

COEFFICIENTS DE FROTTEMENT POUR LES ASSEMBLAGES AVEC BOULONS PRECONTRAINTS

(CTICM – fiche CMI 1-2011)

Les assemblages par boulons précontraints résistant au glissement

Les assemblages avec boulons précontraints conformes à l'EN 14399 doivent être mis en œuvre selon la norme d'exécution NF EN 1090-2 paragraphes 8 et 12.

En ce qui concerne la résistance aux efforts parallèles aux plans de contact des assemblages par boulons précontraints, la norme de calcul NF EN 1993-1-8 (paragraphes 3.4 et 3.9) permet la mobilisation de la résistance au glissement relatif entre les pièces. Pour un assemblage de la catégorie B, cette résistance au glissement est requise pour les sollicitations correspondant à l'état limite de service, et pour un assemblage de la catégorie C, elle est requise pour les sollicitations correspondant à l'état limite ultime.

Les assemblages concernés sont typiquement les assemblages de continuité par plats de « couvre-joints » des poutres ou des barres de treillis et, surtout lorsque les bâtiments concernés sont en zones sismiques, les assemblages des barres de contreventement sur goussets. Les assemblages d'éléments en acier inoxydables ne doivent pas être conçus comme résistant au glissement.

Obtenir la résistance au glissement attendue dépend étroitement d'une bonne mise en œuvre de l'assemblage concerné, ce qui exige d'abord :

- a) d'avoir des surfaces de contact assurant le coefficient de frottement attendu,
- b) puis d'être en mesure d'amener les éléments en accostage initial satisfaisant sur les surfaces de contact,
- c) et enfin, de réaliser un serrage adéquat de tous les boulons afin d'atteindre au moins la précontrainte de calcul dans chacun entre eux.

Pour vérifier que ces conditions sont réunies, une supervision avant, pendant et après le serrage des boulons est exigée.

Cette fiche donne des informations sur le coefficient de frottement. Le serrage des boulons précontraints sera le sujet d'une prochaine fiche.

Imposer un critère de « non glissement » entre les éléments assemblés vise à assurer à l'état limite choisi un fonctionnement de l'assemblage très proche d'une continuité par faite.

Cependant, une vérification de la résistance de l'assemblage à l'état limite ultime en le considérant de catégorie A comme si les boulons travaillaient en cisaillement et en pression diamétrale, est également requise aussi bien pour un assemblage de catégorie C que pour ceux de catégorie B.

Note 1 : Pour les assemblages de catégorie C, l'occurrence d'un glissement excessif n'est pas totalement exclue suite soit à un événement exceptionnel (choc, explosion, incendie, effondrement d'une fondation, etc.), soit à une erreur de mise en œuvre (un serrage inadéquat des boulons et/ou des surfaces de contact non conformes aux conditions prévues). Quelle que soit la cause du glissement éventuel, ceci ne devrait ni conduire à une ruine de l'assemblage ni provoquer une instabilité de la structure concernée. Afin de s'assurer de cela, on fait une vérification des boulons en cisaillement et pression diamétrale. À cet égard, il est rappelé qu'il est bien établi que la résistance au cisaillement d'un boulon est indépendante du niveau de la précontrainte introduite par le serrage.

Note 2 : Pour des conseils sur les choix d'utilisation des boulons précontraints et de la catégorie d'assemblage, voir les fiches techniques 4 et 5 publiées dans les CMI n° 4-2009 et CMI n° 5-2009 sous le titre : « Quand faut-il mettre en œuvre des boulons précontraints ».

Préparation des surfaces de contact

Nous rappelons ici les exigences principales du paragraphe 8.4 de la norme d'exécution NF EN 1090-2 pour ce genre d'assemblage :

- La valeur du coefficient de frottement doit en général être déterminée par des essais spécifiés dans son Annexe G.
- L'aire des surfaces de contact dans des assemblages précontraints doit être spécifiée.
- Les surfaces de contact doivent être exemptes de toute souillure, par exemple huile, saleté ou peinture.
- Les bavures susceptibles d'empêcher l'accostage précis des parties assemblées doivent être éliminées.
- Les surfaces non revêtues doivent être débarrassées de rouille ou d'autre matériau non adhérent.
- Les zones non traitées autour du périmètre de l'assemblage serré ne doivent pas être traitées avant la fin du contrôle de l'assemblage.
- On doit veiller à ne pas endommager ou polir une surface rugueuse.

Essais pour la détermination du coefficient de frottement

L'Annexe G de la norme NF EN 1090-2 décrit les essais à réaliser pour établir ce qu'elle définit comme le « coefficient de frottement nominal » entre les surfaces en contact, revêtues ou non, des pièces métalliques assemblées par des boulons précontraints, dans un assemblage résistant par frottement à une sollicitation axiale des pièces assemblées.

Des boulons spécialement instrumentés et calibrés sont utilisés afin de maîtriser avec une précision adéquate les précontraintes y régnant. On a jusqu'à trois types d'essai différents à faire dans l'ordre sur des éprouvettes type « couvre-joints » de plaques à double recouvrement assemblées par boulons précontraints.

Essai de glissement « court-terme » : au moins quatre essais sont requis, fournissant ainsi 8 valeurs du coefficient de frottement.

Essais de glissement « différé sous charge constante » : au moins un essai de ce type est requis. Partant des résultats des essais « court terme », on met une éprouvette sous une charge constante égale à 90 % de la charge de glissement prévisible. La charge est maintenue pendant une période d'au moins 3 heures. Le critère à respecter est que le glissement entre 5 minutes et 3 heures sous la charge constante ne soit pas supérieur à 0,002 mm.

Essais de fluage « prolongés » : uniquement en cas d'échec de l'essai précédent, il y a lieu de faire au moins trois essais de fluage prolongés. Il s'agit de déterminer le niveau de la charge qui ne produira pas un glissement supérieur à 0,30 mm pendant la durée de vie requise. Ce type d'essai est presque toujours requis pour les assemblages d'éléments peints.

Valeurs forfaitaires des coefficients de frottement pour certaines surfaces

Compte tenu de l'évolution des critères et procédures d'essais par rapport à ceux des anciennes normes, et des formules de peintures, il n'est pas conseillé d'adopter, pour les coefficients de frottement, des valeurs publiées il y a plus de vingt ans. Force est de constater que peu de résultats sont disponibles pour les peintures modernes, qui correspondent aux essais de la norme NF EN 1090-2.

Au tableau 18 de cette norme, reproduit ci-dessous, sont fournies pour 4 classes de surfaces, des valeurs forfaitaires du coefficient de frottement que l'on peut utiliser dans les calculs

Classifications pouvant être envisagées pour les surfaces de frottement

Traitement de surface	Classe	Coefficient de frottement μ
Surfaces grenillées ou sablées, débarrassées de toute rouille non adhérente, exemptes de piqûres.	A	0,50
Surfaces grenillées ou sablées : – puis métallisées par projection d'un produit à base d'aluminium ou de zinc, – avec une peinture au zinc silicate (alcalin) inorganique d'une épaisseur de 50 μm à 80 μm .	B	0,40
Surfaces nettoyées à la brosse métallique ou au chalumeau, débarrassées de toute rouille non adhérente.	C	0,30
Surfaces brutes de laminage.	D	0,20

Pour les surfaces galvanisées, le tableau suivant donne les valeurs proposées par le CTICM, suite à une étude réalisée dans la cadre d'une recherche financée par le Corem (n° 92-1).

Surface	Coefficient de frottement μ « court-terme » (Valeur moyenne – 2 écarts types)	Coefficient de frottement μ de calcul (prise en compte du « fluage »)
Galvanisée	0,20 à 0,25	0,10 à 0,15
Galvanisée puis Grenillée	0,33	0,165 *
Galvanisée, dégraissée, puis peinte avec une couche de peinture riche en zinc à liant époxydique	0,26	0,13 *
Galvanisée, traitement de conversion chimique, puis une couche de peinture riche en zinc à liant silicate alcalin	0,35	0,175
Galvanisée, dégraissée, puis une couche appliquée en deux passes de peinture riche en zinc à liant silicate alcalin	0,40	0,20
Galvanisée, puis grenillée (RUGOS « 2000 »), puis métallisée avec « ZINTANE »	0,65	0,50
*en l'absence de résultats précis au glissement « long-terme » (« fluage »), la valeur donnée correspond à 50% de la valeur « court-terme ».		