norme ISO 3506-2.

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

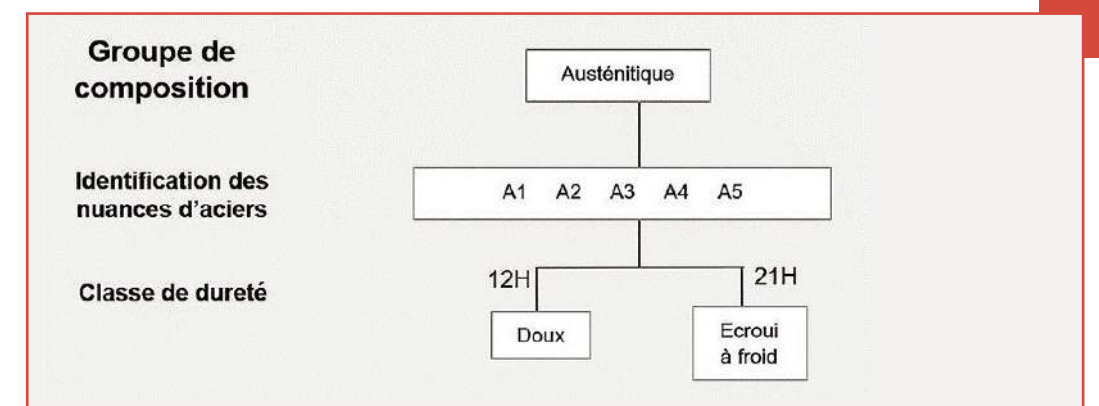


### Caractéristiques mécaniques pour écrous - Nuances d'acier austénitique

| Groupe de composition | Nuances d'acier    | Classe de qualité          |                                    | Résistance à la charge d'épreuve SP min MPa |                                    |
|-----------------------|--------------------|----------------------------|------------------------------------|---|------------------------------------|
|                       |                    | Écrous avec $m \geq 0,8 D$ | Écrous avec $0,5 D \leq m < 0,8 D$ | Écrous avec $m \geq 0,8 D$                  | Écrous avec $0,5 D \leq m < 0,8 D$ |
| Austénitique          | A1, A2, A3, A4, A5 | 50                         | 025                                | 500   | 250                                |
|                       |                    | 70                         | 035                                | 700   | 350                                |
|                       |                    | 80                         | 040                                | 800   | 400                                |

Norme ISO 3506-2.

### III. Pour les vis sans tête



Norme ISO 3506-3.

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 |      |
|--------------------------------------|--|-------------|--------------|----------------|------------------|------|
|                                      | Bout plat  | Bout pointu | Bout à téton | Bout à cuvette | 12 H             | 21 H |
| 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>1/10</sup>° de la dureté minimale Vickers suivi de la lettre H indiquant la dureté.

### Désignation des classes de dureté en fonction de la dureté Vickers

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

Norme ISO 3506-3.

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



## IV. 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 égale ou supérieure aux valeurs minimales de couples données dans le tableau suivant pour la classe de qualité considérée.

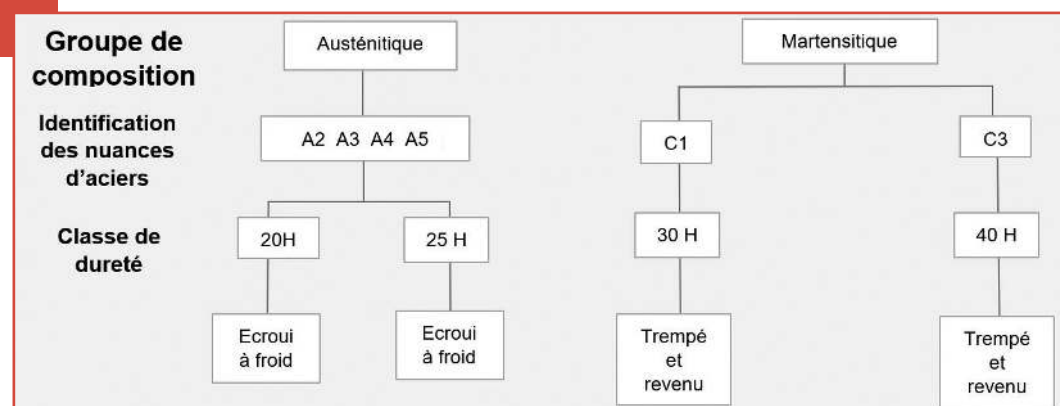
### 2. Capacité de formage du filetage

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 plus d'information, se reporter au chapitre des vis à tôle.

Le marquage des vis à tôle n'est pas obligatoire.



Norme ISO 3506-4. 1/10<sup>e</sup> de la dureté minimale Vickers suivi de la lettre H indiquant la dureté.

| Filetage | Couple de rupture, Mb (min. Nm.) |      |      |      |
|----------|----------------------------------|------|------|------|
|          | Classe de dureté                 |      |      |      |
|          | 20 H                             | 25 H | 30 H | 40 H |
| 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 |

Norme ISO 3506-4. ST = abréviation de "Spaced Thread".

| Vis      | Support alu | Support acier doux* |
|----------|-------------|---------------------|
| Inox A2  | X           |                     |
| Inox 410 | X           | X                   |
| Acier ZN | X           | X                   |

\* Entre 0,10 et 0,20 % de carbone.

Le tableau suivant, extrait de la norme ISO 3506-4, correspond aux essais de taraudage. Il peut être utilisé afin de déterminer le perçage correct des tôles.

- Vis en acier austénitique et ferritique : l'essai de taraudage est exécuté dans une plaque d'essai constituée d'un alliage d'aluminium ayant une dureté comprise entre 80 HV 30 et 120 HV 30
- Vis en acier martensitique : l'essai de taraudage est exécuté dans une plaque d'essai constituée d'un acier à teneur en carbone ne dépassant pas 0,23 % ayant une dureté comprise entre 130 HV 30 et 170 HV 30

| Filetage | Épaisseur de plaque d'essai (mm) |       | Diamètre du trou (mm) |       | Filetage | Épaisseur de plaque d'essai (mm) |       | Diamètre du trou (mm) |       |
|----------|----------------------------------|-------|-----------------------|-------|----------|----------------------------------|-------|-----------------------|-------|
|          | min.                             | max.  | min.                  | max.  |          | min.                             | max.  | min.                  | max.  |
| ST 2,2   | 1,170                            | 1,300 | 1,905                 | 1,955 | ST 4,2   | 1,850                            | 2,060 | 3,430                 | 3,480 |
| ST 2,6   | 1,170                            | 1,300 | 2,185                 | 2,235 | ST 4,8   | 3,100                            | 3,230 | 4,015                 | 4,065 |
| ST 2,9   | 1,170                            | 1,300 | 2,415                 | 2,465 | ST 5,5   | 3,100                            | 3,250 | 4,735                 | 4,785 |
| ST 3,3   | 1,170                            | 1,300 | 2,680                 | 2,730 | ST 6,3   | 4,670                            | 5,050 | 5,475                 | 5,525 |
| ST 3,5   | 1,850                            | 2,060 | 2,920                 | 2,970 | ST 8     | 4,670                            | 5,050 | 6,885                 | 6,935 |
| ST 3,9   | 1,850                            | 2,060 | 3,240                 | 3,290 |          |                                  |       |                       |       |

## V. Pour les vis autoperceuses

Devant la diversité des matériaux et alliages, un essai préalable est conseillé. Sans aucune valeur connue pour un montage sur un support en inox, nous déconseillons l'utilisation de ces nuances.

| Vis      | Support alu | Support acier doux* |
|----------|-------------|---------------------|
| Inox A2  | X           |                     |
| Inox 410 | X           | X                   |
| Bi-métal | X           | X                   |
| Acier ZN | X           | X                   |

### Longueur utile\* mini des vis autoperceuses (sans ailettes)

| Longueur / mm | Diamètre (mm) |       |               |       |       |       |       |
|---------------|---------------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|
|               | Ø 2,9         | Ø 3,5 | Ø 3,9         | Ø 4,2 | Ø 4,8 | Ø 5,5 | Ø 6,3 |
| 9,5           | 3,25          | 2,85  | Non normalisé | 4,30  | 3,70  |       |       |
| 13            | 6,60          | 6,20  |               | 7,30  | 5,80  | 5     |       |
| 16            | 9,60          | 9,20  |               | 10,30 | 8,70  | 8     | 7     |
| 19            | 12,50         | 12,10 |               | 13,30 | 11,70 | 11    | 10    |
| 22            |               | 15,10 |               | 16,30 | 14,70 | 14    | 13    |
| 25            |               | 18,10 |               | 23    | 21,50 | 21    | 20    |
| 32            |               |       |               | 29    | 27,50 | 27    | 26    |
| 38            |               |       |               |       | 34,50 | 34    | 33    |
| 45            |               |       |               |       | 39,50 | 39    | 38    |
| 50            |               |       |               |       |       |       |       |

\* Longueur utile = distance du premier filet complet à la face d'appui - ISO 15480/15481/15482/15483.

Les vis autoperceuses sont destinées à des assemblages non structurels (effort de serrage faible, pas ou peu de sollicitations en service).

Pour un perçage optimal :

- pas de fonction percussion,
- pas de pose avec outillage pneumatique ou à choc.

Vitesse de rotation inférieure à 2000 tr/min (voir norme de la pièce).

Les vis autoperceuses sont des éléments d'assemblage permettant de réaliser en une seule opération le perçage d'un avant trou correct, le taraudage par déformation et la fixation fiable.

Ce sont des vis destinées à des assemblages non structurels (effort de serrage faible, pas ou peu de sollicitations en service).



### Principales applications :

- Tôlerie.
- Conduits de chauffage et d'aération.
- Appareils ménagers.
- Carrosserie.
- Façades et bardages.
- Cadres de fenêtres et stores.

### Conditions de pose :

La pose doit être réalisée au moyen d'outils électriques en fonction vissage uniquement. L'utilisation de la fonction percussion est proscrite.

Afin que les vis aient une capacité de perçage optimale, les paramètres ci-dessous doivent être appliqués et respectés :

N.B. : le non-respect des conditions de pose peut conduire à la détérioration de la vis et/ou à une incapacité de perçage. Si la pression de montage est insuffisante lors du perçage et/ou la vitesse de rotation est trop importante, la pointe autoperceuse peut surchauffer et se dégrader, empêchant la réalisation de l'avant-trou.

| Dimension du filetage | Épaisseur maxi des plaques (mm) | Force axiale recommandée (N) | Vitesse de rotation optimale sous charge (tr/min) | Couple de rupture minimum (Nm) |
|-----------------------|---------------------------------|------------------------------|---|--------------------------------|
| ST 2.9                | 0,7 + 0,7 = 1,4                 | 150                          | entre 1 800 et 2 500                              | 1.5                            |
| ST 3.5                | 1 + 1 = 2                       | 150                          | entre 1 800 et 2 500                              | 2.8                            |
| ST 3.9                | 1 + 1 = 2                       | 150                          | entre 1 800 et 2 500                              | 3.4                            |
| ST 4.2                | 1,5 + 1,5 = 3                   | 250                          | entre 1 800 et 2 500                              | 4.5                            |
| ST 4.8                | 2 + 2 = 4                       | 250                          | entre 1 800 et 2 500                              | 6.5                            |
| ST 5.5                | 2 + 3 = 5                       | 350                          | entre 1 000 et 1 800                              | 10                             |
| ST 6.3                | 2 + 3 = 5                       | 350                          | entre 1 000 et 1 800                              | 14                             |

ST = abréviation de "Spaced Thread".

### Couple de rupture

#### Les vis autoperceuses n'ont pas vocation à remplacer des éléments de boulonnerie.

Elles n'ont donc pas les mêmes propriétés mécaniques (traction, cisaillement et torsion).

Les normes ne déterminent pas d'essais de traction et de cisaillement pour les vis autoperceuses.

Ces valeurs, qui dépendent de la nature des matériaux et des forces en présence, ne peuvent être déterminées qu'en conditions réelles d'utilisation.

Il convient donc de faire appel à un bureau d'étude pour obtenir un cahier des charges.

Le bureau d'étude va également déterminer la nature de l'élément de fixation (acier zingué, acier galvanisé, inox...) la plus adaptée dans l'environnement dans lequel cet élément de fixation sera posé.

#### Les vis autoperceuses sont destinées à des assemblages non structurels (effort de serrage faible, pas ou peu de sollicitations en service).

Pour un perçage optimal :

- pas de fonction percussion
- pas de pose avec outillage pneumatique ou à choc

Vitesse de rotation inférieure à 2000 tr/min (voir norme de la pièce).

### VI. Pour les vis à bois

#### Les vis à bois sont normalisées selon la norme NF E25-600 qui détermine les principales dimensions.

Cette norme définit également le couple de torsion minimal (voir tableau ci-dessous) mais elle ne normalise pas les résistances à l'arrachement et au cisaillement.

La résistance à l'arrachement et au cisaillement d'une vis à bois dépend directement des conditions de pose (nature du bois, taux d'humidité dans le bois, forces en présence...).

Ces valeurs ne peuvent être déterminées qu'en conditions réelles, il convient donc de faire appel à un bureau d'étude pour obtenir un cahier des charges.

Le bureau d'étude va également déterminer la nature de l'élément de fixation (acier zingué, inox...) la plus adaptée dans l'environnement dans lequel cet élément de fixation sera posé.

| Diamètre (d) | Couple de torsion minimal (Nm) | Diamètre (d) | Couple de torsion minimal (Nm) |
|--------------|--------------------------------|--------------|--------------------------------|
| 1,6          | 0,2                            | 6            | 5                              |
| 2,           | 0,3                            | 7            | 8                              |
| 2,5          | 0,4                            | 8            | 15                             |
| 3            | 0,8                            | 10           | 25                             |
| 3,5          | 1,2                            | 12           | 40                             |
| 4            | 1,5                            | 14           | 70                             |
| 4,5          | 2,5                            | 16           | 120                            |
| 5            | 3,5                            | 18           | 170                            |
| 5,5          | 4                              | 20           | 250                            |

## LE PLASTIQUE NYLON ET LE POLYÉTHYLÈNE

Le plastique n'existe pas à l'état naturel, c'est un produit de synthèse.

#### Deux grandes familles s'en dégagent :

- **Les thermoplastiques** : ils ramollissent quand on les chauffe et durcissent de nouveau en refroidissant.
- **Les thermodurcissables** : ils résistent à la chaleur mais sont détruits sans fondre si l'on élève trop la température.

#### Leurs avantages

- 7 fois moins lourd que l'acier : gain de poids ou de masse.
- Résistance thermique, mécanique et chimique.
- Excellent isolant électrique.
- Le recyclage permet une réutilisation chimique ou une valorisation énergétique.
- Inoxydable : tant à l'eau douce, l'eau de mer, le brouillard salin...
- Supprime le risque de corrosion.
- Un risque de grippage très limité.

#### Polyamide PA 6.6. : appellation commerciale "nylon"

Un polyamide est un polymère contenant la fonction amide N-H-C=O, résultant de la réaction d'un acide et d'une amine.

Densité = 1,14 g/cm<sup>3</sup>.

#### Caractéristiques thermiques

- Point de fusion : 255 °C.
- T° maximum d'utilisation maxi en continu: 120 °C.
- T° minimum d'utilisation : - 30 °C.

| Eau froide | Eau chaude   | Acides dilués    | Acides concentrés | Acides oxydants | Acides organiques | Acides fluorhydriques | Acides aminés |
|------------|--------------|------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|---------------|
| Vert       | Orange       | Rouge            | Rouge             | Rouge           | Orange            | Rouge                 | Vert          |
| Ether      | Térébenthine | Huiles minérales | Alcool            | Essence         | Graisses, huiles  | Ester                 | Cétone        |
| Vert       | Orange       | Vert             | Vert              | Vert            | Rouge             | Vert                  | Vert          |

#### PE-HD : appellation polyéthylène de haute densité

Le PE-HD est obtenu par polymérisation cationique catalysée de l'éthylène.

Densité = 0,95 g/cm<sup>3</sup>.

#### Caractéristiques thermiques

- Point de fusion : 135 °C.
- T° maximum d'utilisation maxi en continu : 80 °C.
- T° minimum d'utilisation : - 40 °C h.

| Eau froide | Eau chaude   | Acides dilués    | Acides concentrés | Acides oxydants | Acides organiques | Acides fluorhydriques | Acides aminés |
|------------|--------------|------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|---------------|
| Vert       | Vert         | Vert             | Vert              | Rouge           | Vert              | Orange                | Vert          |
| Ether      | Térébenthine | Huiles minérales | Alcool            | Essence         | Graisses, huiles  | Ester                 | Cétone        |
| Vert       | Orange       | Vert             | Vert              | Orange          | Vert              | Vert                  | Vert          |

Vert Bonne résistance    Orange Résistance limitée    Rouge Non résistant