

Cet article concerne la sélection et le calcul des fixations en acier inoxydable conformément à l'Eurocode 3. Elle fait suite à une première note qui revenait sur ces fixations dans le contexte de la publication de la nouvelle version de l'ISO 3506.

Généralités sur l'usage des fixations inox dans la construction

L'Eurocode 3 partie 1-4 [2] considère uniquement l'usage de fixations en acier inoxydable austénitique et duplex (austéno-ferritique), sans limitation de grade. Les fixations en acier inoxydables ferritiques ou martensitiques ne sont donc pas couvertes par l'Eurocode.

Seules les classes de qualité 50, 70 et 80 sont explicitement évoquées dans la version en vigueur. La classe 100 n'était pas encore normalisée au moment de la rédaction de l'Eurocode.

Note : Le projet de révision de l'Eurocode [4] prévoit d'inclure la classe 100.

La norme NF EN 15048 [6] couvre actuellement la réalisation de boulons SB dans les grades A2, A3, A4 et A5 et dans les classes de qualité 50, 70 et 80, en cohérence avec les limitations de l'Eurocode et de la précédente version de la NF EN ISO 3506.

Note : Les boulons précontraints en acier inoxydables ne sont pas couverts par la NF EN 14399 [7]. L'Eurocode 3 partie 1-4 [2] précise d'ailleurs que des boulons précontraints inox ne sont utilisables que si leur aptitude à la mise en précontrainte a été spécifiquement démontrée par essai. En effet, la relation couple – tension est plus complexe à maîtriser pour les fixations en acier inoxydable. Des travaux sont toutefois en cours à ce sujet.

Sélection des fixations inox conformément à l'Eurocode 3 partie 1-4 [2]

L'annexe A de l'Eurocode 3 partie 1-4 [2], dans sa version modifiée par l'amendement A1 de 2015, propose une méthode de sélection des nuances d'acier inoxydable en vue d'assurer une durabilité satisfaisante.

Cette méthode prend en compte le risque d'exposition à des chlorures d'eau salé ou des sels de dégivrage (F_1), le risque d'exposition au dioxyde de soufre (F_2) ainsi que les conditions de nettoyage ou exposition au lavage par la pluie (F_3). La démarche consiste à déterminer un facteur de résistance à la corrosion noté FRC :

$$FRC = F_1 + F_2 + F_3$$

Les termes F_1 , F_2 et F_3 sont décrits dans le Tableau 1, le Tableau 2 et le Tableau 3, respectivement.

Description de l'environnement	Terme F_1
Environnement intérieur contrôlé	1
Faible risque d'exposition : $M > 10$ km ou $S > 100$ m	0
Risque moyen d'exposition : 1 km $< M \leq 10$ km ou 10 m $< S \leq 100$ m	-3
Risque élevé d'exposition : 250 m $< M \leq 1$ km ou $S \leq 10$ m	-7
Risque très élevé d'exposition (sels) : Tunnels routiers où le sel de dégivrage est utilisé ou peut être apporté par les véhicules	-10
Risque très élevé d'exposition (mer) : Toutes les côtes de France métropolitaine avec $M \leq 250$ m.	-15
M = distance à la mer. S = distance à la route avec sels de dégivrage.	

Tableau 1 : Terme de risque d'exposition à des chlorures d'eau salée ou de sels de dégivrage F_1 [2]

Description de l'environnement	Terme F_2
Faible risque d'exposition : concentration moyenne $SO_2 < 10 \mu g/m^3$	0
Risque moyen d'exposition : concentration moyenne $10 \mu g/m^3 \leq SO_2 < 90 \mu g/m^3$	-5
Risque élevé d'exposition : concentration moyenne $90 \mu g/m^3 \leq SO_2 < 250 \mu g/m^3$	-10
Note : Dans les environnements des côtes européennes, la concentration en SO_2 est généralement faible. Pour les environnements intérieurs, la concentration en SO_2 est faible ou moyenne. Le classement élevé est inhabituel et associé à des sites industriels importants ou des environnements spécifiques tels que les tunnels routiers.	

Tableau 2 : Terme de risque d'exposition au dioxyde de soufre (SO_2) F_2 [2]

Description de l'environnement	Facteur F_3
Entièrement exposé au nettoyage par la pluie, ou $F_1 + F_2 \geq 0$	0
Régime de nettoyage spécifique	-2
Aucun lavage par la pluie ou aucun nettoyage spécifique	-7
Note : Si l'élément doit être régulièrement inspecté pour déceler tout signe de corrosion et nettoyé, il convient d'en informer l'utilisateur par écrit. Le type d'inspection, la méthode de nettoyage et la fréquence doivent être précisés. Plus le nettoyage est fréquent, plus les bénéfices sont importants. La fréquence ne devrait pas être inférieure à 3 mois. Lorsqu'un nettoyage est préconisé, il doit s'appliquer à toutes les parties de la structures, et pas uniquement à celles qui sont accessibles et visibles.	

Tableau 3 : Terme lié aux conditions de nettoyage ou d'exposition au lavage par la pluie F_3 [2]

Après avoir additionné les trois termes, le FRC obtenue est associé à l'une des 5 classes de résistance à la corrosion (I, II, III, IV et V, avec une résistance croissante vis-à-vis de la corrosion), voir le Tableau 4. L'annexe A de l'Eurocode 3 partie 1-4 [2] précise également les nuances correspondant à chacune de ces classes.

Le Tableau 4 précise à quel(s) grade(s) de fixation en acier inoxydable correspond chaque classe de résistance à la corrosion, afin d'en faciliter la sélection. Il est évidemment toujours possible d'utiliser un grade plus performant.

Facteur de résistance à la corrosion	Classes de résistance à la corrosion	Grades de fixations en acier inoxydable
FRC = 1	I	A1
$0 \geq FRC > -7$	II	A2, D2, A3
$-7 \geq FRC > -15$	III	A4, D4, A5
$-15 \geq FRC > -20$	IV	D6
FRC < -20	V	A8, D8 ^a
^a L'Eurocode 3 partie 1-4 [2] Tableau A.4 exclut l'usage des nuances duplex pour les fixations en environnement de piscine intérieure. Dans ce contexte, seul le grade A8 est utilisable.		

Tableau 4 : Classes de résistance à la corrosion [2] et grades de fixation en acier inoxydable

Calcul des fixations inox conformément à l'Eurocode 3 partie 1-4 [2]

Conformément à l'Eurocode 3 partie 1-4 [2], les calculs de résistance des fixations en acier inoxydable suivent globalement les dispositions de l'Eurocode 3 partie 1-8 [5]. Les modifications à prendre en compte sont décrites ci-dessous.

Le Tableau 5 donne les valeurs nominales de la limite d'élasticité f_{yb} et de la résistance ultime en traction f_{ub} pour les fixations en acier inoxydable.

Groupes d'acier inoxydable	Classes de qualité	Limité d'élasticité f_{yb} [MPa]	Résistance ultime f_{ub} [MPa]
Austénitique et duplex (austéno-ferritique)	50	210	500
	70	450	700
	80	600	800

Tableau 5 : Valeurs nominales de f_{yb} et f_{ub} pour les fixations en acier inoxydable [2]

La résistance au cisaillement des fixations en acier inoxydable est définie comme suit dans l'Eurocode 3 partie 1-4 [2] :

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$$

Avec :

f_{ub} Résistance ultime en traction, voir le Tableau 5

γ_{M2} Coefficient partiel utilisé pour les fixation ($\gamma_{M2} = 1,25$ [2] [3])

– Si le plan de cisaillement passe par la partie filetée de la fixation :

α Coefficient valant 0,5

A Section résistante en traction A_s

– Si le plan de cisaillement passe par la partie non filetée de la fixation :

α Coefficient valant 0,6

A Section de la partie non filetée $A = \frac{\pi}{4} d^2$, avec d le diamètre nominal de la fixation

La résistance à la traction des fixations en acier inoxydable est calculée conformément à l'Eurocode 3 partie 1-8 [5] sans modification particulière :

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$$

Avec :

k_2 Coefficient valant 0,9 dans le cas général et 0,63 pour les fixations à tête fraisée

f_{ub} Résistance ultime en traction, voir le Tableau 5

γ_{M2} Coefficient partiel utilisé pour les fixation ($\gamma_{M2} = 1,25$ [2] [3])

La résistance des autres modes de ruine des assemblages boulonnés (cisaillement de bloc, poinçonnement, etc.) est évaluée sans modification par rapport à l'Eurocode 3 partie 1-8 [5], à l'exception de la résistance en pression diamétrale. Pour les plats en acier inoxydable, l'Eurocode 3 partie 1-4 [2] demande en effet de remplacer la résistance ultime du plat f_u par :

$$f_{u,red} = 0,5 f_y + 0,6 f_u \quad \text{et} \quad f_{u,red} \leq f_u$$

Références

- [1] **NF EN 1993-1-4:2007** : Eurocode 3 – Calcul des structures en acier – Partie 1-4 : règles générales – règles supplémentaires pour les aciers inoxydables. AFNOR, 2007 (y compris amendements NF EN 1993-1-4/A1:2015 et NF EN 1993-1-4/A2:2020).
- [2] **NF EN 1993-1-4/NA** : Annexe nationale à la NF EN 1993-1-4:2007. AFNOR, 2008.
- [3] **prEN 1993-1-4** : Final draft of the revision of EN 1993-1-4. CEN/TC 250/SC 3 N3248

- [4] **NF EN 1993-1-8:2005** : Eurocode 3 – Calcul des structures en acier – Partie 1-8 : Calcul des assemblages. AFNOR, 2005.
- [5] **NF EN 15048** : Boulonnerie de construction métallique non précontrainte – Toutes parties. AFNOR, 2016.
- [6] **NF EN 14399** : Boulonnerie de construction métallique à haute résistance apte à la précontrainte – Toutes parties. AFNOR, 2015 – 2018.