

Document Technique d'Application

Référence Avis Technique **3/09-614**

Poutre en I à base de bois
Wood composite I-joists
Holzwerkstoff I-Träger

Poutrelles NI

| | |
|---|--------------------|
| Objet de l'Agrément Technique Européen | ETA-09/0035 |
|---|--------------------|

Titulaire : Nordic Bois d'ingénierie
Gare Windsor, bureau 504
1100, de la Gauchetière O.
Montréal (Québec) H3B 2S2

Tél. : +001 (514) 633-9661
Fax : +001 (514) 633-0833
E-mail : info@nordicewp.com
Internet : www.nordicewp.com

Usine : Chantiers Chibougamau
521, chemin Merrill
Chibougamau (Québec)
G8P 2K7 Canada

Commission chargée de formuler des Avis Techniques
(arrêté du 2 décembre 1969)

Groupe Spécialisé n° 3

Structures, planchers et autres composants structuraux

Vu pour enregistrement le 15 septembre 2009



Secrétariat de la commission des Avis Techniques
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - Fax : 01 60 05 70 37 - Internet : www.cstb.fr

Le Groupe spécialisé n° 3 « Structures, planchers et autres composants structuraux » de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné le 8 juillet 2009 la demande relative au procédé de poutrelles NI, présentée par la société Nordic Bois d'ingénierie titulaire de l'Agrément Technique Européen ETA-09/0035.

Le présent document, auquel est annexé le dossier technique établi par le demandeur, transcrit l'avis formulé par le Groupe Spécialisé n° 3 sur les dispositions de mise en œuvre proposées pour l'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi visé et dans les conditions de la France Européenne.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Poutrelles composites à section en I réalisées avec des membrures continues en bois abouté et une âme en panneaux à lamelles minces orientées (OSB), assemblée aux membrures par collage, en rainure, destinées à la réalisation de supports de planchers (solives et poutres secondaires) et toitures de bâtiments (pannes et chevrons), pour des usages correspondant aux classes d'emploi 1 et 2 au sens de l'EN 335-1 et aux classes de service 1 et 2 au sens de l'EN 1995-1-1.

1.2 Mise sur le marché

Les poutrelles objets de l'ATE ETA-09/0035 sont soumises, pour leur mise sur le marché, aux dispositions de l'arrêté du 19 septembre 2002 portant application aux poutres et poteaux composites légers à base de bois du décret n° 92647 du 8 juillet 1992 modifié, concernant l'aptitude à l'emploi des produits de construction.

1.3 Identification

L'identification des poutrelles se fait comme indiqué dans le Dossier Technique établi par le demandeur.

2. AVIS

Le présent document porte uniquement sur le procédé tel qu'il est décrit dans le Dossier Technique joint, dans les conditions fixées au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières (§ 2.3).

2.1 Domaine d'emploi accepté

L'Avis est formulé pour les utilisations en France européenne (métropole + Corse) en supports de planchers (solives et poutres secondaires) et de toitures (pannes et chevrons) de bâtiments dont la structure peut être en bois, en métal, en béton armé ou en maçonnerie.

L'utilisation en zone sismique n'est pas visée.

Les caractéristiques d'ambiance pour l'usage du présent Avis correspondent aux classes de service 1 et 2 définies dans la norme NF EN 1995-1-1, conduisant à des humidités de stabilisation dans le bois n'excédant pas 20 %.

Rappel des définitions des classes de risque d'attaque biologique selon la norme NF EN 335

Classe d'emploi 1 : situation dans laquelle le bois ou le produit à base de bois est sous abri, entièrement protégé des intempéries et non exposé à l'humidification.

Classe d'emploi 2 : situation dans laquelle le bois ou le produit à base de bois est sous abri et entièrement protégé des intempéries, mais où une humidité ambiante élevée peut conduire à une humidification occasionnelle mais non persistante.

Classe d'emploi 3 : situation dans laquelle le bois ou le produit à base de bois n'est ni abrité, ni en contact avec le sol. Il est, soit continuellement exposé aux intempéries, soit à l'abri des intempéries mais soumis à une humidification fréquente.

Classe d'emploi 4 : situation dans laquelle le bois ou le produit à base de bois est en contact avec le sol ou de l'eau douce et est ainsi exposé en permanence à l'humidification.

Classe d'emploi 5 : situation dans laquelle le bois ou le produit à base de bois est en permanence exposé à de l'eau salée.

2.2 Appréciation sur le procédé

2.2.1 Aptitude à l'emploi

Stabilité

La stabilité des poutrelles NI est normalement assurée si leur conception et utilisation sont conformes aux conditions définies dans le dossier technique établi par le demandeur et au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières.

De même que dans l'ATE ETA-09/0035, le comportement au séisme des poutrelles n'a pas été examiné.

Sécurité au feu

Les exigences réglementaires concernant le comportement en cas d'incendie peuvent être satisfaites uniquement par l'adjonction de protections rapportées qui empêchent la carbonisation des poutrelles en bois et l'échauffement des planchers qu'elles supportent.

Ces protections doivent être visées par les solutions types décrites dans le DTU Bois-Feu 88, soit faire l'objet d'un procès-verbal délivré par un laboratoire agréé précisant que la température atteinte dans le plenum n'a pas dépassé 300 °C pour la durée de stabilité recherchée. En effet, les colles utilisées pour la fabrication correspondent aux exigences requises pour les colles de type I au sens de la norme NF EN 301.

Sécurité du travail sur chantier

La manutention et la pose manuelles des poutrelles ne présentent aucun risque particulier. Elles nécessitent les dispositions usuelles relatives à la sécurité des personnes contre les chutes de hauteur, et le recours aux dispositions préconisées par la société Nordic Bois d'ingénierie.

2.2.2 Durabilité - Entretien

Compte tenu de la limitation à des usages exposant les poutrelles aux classes d'emploi 1 et 2, leur durabilité face aux éléments fongiques peut être normalement assurée soit du fait de la durabilité naturelle de l'essence utilisée, soit par l'application d'un traitement de préservation dans les conditions fixées au § 2.3211 du Cahier des prescriptions techniques particulières.

Le deuxième décret n° 2006-591 d'application de la loi n° 99-471 du 8 juin 1999 tendant à protéger les acquéreurs et propriétaires d'immeubles contre les termites et autres insectes xylophages » - dite loi termites, suivi par l'arrêté du 27 juin 2006 relatif à l'application des articles R.112-2 et R. 112-4 du code de la construction et de l'habitation, vise la protection des bois et des matériaux à base de bois participant à la solidité des ouvrages et mis en œuvre lors de la construction de bâtiments neufs ou de travaux d'aménagement. Les poutrelles NI répondent à la réglementation en vigueur sous réserve des dispositions complémentaires données au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières (§ 2.3211 ci-après).

2.2.3 Fabrication et contrôle

Les fabrications des poutrelles NI effectuées dans l'usine québécoise des Chantiers Chibougamau sont réalisées dans les conditions de contrôle interne et externe conditionnées par les exigences du marquage CE du procédé.

2.3 Cahier des prescriptions techniques particulières

2.3.1 Conditions de fabrication

2.3.1.1 Membrures

Les membrures inférieures et supérieures sont réalisées en bois abouté assemblé par collage à entures, spécialement composé pour cet usage dans l'usine du fabricant.

Tous les bois utilisés sont d'abord classés mécaniquement, puis visuellement par machine, ce qui permet de garantir la constance, les performances de la classe de résistance visée et le niveau de fabrication des membrures utilisées.

Les membrures ainsi fabriquées sont classées dans l'une des classes de résistance autorisées pour la fabrication des poutrelles NI.

La fabrication et le contrôle des membrures sont réalisés dans les conditions de contrôle interne et externe conditionnées par les exigences du marquage CE du procédé. L'organisme extérieur qui effectue le suivi de contrôle qualité de la fabrication, communique les résultats de ces contrôles deux fois par an au CSTB.

2.312 Ame

L'âme est réalisée à partir de panneaux OSB dont les performances sont déclarées dans l'ATE ETA-09/0035.

La fabrication et le contrôle des panneaux et éléments d'âme sont réalisés dans les conditions de contrôle interne et externe conditionnées par les exigences du marquage CE du procédé.

2.313 Adhésifs

Les adhésifs utilisés doivent être de qualités structurelles et conformes au type I de la norme NF EN 301 attestés par un organisme agréé.

2.32 Conditions de conception et de calcul

Le dimensionnement peut être effectué au moyen des propriétés mécaniques des poutres NI déterminées comme suit, les efforts agissants ayant été préalablement calculés conformément aux Règles CB 71 ou à la norme NF EN 1995-1-1 (selon le code choisi), complétés par les prescriptions qui suivent, sous la responsabilité du fabricant ou de ses représentants agréés, qui doivent fournir une assistance et un dossier technique spécifique à chaque cas.

2.321 Calcul des Propriétés Mécaniques Admissibles

Les propriétés mécaniques Admissibles des poutres NI applicables pour un dimensionnement aux Règles CB 71, sont calculées à partir des propriétés mécaniques Caractéristiques préalablement déterminée selon les méthodes précisées au paragraphe 10 du Dossier Technique, par division par un coefficient de corrélation γ_{eq} listé dans le tableau du § 2.322 ci-après, fonction de la propriété considérée.

Le Moment de Flexion Admissible M_{adm} est calculé en kN.m avec :

$$M_{adm} = \frac{M_k}{\gamma_{eq,M}}$$

L'Effort Tranchant Admissible V_{adm} est calculé en kN avec :

$$V_{adm} = \frac{V_k}{\gamma_{eq,V}}$$

La Résistance sur Appui Admissible R_{adm} est calculée en kN avec :

$$R_{adm} = \frac{R_k}{\gamma_{eq,R}}$$

2.322 Coefficients de Corrélation pour les Poutres NI

Le calcul des propriétés mécaniques Admissibles des poutres NI applicables pour un dimensionnement aux Règles CB 71 se fait au moyen des coefficients de corrélation γ_{eq} listés dans le tableau suivant, déterminés conformément à la norme NF P 21-400 et aux coefficients k_{mod} spécifiques aux poutres NI validés dans l'ETA-09/0035.

| Propriétés Mécaniques | γ_{eq} |
|--|---------------|
| Rigidités de Flexion et Cisaillement EI_{joist} & GA_{joist} & Modules moyens des composants | 1.00 |
| Moment de flexion & Propriétés des Membrures $\gamma_{eq,M}$ | 2.10 |
| Effort Tranchant & Propriétés de l'Âme $\gamma_{eq,V}$ | 3.10 |
| Résistance sur Appui | 3.10 |

2.323 Détermination des propriétés mécaniques des poutrelles NI

Les propriétés mécaniques des poutrelles NI standards mises sur le marché français peuvent être lues directement à partir des Tableaux 2, 3, et 4 du dossier technique établi par le fabricant pour un dimensionnement selon l'EN 1995-1 ou des Tableaux 5, 6 et 7 pour un dimensionnement au CB71.

2.324 Charges en prendre en compte

Les déformations de ces poutrelles étant particulièrement sensibles aux charges concentrées, l'attention du prescripteur est attirée sur la nécessité de bien définir les charges ponctuelles, linéaires ou localisées.

2.325 Vérification des moments, des efforts tranchants et des contraintes

Les moments fléchissant et efforts tranchant agissant sur la poutrelle sont calculés conformément au code choisi : Règles CB71 ou norme NF EN 1995-1-1.

La poutrelle NI est choisie dans la gamme standard en fonction des moments fléchissant et efforts tranchant admissibles (Règles CB 71) ou caractéristiques (NF EN 1995-1-1) indiqués dans les tableaux 4 et 7 du dossier technique établi par le demandeur.

2.326 Vérification des déformations

Principe : on vérifie que le fléchissement final pris par la poutre depuis son état initial, comportant le fléchissement instantané sous charges d'exploitation et le fléchissement différé dû au fluage sous les charges permanentes, reste inférieur aux déformations totales admissibles (sauf prescriptions plus sévères, liées à la nature des ouvrages supportés et précisées dans les DTU qui les concernent)

Déformations totales admissibles (cas des Règles CB71):

1/400 de la portée pour les solives et poutres secondaires de planchers,

1/250 de la portée pour les chevrons et les faux arbalétriers de toiture,

1/200 de la portée pour les pannes de toiture,

- Le fléchissement instantané est pris égal à la somme du fléchissement instantané dû à l'effet du moment fléchissant ($u_{i,m}$) et du fléchissement instantané dû à l'effet de l'effort tranchant ($u_{i,v}$).

$$u_i = u_{i,m} + u_{i,v}$$

$u_{i,m}$ et $u_{i,v}$ sont calculés selon les formules de la RdM en utilisant les rigidités de flexion et de cisaillement, résultant du calcul (confirmé par essais) et fournies dans le tableau 7 du dossier technique établi par le demandeur.

- Le fléchissement différé est calculé en affectant à chacune des flèches instantanées $u_{i,m}$ et $u_{i,v}$ un coefficient de fluage spécifique, respectivement θ_m et θ_v , permettant de tenir compte des différences de fluage des matériaux constitutifs de l'âme et des membrures, de la classe de service considérée et de la part de fluage imputable à l'effet de l'effort tranchant et à l'effet du moment fléchissant.

- Le fléchissement final pris par la poutre s'écrit ainsi :

$$u_{fin} = u_{fin,m} + u_{fin,v} = u_{i,m} (1 + \theta_m q_p / q_t) + u_{i,v} (1 + \theta_v q_p / q_t)$$

avec :

u_{fin} : fléchissement final de la poutre dû à l'effet conjugué du moment fléchissant et de l'effort tranchant.

$u_{fin,m}$: fléchissement final de la poutre dû à l'effet du moment fléchissant.

$u_{fin,v}$: fléchissement final de la poutre dû à l'effet de l'effort tranchant.

$u_{i,m}$: fléchissement instantané de la poutre dû à l'effet du moment fléchissant.

$u_{i,v}$: fléchissement instantané de la poutre dû à l'effet de l'effort tranchant.

θ_m : coefficient de fluage affectant la flèche instantanée due à l'effet du moment fléchissant, pris égal à 0,60 en classe de service 1 et à 0,80 en classe de service 2.

θ_v : coefficient de fluage affectant la flèche instantanée due à l'effet de l'effort tranchant, pris égal à 2,25.

q_p : charges permanentes.

q_t : charges totales.

2.327 Vérification du non-déversement

Pour les solives ou poutres secondaires recevant directement un support de revêtement de sol (panneau dérivé du bois par exemple) qui maintien sur toute sa longueur la membrure supérieure, cette vérification n'est pas nécessaire.

Dans les autres cas, la vérification est exigée pour les poutres bien qu'elles soient maintenues transversalement au moyen, d'une part de leurs deux membrures aux appuis, d'autre part d'éventuels dispositifs de maintien intermédiaire (entretoisements) régulièrement espacés.

Dans ces cas, on peut vérifier la membrure comprimée à l'aide des hypothèses simplifiées suivantes :

- Calcul comme une pièce isolée (la raideur en torsion est négligée).
- Pour les pannes (ou poutres), la longueur de flambement de la membrure comprimée est prise égale à :
 - cas des charges descendantes : la distance maximale entre points de maintien latéral de la membrure haute (distance entre celles des entretoises qui aboutissent à cette membrure) pour les pannes (ou poutres) verticales, et les deux tiers de la distance précédente pour celles posées à dévers.
 - cas des charges montantes (soulèvement) : la distance maximale entre points de maintien latéral de la membrure basse (distance entre celles des entretoises qui aboutissent à cette membrure).
- L'effort de compression utilisé est celui correspondant au moment maximal (divisé par la distance entre centres des membrures) éventuellement majoré par la moitié de l'effort global de compression supporté par la panne pour son rôle dans le fonctionnement général de l'ouvrage (contreventement notamment).

En pratique, on pourra donc, pour calculer la distance maximale libre entre deux points de maintien latéral d'une membrure, utiliser la formule suivante :

Longueur de flambement de la membrure :

$$\frac{b}{m} \sqrt{\frac{3100}{12k}}$$

où **b** est la largeur de membrure, **k** le taux de contrainte de compression de la membrure et **m** un coefficient adimensionnel valant 1 pour les pannes (ou poutres) verticales et 2/3 pour celles posées à dévers.

Par exemple, si en flexion la contrainte moyenne de compression développée dans la membrure est σ_c , on a :

$$k = \frac{\sigma_c}{\sigma_c}$$

avec σ_c : contrainte admissible de compression.

Longueur de flambement de la membrure :

$$161. \frac{b}{\sqrt{k}} \text{ pour les pièces droites ;}$$

$$244. \frac{b}{\sqrt{k}} \text{ pour les pièces posées à dévers.}$$

2.328 Vérification au flambement

Cette vérification est à faire lorsque les poutres sont soumises à des efforts normaux de compression dans leur direction.

2.329 Vérification de la compression sur appui

Les réactions d'appui résultant des efforts agissant sur la poutrelle sont calculées conformément au code choisi : Règles CB71 ou NF EN 1995-1-1.

La poutrelle NI est choisie dans la gamme standard en fonction des résistances sur appui admissibles (Règles CB 71) ou caractéristiques (NF EN 1995-1-1) indiquées dans les tableaux 4 et 7 du Dossier Technique établi par le demandeur.

Les résistances sur appui admissibles et caractéristiques dépendent de la longueur d'appui et de la présence ou non d'un renfort d'âme dont les caractéristiques géométriques et les modalités de mise en œuvre sont définies au §8.2 du dossier technique établi par le demandeur.

2.3210 Règles de conception sur les percements des Ames

Seul sont visés les percements décrits dans l'ATE 09/0035 (pré-perçement de 38 mm espacés de 10d). Si d'autres percements

circulaires sont nécessaires, ils doivent respecter les critères suivants : diamètre maxi de 38 mm, distance de bord à bord de 2 fois le diamètre par rapport au pré-perçement ou percement le plus proche.

2.3211 Traitement de préservation

En fonction de la classe d'emploi liée à la position des poutrelles NI dans l'ouvrage d'une part, et à l'essence utilisée d'autre part, un traitement de préservation du bois peut être nécessaire. Il convient de respecter à cet égard les prescriptions des normes EN 335 et EN 350.

Conformément à la réglementation en vigueur, les poutrelles NI qui participent à la solidité des bâtiments devront être protégés par une durabilité conférée ou naturelle contre les insectes à larves xylophages sur l'ensemble du territoire et en complément, contre les termites dans les départements dans lesquels a été publié un arrêté préfectoral pris par l'application de l'article L. 133-5.

2.33 Conditions de mise en œuvre

2.331 Transport, manutention et stockage sur chantier

Le transport doit être réalisé par paquet cerclé enveloppé ou bâché pour être protégé de la pluie.

Des précautions particulières contre les risques de déversement doivent être prises au transport et pendant les phases de manutention et de levage, pour l'ensemble des poutrelles NI, selon les prescriptions du fabricant.

Le stockage doit être isolé du sol et à l'abri de l'humidité et des intempéries.

2.332 Réalisation des appuis

La profondeur d'appui est déterminée pour satisfaire à la condition sur la compression de l'âme. La profondeur d'appui n'est jamais inférieure à 45mm aux appuis d'extrémité et 89mm aux appuis intermédiaires.

Les âmes des poutrelles sont renforcées, si nécessaire et dans les conditions précisées en Figure 2 et §8.2 du dossier technique établi par le demandeur, au droit de chaque appui par clouage de renforts d'âme de part et d'autre de celle-ci.

2.333 Maintien transversal – Réalisation des entretoisements

Pour les solives de plancher, la stabilité transversale est assurée par les panneaux rapportés et fixés sur les solives. Pour les chevrons et les pannes, la stabilité doit être assurée par des entretoises. Pour les chevrons elle peut également être assurée par l'encastrement dans la maçonnerie, les planches de rive ou les connecteurs adéquats, ou bien encore par lattage et feuillard de contreventement en pose tendue avec fixation aux points d'ancrages résistants.

2.334 Fixations aux appuis

La pose des poutrelles NI peut être réalisée sur des supports métalliques, poutres ou murs en béton, murs en maçonnerie à condition de prévoir une largeur de repos effective suffisante sur les appuis.

Lorsque la fixation est réalisée contre un appui, généralement en bois, mais pouvant être aussi en béton, par l'intermédiaire de pièces de fixation sous forme de connecteurs ou équerres métalliques, la capacité porteuse de ces pièces doit être justifiée par l'ATE correspondant (selon le guide d'ATE ETAG 015). Le choix des pièces (dimensionnement) doit résulter de la connaissance des charges à transmettre aux appuis.

Conclusions

Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté est appréciée favorablement.

Validité

3 ans jusqu'au 31 juillet 2012.

Pour le Groupe Spécialisé n° 3
Le Président
J.P. BRIN

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

La poutrelle NI relève pour l'élaboration de l'Agrément Technique Européen dont elle est titulaire (ETA-09/0035) du Guide d'ATE 011 (Poutres et poteaux composites légers à base de bois).

Le marquage CE de ces poutrelles est rendu d'application obligatoire par l'arrêté du 19 septembre 2002 à compter du 16 octobre 2004.

Le présent Document Technique d'Application est motivé principalement par la volonté du titulaire de l'ATE de rendre aussi accessible que possible aux utilisateurs un dimensionnement effectué, au choix, selon les règles de calcul nationales ayant cours (règles CB 71, dimensionnement basé sur le principe des contraintes admissibles), ou en se basant sur le concept des états limites proposé par les Eurocodes en utilisant les valeurs caractéristiques issues de l'ATE pour ce qui est de la capacité résistante et les méthodes de calcul des Eurocodes (notamment NF EN 1995-1-1) pour ce qui est des sollicitations agissantes.

Le titulaire a également souhaité proposer à l'utilisateur une lecture directe des propriétés mécaniques admissibles ou caractéristiques de la gamme standard mise sur le marché français.

Par ailleurs, le Groupe attire l'attention sur la difficulté qu'il y a à maintenir une humidité relative inférieure à 85% (à 20°C) dans les vides sanitaires sans avoir recours à des dispositions constructives adaptées et maintenues durant la vie de la construction.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé
n°3
N. RUAUX

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Principe et domaine d'emploi

Poutrelles composites à section en I réalisées avec des membrures continues en bois et une âme en panneaux à lamelles minces orientées (OSB), assemblée aux membrures par collage, en rainure, destinées à la réalisation de supports de planchers (solives et poutres secondaires) et toitures de bâtiments (pannes et chevrons), pour des usages correspondant aux classes d'emploi 1 et 2 au sens de l'EN 335-1 et aux classes de service 1 et 2 au sens de l'EN 1995-1-1.

2. Identification des poutrelles

Les poutrelles Nordic et Norjoist (NI) sont identifiées par un marquage appliqué sur toutes les poutrelles à un intervalle de deux mètres conformément à l'Agrément Technique Européen ETA-09/0035 et au marquage CE qui en résulte. Ce marquage comporte le logo du fabricant ainsi que l'identification de l'organisme de certification. Il indique également le type de poutrelle selon les appellations codifiées précisées au Tableau 1 en Annexe, le numéro de l'usine et la date de fabrication. Le numéro d'Agrément Technique Européen et le numéro de la certification de conformité CE figurent également sur les poutrelles.

3. Caractéristiques des matériaux

3.1 Membrures

Les membrures inférieures et supérieures sont réalisées en bois abouté, essentiellement d'épinette noire, de qualité 2x3 S-P-F No.2, 2x3 MSR 1650f, 2x3 MSR 1950f, 2x3 MSR 2100f ou 2x4 MSR 2100f, et dont les propriétés mécaniques sont données dans le Tableau 2 en Annexe. Sa conception et son mode de fabrication permettent d'éliminer les défauts du bois d'œuvre ordinaire et lui confèrent une grande homogénéité et une très bonne stabilité dimensionnelle. Le bois d'épinette noire, par sa très haute densité, assure une qualité constante et une résistance supérieure.

3.2 Âme

L'âme est constituée à partir de panneaux OSB conformes aux spécifications listées dans le Plan d'Assurance Qualité, et dont les propriétés mécaniques sont données dans le Tableau 3 en Annexe.

3.3 Colle

Les colles utilisées d'une part pour l'assemblage de l'âme et des membrures inférieure et supérieure, d'autre part pour la réalisation des aboutages d'âme sont des colles à base de polyuréthane conformes aux spécifications des normes ASTM D2559 et EN 301 – type 1 pour des utilisations extérieures.

4. Description des éléments

Les poutrelles sont réalisées à partir de membrures inférieure et supérieure en bois et d'une âme en panneau d'OSB.

Les membrures en bois ont une hauteur égale à 38 mm et une largeur variant entre 64 mm et 89 mm. Elles sont munies d'une rainure biseautée de 12,7 mm de profondeur, destinée à recevoir le panneau d'âme.

Les panneaux d'OSB constitutifs des âmes, d'une épaisseur de 9,5 mm, sont orientés avec les particules dans le sens longitudinal ou transversal. Les panneaux d'OSB ont une longueur de 2440 mm et sont assemblés entre eux par aboutage.

Nordic propose en standard deux sections de membrures (38 x 64 mm et 38 x 89 mm, ou « 2x3 » et « 2x4 ») qui combinées aux quatre qualités de bois abouté définissent cinq types de poutrelles (NI-20, NI-40, NI-40x, NI-60 et NI-80).

Les cinq types de poutrelles sont déclinés suivant une possibilité de huit choix de hauteurs pour constituer la gamme non exhaustive montrée au Tableau 1 et à la Figure 1 en Annexe.

5. Fabrication et assurance qualité

5.1 Fabrication des poutrelles NI

Les poutrelles NI sont fabriquées au Canada dans l'usine de la société Chantiers Chibougamau Ltée, à Chibougamau, Québec, Canada.

L'ensemble des étapes de la fabrication des poutrelles NI est décrit en détails dans le Plan d'Assurance Qualité établi en collaboration avec l'APA et validé par l'organisme certificateur BM TRADA Certification.

5.11 Fabrication des membrures

Les membrures en bois abouté sont fabriquées par la société Chantiers Chibougamau Ltée. La fabrication comporte les étapes suivantes :

- Classement visuel et mécanique du bois.
- Enlèvement des défauts.
- Profilage et encollage des pièces (aboutage).
- Pressage des pièces pour obtenir des longueurs de plus ou moins 15 mètres.
- Test non destructif en tension sur chacune des pièces de bois abouté.

5.12 Fabrication des âmes en OSB

Les panneaux d'OSB sont fabriqués par un fournisseur agréé par la société Chantiers Chibougamau Ltée et répondent aux spécifications listées dans le Plan d'Assurance Qualité.

5.13 Assemblage de l'âme et des membrures

La fabrication des âmes des poutrelles NI à partir des panneaux d'OSB comporte les étapes suivantes :

- Réception et stockage des panneaux.
- Sciage des panneaux aux dimensions des âmes.
- Réalisation des entures d'extrémité.
- Profilage des âmes : réalisation des biseaux destinés à faciliter l'assemblage avec les membrures.
- Encollage des extrémités des panneaux d'âme.
- Aboutage des panneaux d'âme par les joints à entures collées.

L'assemblage des âmes et des membrures comporte les étapes suivantes : collage en continu des âmes et des membrures, serrage des panneaux d'âme aboutés, et polymérisation de la colle.

5.2 Assurance Qualité

5.21 Contrôle interne

Les poutrelles NI sont fabriquées dans des unités de production certifiées ISO 9001.

Les modalités de la fabrication et de contrôle interne des poutrelles NI sont décrites dans le Plan d'Assurance Qualité.

Ce plan précise notamment les critères d'acceptation des matériaux, les tolérances géométriques sur les éléments constitutifs, chacune des étapes de fabrication, et les essais pratiqués dans le cadre de l'autocontrôle continu de la production.

Le contrôle interne de qualité porte d'une part sur les éléments constitutifs pris isolément (panneaux d'âme et membrures) et d'autre part sur la résistance du produit fini.

Des essais destructifs sont réalisés sur les poutrelles NI au moins une fois durant chaque cycle de fabrication.

5.22 Contrôle externe

Le suivi de Plan d'Assurance Qualité est assujéti à un contrôle externe par un organisme de certification, BM TRADA Certification, notifié pour le marquage CE.

6. Mise en œuvre

La mise en œuvre peut être effectuée par toute entreprise spécialisée dans la pose de charpentes en bois. Elle ne nécessite pas le recours à un outillage particulier.

Les Guides d'installation France établis par Nordic précisent de manière détaillée les conditions de mise en œuvre des poutrelles NI utilisées en solives ou poutres secondaires de planchers, ou en panne et chevrons de toiture. Ces mêmes Guides précisent les dispositions de sécurité relatives à la mise en œuvre.

6.1 Fixation des poutrelles

Les poutrelles NI doivent toujours être supportées par le dessous des membrures inférieures. La stabilité latérale des extrémités des poutrelles doit être assurée, en supportant latéralement les membrures inférieures.

rieures et supérieures. La fixation des poutrelles aux éléments de la structure est réalisée par des étriers qui sont approuvés par Nordic, en utilisant les pointes adéquates.

Le recours à d'autres dispositifs de fixation des poutrelles est possible. Il nécessite dans ce cas un dimensionnement au cas par cas.

Afin d'obtenir la capacité de calcul maximale pour les réactions d'appui (valeurs données au Tableau 4 en Annexe), il faut respecter les longueurs d'appui minimales suivantes :

- 45 mm pour les appuis d'extrémité.
- 89 mm pour les appuis intermédiaires.

6.2 Renforts d'âme

Dans certains cas de charges verticales et concentrées, des renforts en bois (« raidisseurs ») sont appliqués de part et d'autre de l'âme sous les charges ou au droit des appuis.

La mise en œuvre de renforts d'âme est nécessaire dans les cas suivants :

- Pour accroître la réaction d'appui admissible.
- Lorsqu'une charge concentrée est appliquée sur la membrure supérieure.
- Lorsque l'étrier utilisé ne maintient pas latéralement la membrure supérieure de la poutrelle.
- Lorsque l'appui d'un chevron est réalisé moyennant une coupe d'assise ou bien lors de l'emploi d'étriers à pente réglable.

Les renforts d'âme sont disposés de part et d'autre de l'âme.

La hauteur des renforts d'âme est fonction de la hauteur d'âme de la poutrelle à renforcer. La hauteur des renforts est choisie de telle façon qu'il subsiste un jeu compris entre 5 et 20 mm entre le renfort et la membrure.

Dans le cas où la nécessité du renfort d'âme est due à l'application d'une charge ponctuelle sur la membrure supérieure, ce jeu doit être laissé entre le renfort et la membrure inférieure, le renfort étant au contraire placé au contact de la membrure supérieure.

Dans tous les autres cas, le jeu est laissé entre le renfort et la membrure supérieure.

Les renforts sont cloués entre eux au travers de l'âme de la poutrelle dans les conditions précisées sur les schémas figurant en annexe (figure 2).

6.3 Percements dans l'âme des poutrelles

Les poutrelles NI sont fournies d'origine avec des trous ronds prédécoupés de 38 mm de diamètre espacés d'environ 380 mm.

Des trous additionnels peuvent être pratiqués dans l'âme de la poutrelle afin de permettre le passage de câbles, gaines et tuyaux.

Les trous dont le diamètre n'excède pas 38 mm de diamètre peuvent être percés dans l'âme sans restriction quant à leur localisation sous réserve de respecter une distance minimale de deux diamètres entre les bords des trous.

Les distances minimales aux appuis qui résultent du calcul des trous sont issues du comportement des poutrelles NI utilisées suivant leurs portées et charges maximales admissibles. Une étude au cas par cas, par les services techniques de Nordic, est possible en fonction des conditions d'emploi.

Par ailleurs, il est strictement interdit de couper ou d'entailler les membrures.

6.4 Accrochage de charges à la membrure inférieure

6.4.1 Charges ponctuelles

La fixation de charges ponctuelles à la membrure inférieure est possible dans la limite de charges de 160 daN avec un entraxe minimum de 1,50 m entre deux charges successives.

6.4.2 Charges uniformément réparties

La fixation de charges uniformément réparties à la membrure inférieure est possible dans la limite de 100 daN/m.

7. Dimensionnement

7.1 Vérification de la capacité résistante en flexion simple

Le moment fléchissant et l'effort tranchant agissant sur la poutrelle et les réactions aux appuis sont calculés en appliquant les combinaisons propres aux Eurocodes.

Le type de poutrelle est choisi par comparaison directe :

- de ce moment avec le moment fléchissant de calcul au sens de l'Eurocode à partir du moment caractéristique ;

- de cet effort tranchant avec l'effort tranchant de calcul au sens de l'Eurocode à partir de l'effort tranchant caractéristique ;
- de cette réaction d'appui avec la capacité portante sous appui de calcul au sens de l'Eurocode à partir de la capacité portante caractéristique.

Ces valeurs caractéristiques sont données dans le tableau 4 « propriétés mécaniques caractéristiques » des poutrelles NI dudit dossier, ce dernier reprenant le tableau A2.2 de l'annexe 2 de l'Agrément Technique Européen ETA-09/0035.

L'utilisation des valeurs caractéristiques suppose que le déversement de la poutrelle est empêché par le maintien continu de la membrure comprimée. Lorsque la membrure comprimée est maintenue de façon discontinue ou encore non maintenue, il est tenu compte du risque de déversement de la poutrelle dû au flambement de cette membrure.

7.2 Vérification des déformations

La flèche est calculée en tenant compte d'une part du terme dû à l'influence du moment fléchissant, d'autre part du terme dû à l'influence de l'effort tranchant.

Dans le cas particulier d'une poutrelle soumise à une charge uniformément répartie, la flèche totale est calculée par la formule suivante :

$$\Delta T = \Delta F + \Delta S = (5 q L^4 / 384 EI) + (q L^2 / 8 GA)$$

avec :

ΔT : flèche totale

ΔF : flèche due à la flexion

ΔS : flèche due au cisaillement

q : charge uniformément répartie (kN/m)

L : distance entre les appuis (m)

EI : rigidité en flexion de la poutrelle suivant le tableau 4

GA : rigidité en cisaillement de la poutrelle suivant le tableau 4

La flèche totale calculée est majorée pour prendre en compte l'effet du fluage des matériaux.

B. Résultats expérimentaux

APA Test Report T2000P-26: I-Joist Qualification Tests for Les Chan-tiers de Chibougamau, December 4, 2000;

APA Test Report T2001P-10: I-Joist Qualification Tests of Nordic NI-40x Proprietary Series, April 6, 2001;

Addendum to APA Report T2001P-10, dated September 19, 2001;

APA Test Report T2001P-23: Qualification Tests of NI-40x and PRI-60 I-Joists Using Iso-set Adhesive for Flange Jointing, April 11, 2001;

Addendum to APA Report T2001P-23, dated September 19, 2001;

APA Test Report T2001P-26: PRI-80 and Proprietary NI-80 Series I-Joist Qualification Tests, May 4, 2001;

APA Test Report T2001P-34: New Adhesive Qualification for NI-40x and PRI-60 I-Joists, October 8, 2001;

APA Test Report T2001P-36: PRI-20 and NI-20 Series I-Joist Qualification Tests, July 11, 2001;

APA Test Report T2003P-56: Qualification on 9-1/2" and 11-7/8" NI-40x and NI-60 I-Joists with Grant OSB Web, January 19, 2004;

APA Test Report T2003P-77A: ASTM D5055-02 I-Joist Moment Capacities for Nordic Engineered Wood, Revised January 19, 2004;

APA Test Report T2004P-3: Qualification on 2nd I-Joist Production Line for Nordic Engineered Wood, October 7, 2004;

APA Test Report T2004P-74: New I-Joist Design Values on Shear, End Reaction and Intermediate Reaction, November 12, 2004;

APA Test Report T2005P-30: Grant Web Qualification for Nordic I-Joists with Parallel Web, July 20, 2005;

APA Test Report T2005P-31: Nordic I-Joists with Perpendicular Web Manufactured on Line 2, July 12, 2005;

APA Test Report T2006P-12: Hexion PRF Adhesive Qualification, October 18, 2006;

APA Test Report T2006P-13: Qualification of 9-1/4" through 11-7/8" NI-20 I-Joists with Vertical Web Orientation, June 29, 2007;

APA Test Report T2007P-76: Qualification of Ashland UX-200/WD3-A300 Finger-Joint Adhesive, August 31, 2007;

APA Test Report T2007P-79A: Qualification of New NI-20 Flanges, September 14, 2007;

APA Test Report T2007P-81: I-Joist Design Values on Intermediate Reaction with Stiffeners, January 18, 2008;

APA Test Report T2007P-91: Verification of ER and IR Capacities of NI-40x and NI-80 I-Joists for ETAG 011 Pre-assessment, December 13, 2007;

C. Références

Les poutrelles NI (Nordic) sont fabriquées et mises en œuvre depuis 2001 aux États-Unis et au Canada.

Les poutrelles « NI » bénéficient des agréments suivants :

- États-Unis : ESR-1742 (réémis 2009)
- Canada : CCMC 13032R (révisé 2009)
- Grande-Bretagne : Q-Mark EWP-013 (2007)

Tableaux et figures du Dossier Technique

Tableau 1 – Gamme des poutrelles NI

| Type de poutrelle | Membrures (bois jointé) | | Âme OSB | Gamme des Hauteurs (mm) |
|-------------------|-------------------------|------------|----------------|-------------------------|
| | Hauteur x Largeur (mm) | Qualité | Épaisseur (mm) | |
| NI-20 | 38 x 64 | S-P-F No.2 | 9,5 | 235 à 302 |
| NI-40 | 38 x 64 | MSR 1650f | 9,5 | 241 à 406 |
| NI-40x | 38 x 64 | MSR 1950f | 9,5 | 200 à 406 |
| NI-60 | 38 x 64 | MSR 2100f | 9,5 | 200 à 406 |
| NI-80 | 38 x 89 | MSR 2100f | 9,5 | 200 à 406 |

Tableau 2 – Membrures en bois jointé / Résistances caractéristiques (Dimensionnement selon EN 1995-1)

| Propriétés | | NI-20 | NI-40 | NI-40x | NI-60 | NI-80 |
|--|------------|-------|-------|--------|-------|-------|
| Flexion transversale (N/mm ²) | $f_{m,k}$ | 12,67 | 23,89 | 26,06 | 30,41 | 30,41 |
| Traction axiale (N/mm ²) | $f_{t,k}$ | 15,56 | 16,51 | 17,37 | 22,80 | 22,80 |
| Compression axiale (N/mm ²) | $f_{c,k}$ | 15,07 | 22,27 | 22,93 | 24,56 | 24,56 |
| Cisaillement (N/mm ²) | $f_{v,k}$ | 1,95 | 1,95 | 1,95 | 2,32 | 2,32 |
| Module d'élasticité moyen (N/mm ²) | E_{mean} | 8274 | 10687 | 11997 | 12755 | 12755 |
| Module d'élasticité minimum (N/mm ²) | $E_{0,05}$ | 4871 | 8753 | 9826 | 10447 | 10447 |

Tableau 3 – Âme en OSB / Résistances caractéristiques (Dimensionnement selon EN 1995-1)

| Propriétés | | OSB 9,5 mm |
|---|------------------|------------|
| Traction axiale, parallèle (N/mm ²) | $f_{t,0,k}$ | 7,40 |
| Compression axiale, parallèle (N/mm ²) | $f_{c,0,k}$ | 8,29 |
| Traction axiale, perpendiculaire (N/mm ²) | $f_{t,90,k}$ | 2,50 |
| Compression axiale, perpendiculaire (N/mm ²) | $f_{c,90,k}$ | 7,28 |
| Résistance au cisaillement (N/mm ²) | f_v | 5,98 |
| Module de cisaillement (N/mm ²) | G_v | 1425 |
| Module d'élasticité, parallèle (N/mm ²) | $E_{axial,0,k}$ | 5233 |
| Module d'élasticité, perpendiculaire (N/mm ²) | $E_{axial,90,k}$ | 3830 |

Tableau 4 – Poutrelles NI / Propriétés mécaniques caractéristiques (Dimensionnement selon EN 1995-1)

| Hauteur (mm) | Type de poutrelle | Moment fléchissant M (kN-m) | Rigidité de flexion EI (10 ¹² N-mm ²) | Effort tranchant V (kN) | Rigidité de cisaillement GA (10 ⁶ N) | Appui ⁽¹⁾ intermédiaire IR (kN) | Appui ⁽²⁾ d'extrémité ER (kN) | Poids (kg/m) |
|-----------------|-------------------|--------------------------------|---|----------------------------|--|--|--|-----------------|
| 200 | NI-40x | 6,58 | 0,387 | 9,28 | 1,991 | 19,92 | 9,28 | 3,50 |
| | NI-60 | 8,64 | 0,410 | 9,28 | 1,991 | 19,92 | 9,28 | 3,79 |
| | NI-80 | 12,21 | 0,575 | 9,28 | 1,991 | 19,92 | 9,28 | 4,54 |
| 220 | NI-40x | 7,39 | 0,487 | 10,33 | 2,263 | 19,92 | 9,28 | 3,65 |
| | NI-60 | 9,70 | 0,517 | 10,33 | 2,263 | 19,92 | 9,28 | 3,94 |
| | NI-80 | 13,71 | 0,725 | 10,33 | 2,263 | 19,92 | 9,28 | 4,69 |
| 235 | NI-20 | 6,79 | 0,399 | 11,39 | 2,470 | 17,92 | 9,49 | 3,79 |
| | NI-40x | 7,99 | 0,571 | 12,33 | 2,466 | 21,07 | 10,54 | 3,88 |
| | NI-80 | 14,83 | 0,848 | 12,33 | 2,466 | 23,61 | 11,81 | 4,69 |
| 241 | NI-20 | 7,01 | 0,426 | 11,81 | 2,556 | 17,92 | 9,49 | 3,79 |
| | NI-40 | 7,84 | 0,543 | 11,81 | 2,552 | 21,07 | 10,54 | 3,94 |
| | NI-40x | 8,25 | 0,609 | 12,65 | 2,552 | 23,61 | 11,81 | 3,94 |
| | NI-60 | 10,83 | 0,646 | 12,65 | 2,552 | 23,61 | 11,81 | 4,14 |
| | NI-80 | 15,31 | 0,904 | 12,65 | 2,552 | 25,09 | 12,55 | 4,87 |
| 286 | NI-20 | 8,54 | 0,638 | 14,13 | 3,160 | 18,98 | 9,49 | 4,09 |
| | NI-40x | 10,04 | 0,907 | 14,86 | 3,155 | 28,99 | 13,18 | 4,18 |
| | NI-80 | 18,65 | 1,344 | 14,86 | 3,155 | 27,12 | 14,02 | 5,04 |
| 302 | NI-20 | 9,08 | 0,724 | 14,97 | 3,375 | 18,98 | 9,49 | 4,24 |
| | NI-40 | 10,15 | 0,919 | 14,97 | 3,371 | 25,25 | 12,12 | 4,24 |
| | NI-40x | 10,68 | 1,029 | 15,60 | 3,371 | 28,99 | 13,18 | 4,24 |
| | NI-60 | 14,02 | 1,091 | 15,60 | 3,371 | 28,99 | 13,18 | 4,45 |
| | NI-80 | 19,84 | 1,523 | 15,60 | 3,371 | 30,57 | 14,02 | 5,13 |
| 356 | NI-40x | 12,86 | 1,506 | 17,81 | 4,104 | 28,99 | 13,18 | 4,46 |
| | NI-60 | 16,88 | 1,595 | 17,81 | 4,104 | 28,99 | 13,18 | 4,69 |
| | NI-80 | 23,89 | 2,221 | 18,24 | 4,104 | 32,09 | 14,02 | 5,58 |
| 406 | NI-40x | 14,91 | 2,043 | 17,28 | 4,794 | 28,99 | 13,18 | 4,91 |
| | NI-60 | 19,58 | 2,163 | 17,28 | 4,794 | 28,99 | 13,18 | 5,15 |
| | NI-80 | 27,70 | 3,004 | 20,77 | 4,794 | 34,89 | 14,02 | 5,88 |

⁽¹⁾ La longueur d'appui minimale est de 89 mm pour les appuis intermédiaires.

⁽²⁾ La longueur d'appui minimale est de 45 mm pour les appuis d'extrémité.

Tableau 5 – Membrures en bois jointé / Contraintes admissibles (Dimensionnement selon CB71)

| Propriétés | | NI-20 | NI-40 | NI-40x | NI-60 | NI-80 |
|--|--------------|-------|-------|--------|-------|-------|
| Flexion transversale (N/mm ²) | s_t | 6,03 | 11,38 | 12,41 | 14,48 | 14,48 |
| Traction axiale (N/mm ²) | s | 7,41 | 7,86 | 6,37 | 10,86 | 10,86 |
| Compression axiale (N/mm ²) | s' | 7,18 | 10,60 | 10,92 | 11,70 | 11,70 |
| Cisaillement (N/mm ²) | τ | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 1,10 | 1,10 |
| Module d'élasticité moyen (N/mm ²) | E_F | 8274 | 10687 | 11997 | 12755 | 12755 |
| Module d'élasticité minimum (N/mm ²) | $E_{0,0,05}$ | 4871 | 8753 | 9826 | 10447 | 10447 |

Tableau 6 – Âme en OSB / Contraintes admissibles (Dimensionnement selon CB71)

| Propriétés | | OSB 9,5 mm |
|---|----------------|------------|
| Traction axiale, parallèle (N/mm ²) | s | 2,42 |
| Compression axiale, parallèle (N/mm ²) | s' | 2,71 |
| Traction axiale, perpendiculaire (N/mm ²) | s_t | 0,82 |
| Compression axiale, perpendiculaire (N/mm ²) | s'_t | 2,38 |
| Résistance au cisaillement (N/mm ²) | τ | 1,96 |
| Module de cisaillement (N/mm ²) | E_G | 1425 |
| Module d'élasticité, parallèle (N/mm ²) | $E_{axial,0}$ | 5233 |
| Module d'élasticité, perpendiculaire (N/mm ²) | $E_{axial,90}$ | 3830 |

Tableau 7 – Poutrelles NI / Propriétés mécaniques admissibles (Dimensionnement selon CB71)

| Hauteur (mm) | Type de poutrelle | Moment fléchissant M (kN-m) | Rigidité de flexion EI (10 ¹² N-mm ²) | Effort tranchant V (kN) | Rigidité de cisaillement GA (10 ⁶ N) | Appui ⁽¹⁾ intermédiaire IR (kN) | Appui ⁽²⁾ d'extrémité ER (kN) | Poids (kg/m) |
|-----------------|-------------------|--------------------------------|---|----------------------------|--|--|--|-----------------|
| 200 | NI-40x | 3,13 | 0,387 | 3,04 | 1,991 | 6,52 | 3,04 | 3,50 |
| | NI-60 | 4,11 | 0,410 | 3,04 | 1,991 | 6,52 | 3,04 | 3,79 |
| | NI-80 | 5,81 | 0,575 | 3,04 | 1,991 | 6,52 | 3,04 | 4,54 |
| 220 | NI-40x | 3,52 | 0,487 | 3,38 | 2,263 | 6,52 | 3,04 | 3,65 |
| | NI-60 | 4,62 | 0,517 | 3,38 | 2,263 | 6,52 | 3,04 | 3,94 |
| | NI-80 | 6,53 | 0,725 | 3,38 | 2,263 | 6,52 | 3,04 | 4,69 |
| 235 | NI-20 | 3,23 | 0,399 | 3,73 | 2,470 | 5,87 | 3,11 | 3,79 |
| | NI-40x | 3,80 | 0,571 | 4,04 | 2,466 | 6,90 | 3,45 | 3,88 |
| | NI-80 | 7,06 | 0,848 | 4,04 | 2,466 | 7,73 | 3,87 | 4,69 |
| 241 | NI-20 | 3,34 | 0,426 | 3,87 | 2,556 | 5,87 | 3,11 | 3,79 |
| | NI-40 | 3,73 | 0,543 | 3,87 | 2,552 | 6,90 | 3,45 | 3,94 |
| | NI-40x | 3,93 | 0,609 | 4,14 | 2,552 | 7,73 | 3,87 | 3,94 |
| | NI-60 | 5,16 | 0,646 | 4,14 | 2,552 | 7,73 | 3,87 | 4,14 |
| | NI-80 | 7,29 | 0,904 | 4,14 | 2,552 | 8,21 | 4,11 | 4,87 |
| 286 | NI-20 | 4,07 | 0,638 | 4,63 | 3,160 | 6,21 | 3,11 | 4,09 |
| | NI-40x | 4,78 | 0,907 | 4,86 | 3,155 | 9,49 | 4,31 | 4,18 |
| | NI-80 | 8,88 | 1,344 | 4,86 | 3,155 | 8,88 | 4,59 | 5,04 |
| 302 | NI-20 | 4,32 | 0,724 | 4,90 | 3,375 | 6,21 | 3,11 | 4,24 |
| | NI-40 | 4,83 | 0,919 | 4,90 | 3,371 | 8,27 | 3,97 | 4,24 |
| | NI-40x | 5,09 | 1,029 | 5,11 | 3,371 | 9,49 | 4,31 | 4,24 |
| | NI-60 | 6,68 | 1,091 | 5,11 | 3,371 | 9,49 | 4,31 | 4,45 |
| | NI-80 | 9,45 | 1,523 | 5,11 | 3,371 | 10,01 | 4,59 | 5,13 |
| 356 | NI-40x | 6,12 | 1,506 | 5,83 | 4,104 | 9,49 | 4,31 | 4,46 |
| | NI-60 | 8,04 | 1,595 | 5,83 | 4,104 | 9,49 | 4,31 | 4,69 |
| | NI-80 | 11,38 | 2,221 | 5,97 | 4,104 | 10,51 | 4,59 | 5,58 |
| 406 | NI-40x | 7,10 | 2,043 | 5,66 | 4,794 | 9,49 | 4,31 | 4,91 |
| | NI-60 | 9,32 | 2,163 | 5,66 | 4,794 | 9,49 | 4,31 | 5,15 |
| | NI-80 | 13,19 | 3,004 | 6,80 | 4,794 | 11,42 | 4,59 | 5,88 |

⁽¹⁾ La longueur d'appui minimale est de 89 mm pour les appuis intermédiaires.

⁽²⁾ La longueur d'appui minimale est de 45 mm pour les appuis d'extrémité.

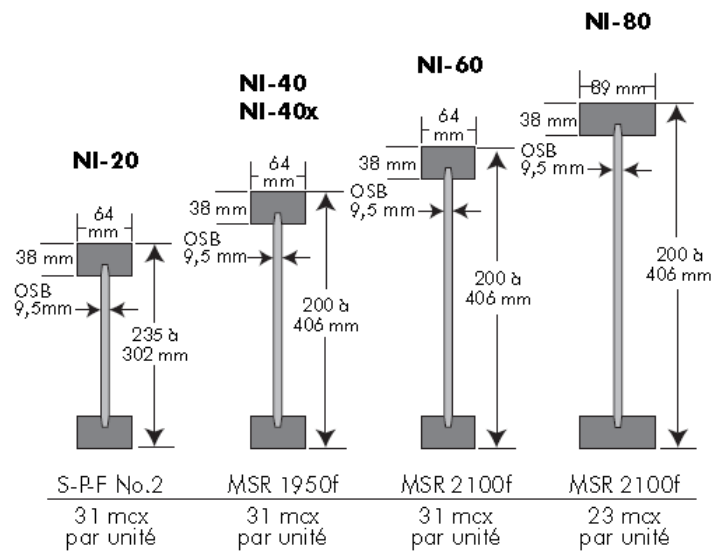
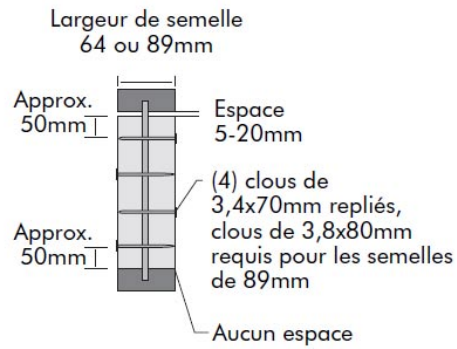


Figure 1 – Sections standards des poutrelles NI (NI)

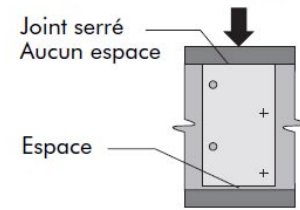


Voir le tableau ci-dessous pour les dimensions requises des raidisseurs d'âme

DIMENSIONS REQUISES

| Largeur de la semelle | Dimension du raidisseur de chaque côté de l'âme |
|-----------------------|---|
| 64mm | 25x60mm largeur minimale |
| 89mm | 38x60mm largeur minimale |

CHARGE CONCENTRÉE
(Raidisseur de charge)



APPUI D'EXTRÉMITÉ
(Raidisseur d'appui)

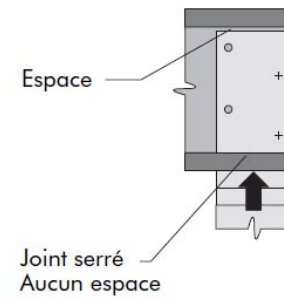


Figure 2 – Renforts d'âme (raidisseurs d'âme)