

Protocole d'essai

Destinataire : Pierre Bouchard, CSST
Expéditeur : Claude Sauvageau, CRIQ
Version : 1B
Date : Le 7 avril 2005
Objet : Protocole d'essai de madriers d'échafaudage neufs
Référence : Dossier CRIQ PE32971 et PE34833

1 OBJET

Les madriers d'échafaudage doivent respecter des critères de classification ainsi que des niveaux de résistance. Afin de respecter les exigences actuelles, divers équipements sont utilisés afin de vérifier la rigidité des madriers. Le présent protocole d'essai vise à s'assurer que les madriers sont inspectés adéquatement et que les divers équipements utilisés pour vérifier la rigidité des madriers en bois d'œuvre dont la portée excède 2,1 m (7 pieds) permettent d'obtenir des résultats similaires.

2 NORMES DE RÉFÉRENCE

Le présent document complète les exigences actuelles et ne réduit nullement l'obligation de respecter les normes en vigueur concernant, entre autres, le classement du bois selon les exigences de l'organisme NLGA (National Lumber Grades Authority) et les requis pour les échafaudages selon la norme CSA. Les normes suivantes doivent, entre autres, être respectées :

- CSST, Code de sécurité pour les travaux de construction, S2.1-r.6, Québec, Éditeur officiel du Québec, 2001.
- CSA, Échafaudages, Association canadienne de normalisation CAN/CSA-S269.2-M87, Rexdale, Ontario.
- CSA, Règles de calcul des charpentes en bois, Association canadienne de normalisation CAN/CSA-O86-01, Rexdale, Ontario.
- NLGA : Règles de classification pour le bois d'œuvre canadien, Colombie-Britannique, février 1996.
- NLGA SPS 1 : Norme de produits spéciaux pour le bois de charpente jointé (si applicable), Colombie-Britannique, 1996.
- ASTM, Standard Practices for Force Verification of Testing Machines, American Society for Testing and Materials, ASTM E4-96, USA.
- ASTM, Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials, American Society for Testing and Materials, ASTM D1037-96a, USA.
- ASTM, Assigning Allowable Properties for Mechanically-Graded Lumber, American Society for Testing and Materials, ASTM D6570-00a, USA.
- ISO/CEI 17025:1999 : Prescriptions générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnage et d'essais.

3 INSPECTION VISUELLE DES MADRIERS

Les madriers d'échafaudage en bois d'œuvre doivent être de qualité équivalente ou supérieure à celle de l'épinette de catégorie no 1. L'inspection des madriers doit être réalisée en considérant que les madriers sont utilisés à plat. Les madriers doivent être classifiés sur leur mauvaise face et avoir des dimensions minimales de 250 mm en largeur et de 50 mm en épaisseur. Ceux qui présentent les défauts suivants doivent être éliminés :

- Fente plus longue que 250 mm (acceptée dans les bouts seulement)
- Gerce plus longue que 250 mm (acceptée si de surface seulement)
- Fissure qui traverse le madrier
- Roulure à travers
- Déviation de fil plus élevée que 1 dans 12
- Nœud qui s'étend sur les 4 faces
- Nœud plat dépassant 25 mm
- Plus d'un nœud plat dans une même section transversale
- Nœud excédant 47 mm (1 7/8 po) de diamètre
- Flache, creux ou moelle d'une profondeur de 25 mm (1 po) sur plus du quart de sa longueur
- Pourriture : bois altéré, piqué ou présentant une carie alvéolaire
- Gauchissement supérieur aux valeurs indiquées au tableau ci-dessous :

Longueur du madrier	1,8 m (6 pi)	2,4 m (8 pi)	3,6 m (12 pi)
Voilement longitudinal de face (arc)	4,8 mm (3/16 po)	9,5 mm (3/8 po)	38 mm (1 1/2 po)
Voilement longitudinal de rive (cambrure)	1,6 mm (1/16 po)	3,1 mm (1/8 po)	9,5 mm (3/8 po)
Voilement transversal (tirant à cœur)	3,1 mm (1/8 po)	3,1 mm (1/8 po)	3,1 mm (1/8 po)
Gauchissement (torsion)	17,5 mm (11/16 po)	23,8 mm (15/16 po)	38 mm (1 1/2 po)

Notes : La dimension des nœuds sur les faces larges doit être mesurée sur la face présentant les plus grandes dimensions des nœuds. La moyenne obtenue des dimensions maximales et minimales de la section du bout du nœud servira à déterminer la dimension du nœud.

Les nœuds 3 faces, sur les faces larges, seront déterminés conformément aux interprétations NLGA NGR figure 5.

Lorsque la même section transversale présente 2 nœuds ou plus, la somme de leur dimension ne doit pas dépasser la dimension maximale du nœud permis pour la largeur de la pièce concernée.

4 MÉTHODE D'ESSAI

Une charge d'épreuve doit être appliquée sur chaque madrier et la flèche qui en résulte doit être mesurée. Les madriers qui présentent une flèche excessive doivent être rejetés. Cette flèche ne doit pas être supérieure à la longueur de la portée divisée par 80.

Pour la réalisation de l'essai, le madrier doit être positionné de telle sorte que la face où il y a le plus de défauts visibles soit mise en extension lors de l'essai. Si les défauts visibles ne permettent pas de faire un choix d'une face d'essai privilégiée et que le madrier est courbé, le madrier doit être placé de telle sorte que l'essai aura pour effet d'augmenter sa courbure initiale.

Une précharge se situant entre 45 et 90 N (10 et 20 lb) doit être appliquée au début de l'essai. Les équipements électroniques de mesure de charge et de déplacement doivent alors être remis à zéro et la charge d'épreuve peut alors être appliquée.

5 CHARGE D'ÉPREUVE

La charge d'épreuve correspond à celle prévue à l'article 5.2.1. de la norme CSA S269.2 majorée de 10 %. La majoration de 10 % permet de tenir compte de la courte durée d'essai indiquée à la section 7. Si l'essai est réalisé sur une portée moindre que la portée maximale prévue, la charge à appliquer doit permettre de vérifier que la rigidité du madrier sera suffisante pour la portée maximale.

Structure destinée à supporter les travailleurs et leurs outils à main exclusivement

Par exemple, pour un madrier de 50 mm sur 250 mm (2x10 pouces) avec une portée de 3 mètres (10 pieds) supportant le chargement prévu pour les structures destinées à supporter les travailleurs et leurs outils à main exclusivement (section 5.2.1.a de la norme CSA avec une charge de 3,63 kN/m linéaire de largeur de planche et une charge répartie de 1,2 kN/m²), la charge équivalente au centre afin d'obtenir le même déplacement est de 1,5 kN (340 lb). En imposant un déplacement de 38 mm (1,5 pouce), la charge obtenue devrait donc être supérieure à 1,65 kN (375 lb) soit 1,5 x 1,1.

Pour un madrier de 50 mm sur 250 mm (2x10 po) avec une portée de 3 m (10 pieds) qui serait soumis à un essai sur 2,13 m (7 pieds), la charge équivalente est de 2,2 kN (495 lb) pour un déplacement de 19 mm (0,75 po). En tenant compte de la majoration de 10 %, le requis lors de l'essai est d'obtenir une charge minimale de 2,43 kN (545 lb) pour un déplacement de 19 mm (0,75 po). Plus d'informations sur la méthode pour obtenir les valeurs pour les essais sur 2,13 m (7 pieds) sont incluses à la fin du présent document.

Structure destinée à supporter les travailleurs et les matériaux stockés

Pour un madrier de 50 mm sur 250 mm (2x10 pouces) avec une portée de 3 mètres (10 pieds) supportant la charge prévue pour les travailleurs et les matériaux stockés, (section 5.2.1.b de la norme CSA avec une charge de 3,88 kN/m linéaire de largeur de planche et une charge

répartie de 3,6 kN/m²), la charge équivalente au centre est de 2,7 kN (613 lb). En imposant un déplacement de 38 mm (1,5 pouce), la charge obtenue devrait donc être supérieure à 3 kN (675 lb), soit 613 x 1,1. Pour le cas considéré au présent paragraphe et afin que les contraintes rencontrent les exigences de la norme CAN/CSA-O86, la qualité du bois utilisée doit être équivalente ou supérieure à l'épinette de catégorie "select structural".

Pour un madrier de 50 mm sur 250 mm (2x10 po) avec une portée de 3 m (10 pieds) qui serait soumis à un essai sur 2,13 m (7 pieds), la charge équivalente est de 3,98 kN (894 lb) pour un déplacement de 19 mm (0,75 po). En tenant compte de la majoration de 10 %, le requis lors de l'essai est d'obtenir une charge minimale de 4,36 kN (980 lb) pour un déplacement de 19 mm (0,75 po). La catégorie "select structural" s'applique dans ce cas même si l'essai est réalisé.

Note : Si la charge appliquée n'est pas majorée, le déplacement pour un madrier ayant une portée de 3 m devrait être inférieur à 34 mm (1,35 pouce), soit (0,9 x 38 mm).

6 NIVEAU DE CHARGEMENT

L'équipement d'essai doit imposer une contrainte de flexion théorique au centre du madrier se situant entre 0,9 fois et 1,5 fois la résistance prévue en flexion selon la norme CAN/CSA-O86.

Note : La note de la section 6.5.3 de la norme CSA S269.2-M87 indique que l'application de lourdes charges d'épreuve peut réduire la capacité du madrier. Cette même section de la norme recommande donc d'appliquer une charge d'épreuve ne dépassant pas la capacité de charge admissible du madrier.

Une certaine variation a été prévue en considérant que la contrainte appliquée doit être suffisante pour représenter les conditions réelles d'utilisation mais qu'elle ne doit pas être excessive afin d'éviter de réduire sa capacité ultérieure. Le facteur de 1,5 a été choisi afin que la contrainte appliquée soit toujours inférieure à la limite de rupture des madriers. Cette limite de rupture est au minimum de 2,1 fois la résistance prévue en flexion (réf. : norme ASTM D6570).

La résistance prévue selon la norme CAN/CSA-O86 pour la classe FPS no 1 est de 11,8 MPa tandis que la résistance prévue pour la classe FPS "select structural" est de 16,5 MPa. Pour un madrier de 50 mm sur 250 mm (2x10 pouces) avec une portée de 3 mètres (10 pieds), cela correspond à une charge au centre se situant entre 1,5 kN (340 lb) et 2,5 kN (570 lb) pour le bois classé FPS no 1 et entre 2,1 kN (480 lb) et 3,6 kN (800 lb) pour le bois classé FPS "select structural".

7 VITESSE DE CHARGEMENT

La charge doit être appliquée graduellement et doit être maintenue jusqu'à ce que la valeur obtenue soit stable pendant au moins 5 secondes.

Note : Selon la norme CSA S269.2-M87, il est précisé à la section 11.3.6.4 que la charge doit être appliquée graduellement pour que la charge de rupture soit atteinte dans environ 5 minutes.

Des essais ont montré des différences variant de 0 à 10 % entre les valeurs obtenues après 5 secondes et après 5 minutes. Cette variation est prise en compte dans la majoration indiquée à la section 5.

8 APPUIS ET POINTS DE CHARGEMENT

Le madrier doit être appuyé en deux points à la distance prévue des supports (portée maximale). Si l'essai est réalisé sur une portée moindre, la portée minimale requise pour l'essai est de 70 % de la portée maximale prévue et le madrier doit être centré sur les appuis.

Les supports et les points de chargement concentrés doivent être réalisés avec des pièces arrondies dont le diamètre doit être de 1,5 fois à 3 fois l'épaisseur du matériel devant être testé (réf. : ASTM D1037, section 14).

Si une charge répartie est appliquée avec des poids, ceux-ci doivent être espacés suffisamment les uns des autres pour ne pas causer d'effet d'arche. Si des blocs rigides sont utilisés, leur longueur dans la direction parallèle au madrier ne doit pas dépasser 300 mm. Un moyen doit être prévu pour s'assurer que les poids sont toujours placés aux mêmes positions pour chacun des madriers (tolérance de 3 mm).

9 CONDITIONS AMBIANTES

Lors de l'essai, la température du cœur des madriers ne doit pas être inférieure à 0 °C. Une mesure avec un équipement spécialisé à cet effet doit être réalisée sur au moins un madrier par lot du mois de novembre jusqu'à la fin avril.

Lors de l'essai sur un madrier en bois d'oeuvre, le taux d'humidité des madriers doit se situer entre 15 et 30 % d'humidité. Une mesure avec un hygromètre doit être réalisée sur au moins un madrier par lot.

Les conditions ambiantes de la salle où sont réalisées les essais doivent se situer à l'intérieur des limites d'utilisation de l'équipement de mesure et des divers capteurs, telles que précisées par le fabricant de l'équipement de mesure.

10 PRÉCISION DES CAPTEURS

L'instrument de mesure de la charge appliquée doit avoir une précision de ± 2 %.

L'instrument de mesure de la flexion doit avoir une précision de lecture égale à ± 1 mm ou de ± 2 %. Le critère le plus contraignant doit être utilisé.

Un équipement électronique de mesure doit être utilisé.

***Note :** La norme CSA S269.2 –M87 à la section 11.2.1.5 indique que la tolérance demandée sur le chargement peut varier de ± 2 % à ± 5 % selon la méthode d'application.*

La norme CSA S269.2 –M87 à la section 11.3.6.3.2 indique que l'instrument de mesure de la flèche doit avoir une précision de lecture à 1,5 mm près. Pour un déplacement de 38 mm, cela correspond à une précision de 4 %. Une précision un peu plus grande est possible et préférable.

11 ÉTALONNAGE DES ÉQUIPEMENTS DE MESURE

La vérification de l'équipement avec une barre de référence doit être réalisée une fois à chaque quart de travail.

La chaîne de mesures pour la force et le déplacement ainsi que la barre de référence doivent être vérifiées une fois par année par comparaison avec des équipements calibrés.

Si des poids sont utilisés, la masse de ceux-ci doit être vérifiée avec une balance calibrée une fois par année.

Les capteurs de température et d'humidité pour le bois doivent être étalonnés une fois par année.

Les vérifications et étalonnages indiqués doivent être réalisés par un laboratoire d'essai accrédité par le Conseil canadien des normes, selon la norme ISO/CEI 17025 (exception : vérification à chaque quart de travail avec la barre de référence).

***Note :** La vérification doit être réalisée simultanément sur l'ensemble de la chaîne de mesures incluant le capteur et le système d'acquisition, un étalonnage du capteur seulement n'étant pas suffisant.*

12 DIMENSIONNEMENT DE LA BARRE DE RÉFÉRENCE EN ALUMINIUM

La vérification de l'équipement doit être réalisée avec une barre en aluminium d'alliage 6061-T6 ayant une dimension nominale de 38 mm (1½ po) de hauteur par 76 mm (3 pouces) de largeur.

Le résultat obtenu avec la barre doit être vérifié afin de s'assurer qu'il n'y a pas de variations par rapport aux lectures antérieures.

Cette barre doit être entreposée de façon à conserver son intégrité et éviter des encoches. Des indications claires doivent être apposées sur la barre afin qu'elle soit toujours installée dans la même position.

13 MARQUAGE

Tel que prévu à la norme CSA S269.2-M87 à la section 4.2.1, les madriers en bois d'œuvre doivent être estampillés concernant le classement du bois selon la norme NLGA. Cette estampille doit être brûlée sur la tranche du madrier et comporter les éléments suivants :

- un symbole enregistré de l'agence certifiée
- l'identification du moulin et/ou du classificateur, habituellement par un numéro
- la règle de classification employée, lorsque nécessaire
- la qualité
- l'essence ou groupe d'essences

De plus, tel que prévu à la section 8.2.3 de la même norme, l'indication que le madrier a été testé selon la norme CSA doit être apposée avec la charge admissible du madrier pour la portée maximale envisagée. Cette estampille doit être brûlée sur la tranche du madrier et comporter les éléments suivants :

- Nom de la compagnie qui a réalisé l'essai
- Date : mois et année de l'essai
- Essai de charge réalisé selon CSA S269.2-M87
- Capacité de _____

Note : Au niveau de la capacité, il est important que la charge indiquée corresponde à la capacité maximale du madrier pour la portée maximale envisagée, ce qui ne correspond pas nécessairement à la charge obtenue lors des essais. Pour un madrier dont la portée maximale est de 10 pieds, la capacité indiquée devrait être de 1,5 kN (340 lb) pour une structure destinée à supporter les travailleurs et leurs outils à main. Pour le madrier de même dimension destiné à une structure pour supporter les travailleurs et des matériaux stockés, la capacité indiquée devrait être de 2,7 kN (613 lb).

Membres du comité technique sur le protocole d'essai des madriers d'échafaudage

Claude Sauvageau	CRIQ	<i>Président</i>
Roland Boivin	CSST	
Daniel Bouchard	Léopold Duplessis	
Pierre Bouchard	CSST	
Réjean Bouchard	Léopold Duplessis	
Yves Bouchard	CRIQ	
Denis Brisebois	AEMQ	
Guylain Cossette	Jointfor	
Réjean Cousineau	Goodfellow	
Marc Dubé	R. Tremblay et Fils	
Jacques Dubé	CIFQ	
Gérard Lachance	Scierie Lachance	
Nicolas Legault	AQIE	
Raynald Martel	Scierie Martel	

ANNEXE INFORMATIVE

Obtention des valeurs requises lorsque les essais sont réalisés sur une portée différente de l'utilisation réelle

Les essais sont réalisés afin de s'assurer que la section 6.1c de la norme CSA S269.2 soit respectée. Cette section indique que la flèche des madriers sous les charges nominales ne doit pas être supérieure à la longueur de la portée divisée par 80.

Pour des madriers qui seraient utilisés sur une portée de 10 pieds et qui doivent supporter une charge équivalente de 340 lb, le déplacement maximal est de 1,5 po (120 po/80) et la rigidité minimale du madrier est calculée comme suit : (réf. : Machinery's Handbook 20^{éd.} p. 413).

$$\text{Rigidité EI} = \text{charge} \times \text{longueur}^3 / (48 \times \text{déplacement})$$

$$\text{Rigidité EI} = 340 \text{ lb} \times (120 \text{ po})^3 / (48 \times 1,5 \text{ po})$$

$$\text{Rigidité EI} = 8,16 \times 10^6 \text{ lb-po}^2$$

En réalisant l'essai sur une portée différente que l'utilisation prévue, il faut s'assurer que cette rigidité minimale est respectée. Pour un déplacement de 0,75 po sur 7 pieds de longueur, la charge minimale requise pour s'assurer que le madrier possède cette rigidité minimale est de :

$$\text{Charge} = 48 \times \text{rigidité EI} \times \text{déplacement} / \text{longueur}^3$$

$$\text{Charge} = 48 \times 8,16 \times 10^6 \text{ lb-po}^2 \times 0,75 \text{ po} / (84 \text{ po})^3$$

$$\text{Charge} = 495,6 \text{ lb}$$

Lors d'un essai sur 7 pieds de longueur et en imposant un déplacement de 0,75 po, la charge minimale requise lorsque l'on applique la majoration de 10 % est donc de 545 lb (495,6x1,1).

Lors de l'essai sur 7 pieds, un déplacement de L/80 correspondrait à un déplacement de 1,05 po. En imposant ce déplacement, les contraintes obtenues sur le madrier sont trop élevées et dépassent le niveau de chargement prévu à la section 6 du présent document. Il a donc été choisi de réduire ce déplacement à une valeur de 0,75 po afin d'obtenir des contraintes similaires à un essai qui serait réalisé sur 10 pieds avec un déplacement de 1,5 pouce.