

Avis Technique 3/09-634

Ossature
Frame
Stabwerk

KERTO[®] -RIPA & MAXI

Titulaire : Metsäliitto Cooperative Finnforest Corporation
Kerto Business Unit
1. Tehtaankatu, FI-08100 Lohja, FINLANDE

Tél. : 01 41 32 36 36

Fax : 01 41 32 36 35

E-mail : construction.france@finnforest.com

Internet : www.finnforest.fr

Usines :

1. Metsäliitto Cooperative Finnforest, FI-08100 Lohja, FINLANDE
2. Construction Millet Bois, Rue de Lattre-79700 Mauléon, France
La Boujalière-79140 Le Pin, France
3. Masson Bois, Rd Point Beauséjour RN12-35133 Beaucé, France

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 3 novembre 2010

Le groupe spécialisé N° «3» de la commission chargée de formuler les avis techniques, a examiné le 14 Décembre 2009 le procédé de collage d'éléments structuraux de grandes dimensions réalisés à partir de Lamibois Kerto pour la société Finnforest. Il a formulé sur le procédé l'Avis Technique ci-après. A cet Avis est associé un suivi, par le CEBTP, des conditions de fabrication et de contrôle, à l'application desquelles est soumise sa validité.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Les procédés Kerto®-Ripa & Maxi sont des éléments de structure bois de grandes dimensions fabriqués à partir de produits en Lamibois (LVL) visés par la norme NF EN 14374. Ces éléments sont collés à l'aide d'un adhésif spécifique polyuréthane mono composant. Le collage à basse pression, réalisé en usine, est assuré par des organes métalliques dédiés assurant une pression de serrage suffisante.

Le procédé permet la réalisation de caissons, poutres en I, poutres caissons et poteaux multi-plis.

Les éléments structuraux fabriqués sont destinés à entrer dans la réalisation d'ensembles de type planchers, supports de couverture, porteurs de type poteau ou poutre.

Le procédé Kerto®-Ripa & Maxi est destiné à la réalisation des ouvrages de structure cités ci-dessus dans les bâtiments à usage d'habitation, Etablissements Recevant du Public, Bâtiments de bureaux ou industriels, et ce en classes de service 1 et 2 au sens de la norme NF EN 1995-1-1 et en classes d'emploi 1 et 2 au sens de la norme NF EN 335.

1.2 Identification

Les éléments Kerto®-Ripa & Maxi sont systématiquement marqués. Le marquage renseigne sur :

- Le type d'élément préfabriqué :
 - H pour caisson autoportant en H,
 - T pour un caisson autoportant en T,
 - I pour une poutre en I,
 - C pour une poutre caisson,
 - P pour un poteau multiplis.
- Les dimensions de l'élément
- Le type d'adhésif
- Un numéro d'ordre de fabrication
- L'identification du fabricant
- La date de fabrication de l'élément

L'emplacement du marquage est défini par le « Plan de Management de la Qualité » de chaque fabricant.

2. AVIS

L'avis 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).

L'Avis ne vaut que pour les fabrications de composants Kerto®-Ripa & Maxi faisant l'objet d'un suivi de fabrication par le CEBTP (2 visites par an) destinées à vérifier notamment le respect des obligations du contrôle interne pour les opérations de collage.

L'Avis n'est valable que si la température n'excède pas 50°C en service continu au niveau du plan de collage.

Les procédés Kerto®-Ripa & Maxi traités par des produits d'ignifugation non ne sont pas visés par le présent Avis.

Le procédé Kerto®-Ripa destiné à la réalisation de toitures terrasses dont la pente est inférieure à 1% n'est pas visé par le présent Avis.

2.1 Domaine d'emploi accepté

L'Avis est formulé pour les utilisations en France européenne, zones sismiques incluses dans les conditions précisées au § 2.316 du CPTP de l'Avis.

Le domaine d'emploi proposé est accepté par le Groupe Spécialisé n°3, à savoir les utilisations dans les bâtiments d'habitation, de bureaux ou d'Etablissements Recevant du Public (ERP), en réhabilitation ou en construction neuve, dans les conditions énoncées dans les paragraphes ci-après.

Le domaine d'emploi proposé est accepté avec la précision que les éléments Kerto®-Ripa & Maxi sont utilisés sous des charges à caractère principalement statique, sans chocs répétés ni importants, ni sollicitations donnant lieu à des phénomènes de fatigue.

Le présent Avis Technique ne vise pas les cas suivants :

- Cloisons lourdes (masse > 250 kg/ml) parallèles au sens de portée des caissons Kerto® Ripa,
- Charges ponctuelles d'intensité supérieure à 500 daN,
- Caissons Kerto®-Ripa adjacents et liés, dont le rapport des portées n'est pas compris entre 0,9 et 1,10 et, d'une manière générale toute situation pouvant conduire à des cisaillements verticaux importants à la liaison entre deux caissons successifs.

2.2 Appréciation sur le procédé

2.21 Aptitude à l'emploi

2.211 Stabilité

La résistance et la stabilité de l'ossature sont normalement assurées dans le domaine d'emploi accepté sous réserve de justifier les composants Kerto®-Ripa & Maxi conformément aux documents techniques de référence indiqués au paragraphe 7 du Dossier Technique et de respecter les dispositions complémentaires données au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières (§ 2,3 ci-après).

2.212 Sécurité au feu

Résistance au feu

Les procédés Kerto®-Ripa & Maxi sont à même de satisfaire des degrés de stabilité au feu et de coupe-feu allant jusqu'à une heure, avec ou sans protection rapportée.

Lorsqu'un degré de stabilité au feu ou de coupe-feu est requis pour les composants Kerto®-Ripa & Maxi, celui-ci doit être vérifié dans les conditions indiquées au § 2.314 du Cahier des Prescriptions Techniques Particulières ci-après. Ces conditions font l'objet d'une validation par l'Avis de résistance au feu n°CO10.1821.

Réaction au feu

Les éléments en Lamibois Kerto® n'ayant subi aucun traitement de surface sont classés D-s1, d0 suivant la classification de l'Eurocode en vigueur.

L'adéquation entre ce classement et les exigences réglementaires doit être examinée au cas par cas en fonction du type de bâtiment et de l'emplacement du panneau dans l'ouvrage.

Protection vis-à-vis d'un feu provenant de l'extérieur

Dans le cas d'utilisation des caissons Kerto®-Ripa en tant que support de couverture, la satisfaction des exigences réglementaires vis-à-vis des risques liés à un feu extérieur dépend du type de couverture mis en œuvre. On se référera soit aux classements génériques conventionnels dans le cas de couvertures traditionnelles, soit au classement propre du produit utilisé lorsqu'il ne relève pas d'une technique traditionnelle.

2.213 Séisme

Le système Kerto® -Ripa & Maxi peut satisfaire aux exigences de sécurité en cas de séisme sous réserve du respect des conditions précisées au § 2.316 du Cahier des Prescriptions Techniques ci-après.

2.214 Sécurité du travail sur chantier

La sécurité du travail sur chantier peut être normalement assurée, en ce qui concerne le procédé proprement dit, si :

- les précautions habituelles sont prises pour la manutention d'éléments préfabriqués de grandes dimensions,
- les prescriptions de mise en œuvre du tenant de système, ainsi que les prescriptions et les vérifications prévues dans le Cahier des Prescriptions Techniques Particulières sont effectuées et satisfaites,
- les machines et les accessoires de levage (dispositifs de préhension) utilisés pour déplacer les éléments sont parfaitement adaptés à la géométrie et au poids propre des éléments, et font l'objet des vérifications et épreuves réglementaires.
- le dimensionnement des éléments préfabriqués Kerto®-Ripa & Maxi permet de satisfaire aux conditions de mise en œuvre visées dans l'Eurocode EN 1991-1-6/NA.

La phase de manutention pouvant générer des efforts nettement supérieurs à ceux subis par les éléments mis en œuvre dans l'ouvrage, les points d'attaches conçus et prescrits doivent être respectés sur chantier.

Lors des phases provisoires, et tant que l'ensemble des éléments nécessaires au contreventement définitif de l'ouvrage ne sont pas mis en œuvre, la stabilité des éléments Kerto®-Ripa & Maxi doit être assurée au moyen d'un étaielement garantissant la stabilité particulière de chaque élément et la stabilité générale du bâtiment en cours de construction.

D'une manière générale, et quelle que soit la fonction des éléments Kerto®-Ripa & Maxi dans l'ouvrage, la mise en œuvre des éléments impose les dispositions usuelles relatives à la sécurité des personnes contre les chutes de hauteur.

2.215 Isolation thermique

Le caisson Kerto®-Ripa est par lui-même peu isolant ; il peut être nécessaire de compléter son isolation thermique.

Le calcul de la résistance thermique utile des planchers doit être mené conformément aux règles Th-U de la RT 2005 en prenant pour conductivité thermique utile du Kerto® $\lambda = 0,15$ W/m.K, pour capacité thermique massique $C_p = 1600$ J/kg.K, et pour facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau $\mu = 200$ (sec) et $\mu = 70$ (humide).

2.216 Isolation acoustique

Les caissons Kerto®-Ripa seuls ne permettent pas toujours de satisfaire les exigences en vigueur en matière d'isolation acoustique entre logements dans les bâtiments d'habitation. L'atteinte des critères d'isolation fixés par la réglementation nécessite parfois la mise en œuvre de matériaux d'isolation acoustique ou d'ouvrages complémentaires.

Des essais en laboratoire sur caissons Kerto®-Ripa font apparaître les performances d'affaiblissement acoustique et de niveau de bruit de choc normalisé pour certaines configurations de planchers utilisant la technologie des caissons Kerto®-Ripa. Ces résultats sont retranscrits dans le Dossier Technique. L'annexe 2, du Dossier Technique, fournit des solutions types lorsque les exigences acoustiques sont requises.

2.217 Etanchéité

Les caissons Kerto®-Ripa eux-mêmes ne sont pas destinés à jouer un rôle vis-à-vis de l'étanchéité à l'eau.

Par ailleurs, l'étanchéité à l'air et à l'eau des caissons Kerto®-Ripa ne présente pas de particularité par rapport à ceux visés dans le cadre du DTU 51.3 (Planchers en bois ou en panneaux dérivés du bois).

2.218 Informations utiles complémentaires

Qualité environnementales et sanitaire

Les procédés Kerto® -Ripa & Maxi ne font pas l'objet de Fiches de Déclaration Environnementales et Sanitaires conformes à la norme NF P 01-010.

Concernant les émissions de formaldéhyde, le Kerto® est de classe E1.

2.22 Durabilité – Entretien

Compte tenu de la limitation à des usages exposant les éléments de structure Kerto®-Ripa & Maxi 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 § 2.317 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 éléments Kerto®-Ripa & Maxi répondent à la réglementation en vigueur sous réserve des dispositions complémentaires données au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières (§ 2.317 ci-après).

2.23 Fabrication et contrôle

La réalisation des éléments de structure Kerto®-Ripa & Maxi est régie par les documents de fabrication suivant :

- Principes généraux des produits Kerto® collés qui définissent les responsabilités de Finnforest France ainsi que celles des sous-traitants et/ou les producteurs ;
- Guide de Conception et de Calcul qui caractérise le calcul et le dimensionnement de l'élément structural collé considéré conformément aux Eurocodes ;
- Manuel de Production qui définit le processus de fabrication ;
- Manuel de Contrôle Qualité qui définit la procédure de contrôle qualité.

La fabrication des éléments de structure Kerto®-Ripa & Maxi est assurée exclusivement par les usines visées par le présent Avis Technique.

Le suivi de la production est effectué dans le cadre des procédures internes d'autocontrôle.

L'autocontrôle exercé dans les usines de fabrication fait l'objet d'un suivi extérieur deux fois par an assuré par le CEBTP.

Le contrôle de qualité s'opère en particulier au travers du prélèvement de carottes au niveau des plans de collage selon les prescriptions suivantes :

- les carottes font l'objet d'essais de cisaillement et la contrainte de rupture minimale du joint de colle doit être de 3,2 N/mm²,
- une carotte doit être prélevée au moins tous les 30 ml de collage, avec un minimum de deux carottages par élément fabriqué,
- les carottages sont répartis au mieux entre les différents plans de collage,
- une synthèse des résultats d'essais est adressée au CSTB deux fois par an.

2.3 Cahier des prescriptions techniques particulières

2.31 Conditions de conception et de calcul

La conception et le calcul des Les procédés Kerto®-Ripa & Maxi sont laissés à la charge du bureau d'études techniques de l'opération ou intégré à l'usine de fabrication (sous assistance technique Finnforest) qui doit également fournir un plan de pose complet.

Un logiciel de pré-dimensionnement FINNWOOD ainsi que des notices sont tenues à disposition des bureaux d'étude par le titulaire afin de présenter la méthode de calcul ainsi que des exemples :

- « Panneaux Caissons Kerto® Autoportants collés - Guide de conception et calcul SU-PU-RK-ENG-1_FR-3, 08/02/2007 »,
- « Poutres Caissons et en I collées - Guide de conception et calcul SU-PU-IK-ENG-2_FR-3, 01/06/2006 »,
- « Poteaux multiplis - Guide de conception et calcul VTTS0584309, 18/08/2009 »,

Les ouvrages doivent être dimensionnés et vérifiés par référence aux normes de la série EN 1995 et leur Annexe Nationale.

Les charges d'exploitation à prendre en considération dans les calculs sont celles précisées par la norme EN 1991 et leur Annexe Nationale.

Les facteurs partiels de sécurité sur le Kerto® visé par la norme EN 14374 sont définis conformément aux prescriptions des références ci-dessus.

2.311 Dimensionnement des caissons auto-portants Kerto®-Ripa

Ce dimensionnement doit être effectué conformément au §7.1 du Dossier Technique en considérant les combinaisons d'action des Eurocodes et en appliquant les coefficients k_{mod} à l'ELU et k_{def} à l'ELS fonction de la classe de service et de la durée d'application des charges définis pour le LVL dans la norme NF EN 1995-1-1.

Le "fléchissement actif", pouvant nuire aux revêtements de sols rigides, comporte :

- les déformations différées sous l'action du poids propre du plancher,
- les déformations totales dues aux charges permanentes mises en œuvre après les éléments fragiles,
- les déformations différées sous l'action de toutes les charges permanentes,
- les déformations totales dues à la part quasi permanente des charges d'exploitation.

Il ne doit pas dépasser :

- soit $L/500$ de la portée si celle-ci est $\leq 5,0m$;
- ou $0,5cm + L/1\ 000$ de la portée si celle-ci est supérieure à $5,0m$, sinon ;

Pour les planchers n'ayant pas à supporter des revêtements de sols rigides, le "fléchissement actif" est limité, par la norme, ou en l'absence d'autres précisions, aux valeurs suivantes :

- soit $L/350$ de la portée si celle-ci est $\leq 3,50m$
- soit $0,5\ cm + L/700$ de la portée si celle-ci est supérieure à $3,50\ m$

Pour les supports de couverture, la flèche totale limite dépend du type de couverture mis en œuvre. Les valeurs à prendre en compte découlent de l'application des DTU propres à chaque type de couverture. On se référera aux limites fixées dans les DTU de la série 40 pour les différents types de couverture et au DTU 43.4 pour ce qui concerne le cas des panneaux supports d'étanchéité.

Pour les supports de couverture, dimensionner et placer judicieusement les trop-pleins prévus en toiture de manière à écarter tout risque d'accumulation d'eau lors de précipitations exceptionnelles due aux effets mutuellement aggravant d'augmentation de la flèche par la charge d'eau et d'augmentation de la charge d'eau par la flèche.

Les flèches sont calculées en tenant compte du fluage au travers notamment du coefficient k_{def} défini dans la norme NF EN 1995-1-1.

Dans tous les cas le fléchissement dû à toutes les charges est limité conventionnellement à $1/250$ de la portée.

Le cisaillement entre panneaux adjacents sous effort tranchant doit être justifié.

La solution d'assemblage A entre caissons Kerto®-Ripa présenté au §7.1121 ne permet pas de transférer d'effort tranchant ou de moments. Les membrures supérieures sont alors justifiées en porte à faux.

La reprise des efforts de flexion transversale entre âmes parallèles doit être justifiée en tenant compte de la seule section des membrures supérieures.

La robustesse d'ensemble (capacité des caissons adjacents à reprendre la charge d'un caisson défaillant) et la robustesse des caissons (capacité du caisson à jouer son rôle dans le cas où un plan de colle âme membrure est défaillant) doivent être vérifiées.

La membrure supérieure des caissons doit toujours reposer sur 3 appuis au minimum. Elle doit être justifiée sous charge répartie et sous charge ponctuelle.

Vérification complémentaire de la membrure supérieure à l'ELU sous charge ponctuelle:

Cette vérification doit être réalisée en considérant la charge ponctuelle d'exploitation Q_k pour une vérification de la résistance des membrures Kerto®-Q entre deux nervures et $Q_k/2$ pour la vérification de la résistance du panneau Kerto®-Q au niveau d'un joint (système avec panneau en porte-à-faux à considérer le cas échéant).

La vérification doit être réalisée en considérant les propriétés mécaniques du Kerto®-Q à 90° et un k_{mod} du Kerto® associée à une durée de charge de moyen terme.

Vérification complémentaire de la membrure supérieure à l'ELS sous charge ponctuelle:

Cette vérification doit être réalisée en considérant la charge ponctuelle d'exploitation Q_k pour une vérification de la résistance des membrures Kerto®-Q entre deux nervures et $Q_k/2$ pour la vérification de la résistance du panneau Kerto®-Q au niveau d'un joint (système avec panneau en porte-à-faux à considérer le cas échéant)

La vérification doit être réalisée en considérant les propriétés mécaniques du Kerto®-Q à 90° et un k_{mod} du Kerto® associée à une durée de charge de moyen terme.

La flèche calculée devra être limitée à $l/250$ ou w_2

l est la portée entre 2 âmes.

w_2 est la valeur de déformation fixée par les DTU correspondants, si disponible.

Réservations:

Des réservations peuvent être réalisées dans un caisson autoportant pourvu que les âmes et/ou membrures interrompues ne soient pas pris en compte dans le dimensionnement du caisson (élément simple tel que défini §7.1 du dossier technique non pris en compte).

Des percements d'un diamètre de 50 mm maximum peuvent être réalisés dans les âmes, à condition qu'ils soient :

- positionnés dans le tiers central de la portée,
- espacés entre eux d'au moins une fois la hauteur d'âme avec un minimum de 300 mm,
- distant de l'appui d'au moins la moitié de la hauteur d'âme.

Dans le cadre de réalisation de réservations, la contrainte de cisaillement doit être calculée en tenant compte de la réduction effective de hauteur.

Il n'est pas permis de réaliser sur chantier des réservations ou percements non prévus en conception.

2.312 Dimensionnement des poutres caissons et en I Kerto®-Maxi

Ce dimensionnement doit être effectué conformément au §7.2 du Dossier Technique en considérant les combinaisons d'action des Eurocodes et en appliquant les coefficients k_{mod} à l'ELU et k_{def} à l'ELS fonction de la classe de service et de la durée d'application des charges définis pour le LVL dans la norme NF EN 1995-1-1.

Les Prescriptions Techniques Particulières définies au §2.311 relatives aux justifications à l'ELS sont reprises.

La robustesse d'ensemble (capacité des poutres caissons ou en I adjacents à reprendre la charge d'une poutre caisson ou en I défaillant) et la robustesse des poutres caissons ou en I (capacité d'une poutre caisson ou en I à jouer son rôle dans le cas où un plan de colle âme membrure est défaillant) doivent être vérifiées.

2.313 Dimensionnement des poteaux multiplis Kerto®-Maxi

Ce dimensionnement doit être effectué conformément au §7.3 du Dossier Technique en considérant les combinaisons d'action des Eurocodes et en appliquant les coefficients k_{mod} à l'ELU et k_{def} à l'ELS fonction de la classe de service et de la durée d'application des charges définis pour le LVL dans la norme NF EN 1995-1-1.

La résistance des éléments porteurs verticaux soumis à des charges verticales dans leur plan doit être justifiée vis-à-vis du risque de flambement hors plan. Il convient donc de vérifier la stabilité des poteaux soumis soit à une compression soit à une combinaison de compression et de flexion selon §6.3.2 de la norme NF EN 1995-1-1.

La valeur maximale de la résistance au cisaillement $f_{v,k}$ à prendre en compte est la plus faible des valeurs entre celle du bois de classe C24 selon la norme EN 338 soit $f_{v,k} = 2,5\ N/mm^2$ et celle du Kerto®.

2.314 Résistance au feu

Les durées de stabilité au feu peuvent être appréciées, conformément aux règles de l'EN 1995-1-2. Les sollicitations considérées pour la justification de la résistance à chaud découlent de l'application des combinaisons d'action précisées par les Eurocodes.

Par simplification il est loisible de considérer un facteur de réduction pour la valeur d'une action en situation de feu par rapport à la conception en température normale telle que $\eta_f=0,7$.

Dans le cadre de l'évaluation de la performance au feu, il convient d'employer la méthode de la section efficace donnée dans l'Eurocode 5, partie 1.2, §4.2.2. Les valeurs de vitesses de carbonisation sont définies comme suit :

- Dans le cas d'éléments simples collés, de type poutre ou poteau Kerto®-Maxi, la vitesse de carbonisation β_0 est égale à 0,65 mm/minute et β_n est égale à 0,70 mm/minute conformément aux valeurs déclarées du Kerto® dans le cadre du marquage CE.
- Dans le cas de caissons autoportants Kerto®-Ripa, la vitesse de combustion sont précisées au §7.191 et §7.192 du Dossier Technique.

Les dispositions constructives relatives à la mise en œuvre des poutres en I Kerto®-Maxi sont précisées au §7.24 du Dossier Technique. Les dispositions constructives relatives à la mise en œuvre des caissons autoportants Kerto®-Ripa sont précisées au §7.191 et §7.192 du Dossier Technique. Dans tous les cas, ces dispositions constructives sont valables seulement pour des ouvrages dont le taux de travail est limité à 40%.

Le degré de résistance des caissons Kerto®-Ripa peut être justifié par la mise en œuvre d'un plafond contribuant à la résistance au feu du plancher protégé. Ce plafond doit être justifié par un procès-verbal de classement pour le degré de résistance au feu requis, pour la protection d'éléments structuraux en bois. Il doit être mis en œuvre selon la description de ce procès-verbal.

Autres protections incendie :

Leur convenance devra être examinée au cas par cas dans le cadre d'une appréciation de laboratoire agréé délivrée dans les conditions prévues par l'arrêté du 22 mars 2004.

2.315 Conception des assemblages

Les organes de fixation utilisés pour l'assemblage des éléments de structure Kerto®-Ripa & Maxi entre eux ou des éléments de structure Kerto®-Ripa & Maxi à d'autres éléments de structure doivent être choisis selon les prescriptions du chapitre 2.5 Matériaux de fixation ou d'assemblage du DTU 31.2 (Norme NE P 21- 204-1 : Construction des maisons et bâtiments à ossature en bois - Cahier des clauses techniques).

Les organes de fixation ou d'assemblages doivent être justifiés en regard des prescriptions des sections 7.1 et 8 de la norme NF EN 1995-1-1.

2.316 Dimensionnement en situation de séisme

Lorsqu'ils sont prévus en zone sismique, les caissons Kerto®-Ripa doivent être organisés pour remplir les conditions définies dans les Règles PS92 :

- l'intégrité lors d'un séisme ;
- la fonction tirant-buton horizontal ;
- la fonction diaphragme horizontal.

La justification en zone sismique des structures assemblées par composants Kerto®-Ripa & Maxi doit être menée en suivant le principe de comportement de structure faiblement dissipatif (classe de ductilité L) conformément à NF EN 1998-1-1 (§8.1.3 et §8.6 (2P)).

Les effets des actions sont calculés sur la base d'une analyse élastique globale et un coefficient de comportement $q = 1,5$ est appliqué dans les calculs.

Les coefficients partiels de sécurité correspondant aux combinaisons d'actions fondamentales doivent être appliqués. Les coefficients de conversion correspondant à une classe de durée de chargement instantanée sont appliqués.

La détermination de la longueur de flambement des membrures tiendra compte de la présence des fixations tout en négligeant leur apport en termes de résistance.

Concernant les caissons Kerto®-Ripa, il y a lieu :

- de vérifier que sous l'effet de la combinaison comprenant l'action sismique, la contrainte dans les âmes seules (défaillance des joints de collages) ne dépasse pas la valeur $k_{Rt} \cdot k_{mod} \cdot f_{mk}$.
- de considérer que la fonction tirant-buton est assurée uniquement par la membrure supérieure. A défaut d'une étude sismique spécifique, la valeur de l'effort tirant-buton à considérer est égale à 75 kN.

- de justifier la jonction entre caissons adjacents, réalisée pour les efforts de cisaillement induits par le fonctionnement en diaphragme du plancher.
 - de justifier les vis de liaison caisson-murs sous les efforts de cisaillement engendrés par les efforts horizontaux dus à l'action sismique.
- Les solutions d'assemblages entre caissons Kerto®-Ripa de type A, D ou E comme indiqué au §7.1121 et §7.1122 du Dossier Technique sont proscrites.

Concernant les poutres caisson, les poutres en I et les poteaux Kerto®-Maxi, il y a lieu :

- de vérifier que sous l'effet de la combinaison comprenant l'action sismique, la contrainte dans les âmes seules (défaillance des joints de collages) ne dépasse pas la valeur $k_{Rt} \cdot k_{mod} \cdot f_{mk}$.

2.317 Traitement de préservation

En fonction de la classe d'emploi liée à la position des éléments Kerto®-Ripa & Maxi 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.

Lorsqu'un traitement est nécessaire, il doit être réalisé en usine après façonnage des éléments Kerto®, de même qu'après le traitement des découpes.

Conformément à la réglementation en vigueur, les éléments Kerto®-Ripa & Maxi 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.

2.318 Dispositions constructives générales

Lorsque les éléments Kerto®-Ripa & Maxi sont utilisés pour la réalisation de bâtiments entrant dans le domaine d'application du DTU 31.2, c'est à dire d'une manière générale pour les bâtiments dont la structure principale porteuse est en bois, les dispositions non spécifiquement visées dans le cadre de cet Avis Technique doivent être conformes aux prescriptions du DTU 31.2 pour la conception, aux prescriptions des Eurocodes pour le calcul.

Lorsque les éléments Kerto®-Ripa & Maxi sont utilisés pour une ou plusieurs de leurs fonctions, pour la réalisation de bâtiments n'entrant pas dans le domaine d'application du DTU 31.2 (par exemple les caissons Kerto®-Ripa utilisés pour réaliser les planchers d'un bâtiment à structure porteuse verticale en béton armé ou en maçonnerie de petits éléments), la réalisation des interfaces doit tenir compte des exigences éventuelles des textes visant les autres éléments porteurs (règles BAEL, DTU 20.1, etc).

Lorsque les éléments de plancher Kerto®-Ripa & Maxi sont posés sur leurs appuis, la profondeur minimale saine - toutes tolérances épuisées - est au minimum de 5 cm.

Lorsque les éléments de plancher Kerto®-Ripa & Maxi sont suspendues par l'intermédiaire de connecteurs mécaniques, les dimensions des suspentes sont adaptées à celles des éléments de plancher Kerto®-Ripa & Maxi et aux cas de charges.

Dans tous les cas la surface d'appui - toutes tolérances épuisées - doit être justifiée vis-à-vis de la contrainte de compression transversale dans le Kerto®.

2.319 Dispositions spécifiques à l'usage du caisson Kerto®-Ripa en tant que support de couverture ou d'étanchéité

Une attention particulière doit être portée à la ventilation de la sous face de couverture pour garantir un pourcentage d'humidité des panneaux en œuvre dans les limites fixées pour les classes de risque et de service visées par le domaine d'emploi. La conception doit respecter d'une part — comme dit de manière générale au deuxième alinéa du § 2.318 — les prescriptions du chapitre 5 du DTU 31.2, d'autre part les prescriptions respectives des DTU concernés par le type de couverture mis en œuvre.

2.32 Conditions de fabrication

Les éléments structuraux Kerto® (LVL) rentrant dans le processus de fabrication doivent être conformes à la norme NF EN 14374.

La fabrication des éléments structuraux collés faisant appel au collage structural ; elle nécessite un contrôle permanent des différents para-

mètres conditionnant la réalisation d'un collage fiable (température, humidité, temps de pressage, pression de collage, etc.). Ces exigences font l'objet de contrôles tels que définis au §2.23 du présent Avis.

L'assemblage des différents éléments Kerto®-Ripa & Maxi doit être réalisé exclusivement par le recours à l'adhésif polyuréthane mono composant, PURBOND® HB 110.

2.33 Conditions de mise en œuvre

2.331 Sollicitations perpendiculaires au fil

Bien que les caissons Kerto® -Ripa eux-mêmes permettent la reprise locale de flexion transversale (sens perpendiculaire au fil des plis des membrures Kerto®Q), compte tenu de l'impossibilité qu'il y a à transmettre des moments entre panneaux adjacents, les planchers doivent être conçus et mis en œuvre de manière à fonctionner en flexion sur deux appuis et non pas sur 4 côtés.

2.332 Manutention

La définition des modes de manutention et des points de levage doit être précisée au cas par cas pour chaque élément Kerto® Ripa & Maxi par le fabricant et clairement identifiée sur les éléments de structure livrés sur chantier.

2.333 Contrôle sur chantier

Les contrôles sur chantier doivent notamment porter sur le respect des orientations prévues pour les éléments Kerto®-Ripa & Maxi dans les documents d'exécution.

tions habituelles relatives à la manutention des éléments de grande dimension, d'autre part de cesser la mise en œuvre lorsque la vitesse du vent empêche la manutention aisée par deux personnes.

Le Groupe Spécialisé tient à attirer l'attention sur le fait que les prescriptions énoncées en 2.316., concernant l'utilisation des éléments de structure Kerto®-Ripa & Maxi en zone sismique, ne préjuge pas du comportement global du bâtiment vis-à-vis du séisme (contreventement, notamment), et pour lequel des justifications particulières sont à entreprendre par ailleurs par le Maître d'œuvre ou le Bureau d'Etudes.

Le procédé ne fait pas l'objet de fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire.

Le Groupe Spécialisé tient à attirer l'attention sur le fait de sensibiliser le Maître d'Ouvrage / Exploitant sur les responsabilités qui lui incombent en matière d'entretien de la toiture, notamment vis-à-vis de l'obturation potentielle des évacuations d'eau et trop-pleins, entretien dont le défaut, source de désordre dans le cas général peut devenir cause de ruine des caissons Kerto®-Ripa.

Le Groupe Spécialisé tient à attirer l'attention sur le fait que les dispositions constructives relatives à la sécurité incendie des éléments de structure Kerto®-Ripa et Maxi précisés au Dossier Technique ne sont valables que pour des ouvrages dont le taux de travail est limité à 40%.

Conclusions

Appréciation globale

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

Validité

3 ans, jusqu'au 31 décembre 2012

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n°3
N. RUAUX

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

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Le Groupe tient à attirer l'attention des utilisateurs du procédé Kerto®-Ripa & Maxi sur le fait que ses particularités nécessitent le recours, pour le dimensionnement des éléments, à un bureau d'études spécialisé. Ce dimensionnement doit tenir compte, pour les différentes phases du projet, des exigences relatives à la stabilité des éléments d'une part et à la stabilité générale de l'ouvrage d'autre part.

En outre, compte tenu de ce que les éléments de structure Kerto®-Ripa & Maxi offrent des surfaces de prise au vent importantes lors de leur manutention, il est impératif d'une part de recourir aux précau-

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Principe et domaine d'emploi

L'assemblage par collage structural Finnforest permet la fabrication en usine d'éléments structuraux collés de grandes dimensions sans nécessiter de moyens de serrage importants grâce à l'utilisation de vis dédiées ou par tout autre système mécanique assurant une pression de serrage suffisante (clous, agrafes, etc.).

Les organes d'assemblage dédiés permettent d'assurer une pression de serrage suffisante mais elles n'interviennent pas lors du calcul des efforts de cisaillement apparaissant dans la liaison collée.

Combinant les hautes performances du Kerto® et de la colle polyuréthane PURBOND® HB 110, ce procédé de collage garantit la qualité de l'assemblage grâce à un contrôle qualité des plus rigoureux.

Ces éléments sont destinés à la réalisation de planchers, de supports de couverture, d'éléments porteurs de type poteau ou poutre, etc. Ils peuvent également réaliser des sous ensembles de structures de type portiques, murs ou treillis. Ils peuvent être indifféremment associés entre eux ou utilisés en association avec des éléments de structures autres.

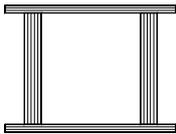
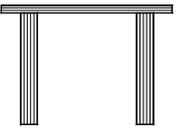
Les éléments structuraux collés peuvent être utilisés en classes de service 1 et 2 au sens de l'Eurocode 5 et en classes de risques biologiques 1 et 2 au sens de la norme NF EN 335. Ils ne peuvent pas être employés en classe de service 3 au sens Eurocode 5, ni en classes de risques biologiques 3 à 5 au sens de la norme NF EN 335, sans la mise en œuvre de traitements de protection particuliers.

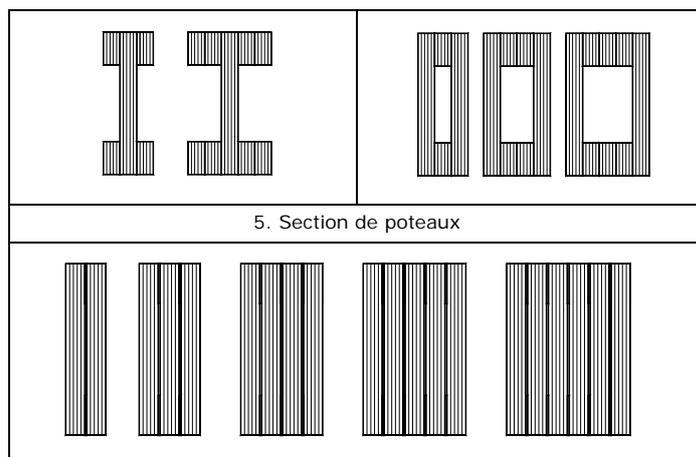
2. Identification – marquage

Chaque élément structural collé fabriqué est marqué de manière permanente avec un tampon encreur reportant :

- Une lettre correspondant au type de l'élément fabriqué :
 - H pour caisson autoportant en H,
 - T pour un caisson autoportant en T,
 - I pour une poutre en I,
 - C pour une poutre caisson,
 - P pour un poteau multiplis.
- Les dimensions de l'élément
- Le type d'adhésif
- Un numéro d'ordre de fabrication
- Le sous traitant ou le producteur indépendant (voir liste en annexe)
- La date de fabrication de l'élément

L'emplacement du marquage est défini par le « Plan de Management de la Qualité » de chaque fabricant.

1. Section de caisson autoportant en H	2. Section de caisson autoportant en T
	
3. Section de poutre en I	4. Section de caisson C



Figures 1 à 5 : Sections modèles des éléments fabriqués

3. Définition des matériaux

3.1 Kerto

Tous les éléments structuraux collés sont constitués de Lamibois Finnforest Kerto®. Il s'agit d'un lamibois de placages d'épicéa obtenus par déroulage. Ces placages de 3 mm d'épaisseur sont collés à chaud, sous haute pression avec une résine phénolique résistante aux intempéries avec des joints scarfés décalés.

Deux types de Lamibois Kerto® sont utilisés :

- Kerto®-S (dit standard) : tous les placages sont disposés dans le sens longitudinal.
- Kerto®-Q (dit croisé) : un certain nombre de placages sont disposés transversalement (environ 20%).

Les dimensions des panneaux Kerto®-S et Kerto®-Q sont standards et définies par Finnforest.

Les fourrures pour les poteaux multiplis sont uniquement en bois massif résineux de masse volumique caractéristique $\rho_k \geq 350 \text{ kg/m}^3$.

Les valeurs caractéristiques du Kerto®-S et du Kerto®-Q sont données dans l'annexe 1.

3.2 Adhésif

L'adhésif utilisé pour l'assemblage des différents éléments structuraux est une colle à base de résine polyuréthane monocomposant, PURBOND® HB 110, fabriquée par PURBOND. C'est une colle liquide monocomposant qui durcit au contact de l'air et des matériaux pour former un film élastique à haut module. Elle est produite sans addition de solvants ou de formaldéhyde.

3.3 Organes contribuant à établir la pression de collage

La pression de collage est assurée par l'enfoncement des organes dans le Kerto®, la tête de la vis devant affleurer pour garantir une pression de collage correcte.

L'emplacement des différents organes contribuant à établir la pression de collage est fixé par les documents de conception et de fabrication.

3.31 Vis

Le serrage lors du collage est assuré par l'intermédiaire de vis dédiées. Différents types de vis peuvent être utilisés, parmi lesquels :

- Vis de type Stadler IG de diamètre nominale 6 mm.

- Vis de type Würth Assy de diamètre nominale 6 mm.
- Tout autre type de vis ayant des caractéristiques mécaniques comparables (géométrie, valeurs caractéristiques, etc.) et validé par les services de Finnforest.

3.32 Clous

Le serrage lors du collage est assuré par l'intermédiaire de clous dédiés. Différents types de clous peuvent être utilisés, parmi lesquels :

- Clous torsadés de type H&H 2,9 x 90 mm
- Tout autre type de clous ayant des caractéristiques mécaniques comparables (géométrie, valeurs caractéristiques, etc.) et validé par les services de Finnforest.

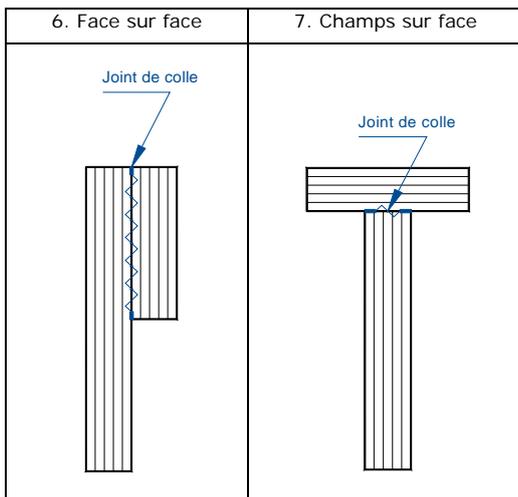
4. Caractéristiques de l'assemblage collé (joint de colle)

La technologie de collage structural Finnforest, allée à une approche qualité rigoureuse permet de garantir les caractéristiques suivantes pour le joint de colle :

- Joint mince d'épaisseur inférieure à 0,3 mm en moyenne sur un même élément, correspondant à un grammage de 250 à 300 g/m²
- Contrainte de rupture minimale en cisaillement du joint de colle déterminée par essai de contrôle qualité : sa valeur est indiquée dans le Manuel de contrôle de la qualité (valeur indicative : 3,2 N/mm²).

Le collage peut être réalisé :

- Face sur face
- Champ sur face



Figures 6 à 7 : plans de collage

5. Description des éléments structuraux collés

Ce dossier technique présente le procédé à travers l'exemple non exhaustif de 3 types d'éléments collés. Chaque élément structural collé est un élément composite résultant du collage de différents éléments de Kerto®. Chaque élément peut être décomposé en un ensemble de membrures (ou semelles) et d'âmes :

- Les caissons autoportants en H et en T (fig. 8 et 9)

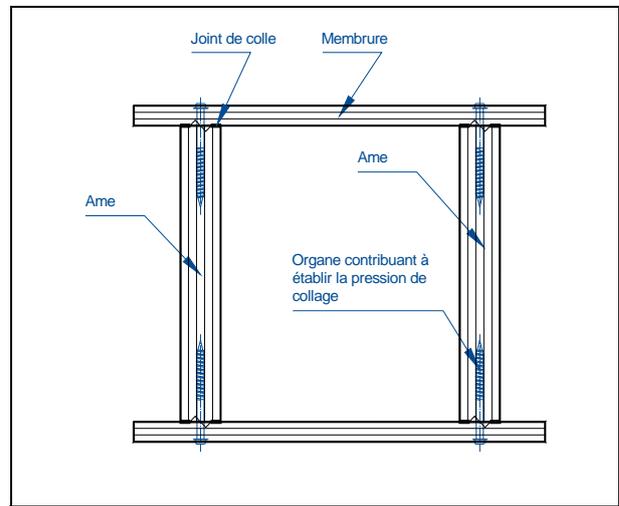


Figure 8 : composants d'un caisson porteur en H

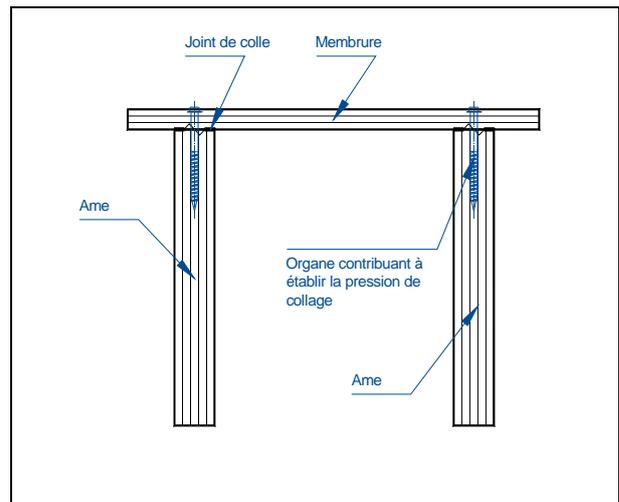


Figure 9 : composants d'un caisson porteur en T

- Les poutres en I et les poutres caissons C (fig. 10 et 11)

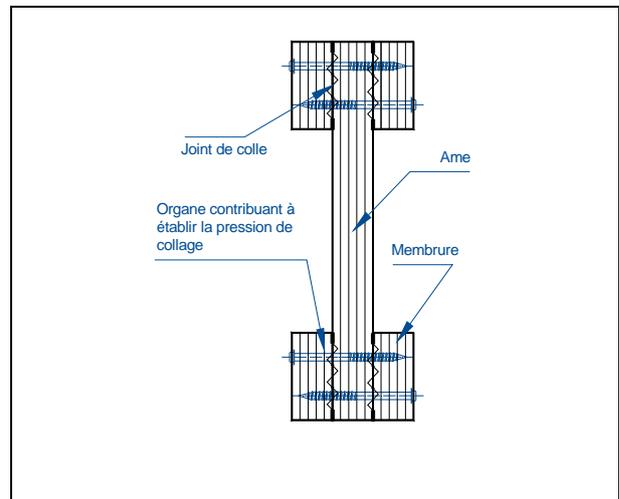


Figure 10 : composants d'une poutre en I

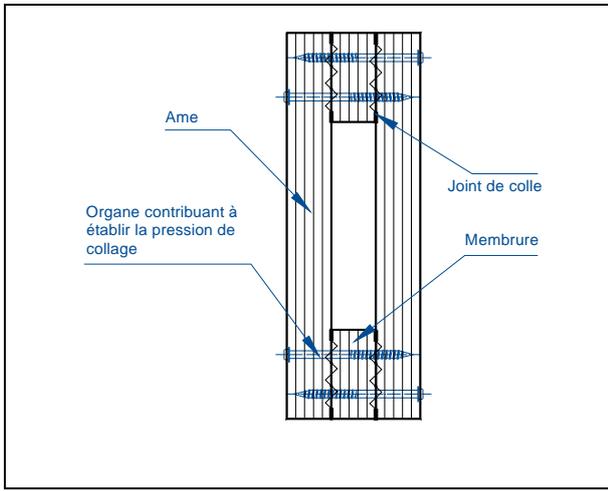


Figure 11 : Composants d'une poutre caisson C

- Les poteaux multiplis P (fig. 12)

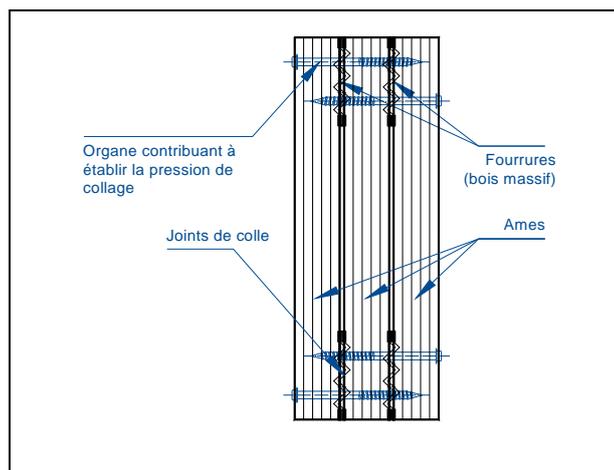


Figure 12 : composants d'un poteau multiplis

D'autres combinaisons sont envisageables : éléments de structures de portiques, de murs, de treillis, etc.

Un tableau donnant les dimensions les plus courantes de ces éléments structuraux collés se trouve en annexe 3.

6. Fabrication et assurance qualité

6.1 Fabrication du Lamibois Finnforest Kerto®

La fabrication du Kerto® est faite sous certification ISO 9001 et comporte les étapes suivantes :

1. déroulage des billes de bois et séchage des plaques obtenues,
2. tri des placages,
3. encollage des placages à la colle phénolique,
4. thermopressage des placages,
5. découpe puis emballage des panneaux obtenus.

6.2 Collage structural Finnforest

Le collage structural est réalisé suivant la procédure ci-après :

- découpe des différents éléments
- ponçage des surfaces destinées à être assemblées par collage,
- nettoyage et vérification visuelle des surfaces,
- application de l'adhésif en un temps Maximum défini,
- assemblage par organes garantissant une pression de serrage suffisante (vis, clous, etc.),
- marquage des éléments collés,
- temps de prise de l'adhésif,
- finition,
- temps de stabilisation,
- emballage et transport.

6.3 Contrôle interne

Le contrôle interne de la fabrication, destiné à assurer la maîtrise de la qualité, doit être effectué en continu et vise à assurer la conformité de la production au présent certificat. Il fait l'objet de l'établissement d'un Plan de Management de la Qualité validé par un organisme compétent extérieur (CEBTP) désigné avec l'aval de Finnforest.

Le contrôle interne devra couvrir les méthodes de production ainsi que le stockage et les caractéristiques de chaque élément structural collé :

- vérification des dimensions de chaque élément de Kerto® destiné à être assemblé, de la planéité selon la longueur des poutres, de

l'équerrage de la section des poutres, de la rugosité des surfaces, etc.

- contrôle des conditions de mise en œuvre (température et humidité relative des locaux de production, temps de collage, grammage de colle déposé, taux d'humidité des surfaces de pièces à coller, différence de taux d'humidité entre les éléments de Kerto®, mise hors poussière de l'atelier de fabrication, etc.) ; cf. annexe 4.
- contrôle des conditions de stockage des différents constituants (colle, matériau Kerto®, etc.)
- marquage des éléments fabriqués.

Pour chaque campagne de fabrication, des éprouvettes pour essais de cisaillement sont fabriquées (essais conformément à la norme EN 392). Les exigences à respecter sont les suivantes :

- joint mince d'épaisseur inférieure à 0,3 mm en moyenne sur un même élément, sans dépasser 0,6 mm pour un échantillon,
- contrainte de rupture minimale en cisaillement du joint de colle déterminée par essai de contrôle qualité : sa valeur est indiquée dans le Manuel de contrôle de la qualité (valeur indicative : 3,2 N/mm²).

Si l'entreprise ne possède pas les installations adéquates pour réaliser les essais, ces derniers pourront être conduits par un laboratoire d'essais accrédité par Finnforest, dans un délai court, fonction du flux de production et avant montage de la structure.

Les résultats du contrôle interne sont consignés sur un registre spécifique qui précise notamment les éléments suivants :

- description des matières premières ou des composants,
- méthode de contrôle et d'essais,
- date de fabrication,
- résultats des contrôles et des essais,
- fiches de fabrication (description de l'ambiance, durées des différentes phases, etc.)
- signature du responsable du contrôle interne

Le fabricant tient également à jour un registre de non-conformité relatif à l'ensemble du processus des éléments structuraux collés. Dans le cas où des non-conformités seraient détectées, le Plan de Management de la Qualité impose la mise en place d'actions correctives allant jusqu'au retrait de l'élément défectueux. Ce registre est visé par l'organisme de contrôle externe.

Les registres sont conservés pendant 10 ans, et restent disponibles pour l'organisme de contrôle externe à tout moment.

6.4 Contrôle externe

Le contrôle externe est effectué de façon inopinée par l'organisme de contrôle externe, lors des périodes de production qui sont planifiées et dont les dates sont tenues à disposition de l'organisme suffisamment tôt. Deux visites d'inspection sont effectuées par an.

Le contrôle externe porte sur :

- la visite de l'atelier de fabrication,
- les opérations de fabrication visant à établir d'éventuels écarts par rapport aux exigences reportées dans les manuels de fabrication,
- l'évaluation des procédures d'autocontrôle et du respect du Plan de Management de la Qualité dans tous ses aspects.

L'organisme de contrôle externe conserve les résultats des contrôles externes effectués pendant une durée minimale de 10 ans.

7. Dimensionnement

Les éléments structuraux collés à la colle polyuréthane sont calculés conformément aux Eurocodes.

Les charges et les combinaisons de charges sont calculées conformément aux règles définies par les Eurocodes 0 et 1.

En ce qui concerne le dimensionnement au feu, il convient d'employer la méthode de la section efficace donnée dans l'Eurocode 5, partie 1.2.

En ce qui concerne le dimensionnement tenant compte de sollicitations de type séisme il convient d'employer les méthodes décrites dans l'Eurocode 8.

7.1 Caisson autoportant Kerto®-Ripa (H ou T)

Les règles de dimensionnement définies dans l'Eurocode 5 s'appliquent et notamment au paragraphe §9.1.2 concernant les poutres à semelle mince collée.

Hypothèses de dimensionnement :

- la déformation varie linéairement avec la hauteur de la poutre,
- la distribution des contraintes dans les semelles est non uniforme du fait du cisaillement et du flambement.

7.1.1 Calcul et vérification d'une section droite

A moins qu'une analyse plus détaillée ne soit réalisée, un caisson est décrit par un ensemble de poutres en I ou en U selon les décompositions modèles données figures 14 et 15 en fin de document.

Les éléments simples se classent en deux catégories :

- les éléments d'extrémité à section en U
- les sections de centre élément de centre I

Pour réaliser le dimensionnement du caisson, les deux types de sections sont à vérifier si elles ont été utilisées pour décomposer le caisson en éléments simples.

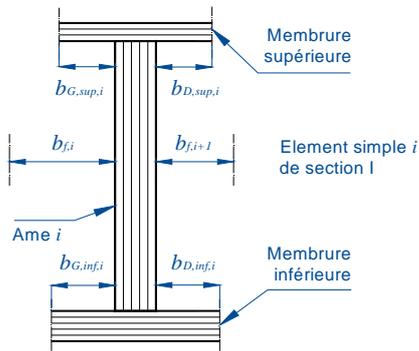


Figure 13 : description d'un élément simple

Suivant le modèle en figure 13 Les largeurs de semelle efficaces b_{ef} sont définies comme suit :

$$b_{ef,i} = b_{G,i} + b_{w,i} + b_{D,i}$$

avec $b_{G,i}$ la portée à gauche de l'âme i
 $b_{w,i}$ la largeur de l'âme (w pour « web ») i
 $b_{D,i}$ la portée à droite de l'âme i

- aux Etats Limites de Service (ELS), les paramètres $b_{G,i}$ et $b_{D,i}$ sont déterminés comme suit quelque soit la semelle considérée :

- Pour les éléments simples centraux ($i > 1$ et $i < n$) :

$$b_{G,i,(ELS)} \leq \min \left\{ \begin{array}{l} 0,05 \cdot L_{ef,i} \\ \frac{b_{f,i}}{2} \end{array} \right. \quad \text{et} \quad b_{D,i,(ELS)} \leq \min \left\{ \begin{array}{l} 0,05 \cdot L_{ef,i} \\ \frac{b_{f,i+1}}{2} \end{array} \right.$$

- Pour les éléments d'extrémités ($i=1$ et $i=n$) :

$$b_{G,i,(ELS)} \leq \min \left\{ \begin{array}{l} 0,05 \cdot L_{ef,i} \\ b_{f,i} \end{array} \right. \quad \text{et} \quad b_{D,i,(ELS)} \leq \min \left\{ \begin{array}{l} 0,05 \cdot L_{ef,i} \\ b_{f,i+1} \end{array} \right.$$

- aux Etats Limites Ultimes (ELU), les paramètres $b_{G,i}$ et $b_{D,i}$ sont déterminés comme suit, quelque soit la semelle considérée :

- Pour les éléments simples centraux ($i > 1$ et $i < n$) :

$$b_{G,i,(ELU)} \leq \min \left\{ \begin{array}{l} 0,05 \cdot L_{ef,i} \\ 10 \cdot h_f \\ \frac{b_{f,i}}{2} \end{array} \right. \quad \text{et} \quad b_{D,i,(ELU)} \leq \min \left\{ \begin{array}{l} 0,05 \cdot L_{ef,i} \\ 10 \cdot h_f \\ \frac{b_{f,i+1}}{2} \end{array} \right.$$

- Pour les éléments d'extrémités ($i=1$ et $i=n$) :

$$b_{G,i,(ELU)} \leq \min \left\{ \begin{array}{l} 0,05 \cdot L_{ef,i} \\ 10 \cdot h_f \\ b_{f,i} \end{array} \right. \quad \text{et} \quad b_{D,i,(ELU)} \leq \min \left\{ \begin{array}{l} 0,05 \cdot L_{ef,i} \\ 10 \cdot h_f \\ b_{f,i+1} \end{array} \right.$$

Remarques :

- dans l'élément latéral du panneau, b_L ou b_R ne sont pas nécessairement présents simultanément ;
- la dimension $L_{ef,i}$ est la portée entre deux appuis de chaque sous-ensemble considéré ;
- les semelles supérieure et inférieure peuvent avoir des épaisseurs différentes ; par conséquent, leurs largeurs efficaces b_{ef} doivent être déterminées séparément ;
- dans un souci de simplification, le critère de flambement ($2 \times 10 \times h_f$) est toujours vérifié pour les semelles supérieure et inférieure ;
- en complément au critère de flambement, il faut vérifier pour chaque sous ensemble considéré, quelque soit la semelle considérée :

$$\left(\frac{b_{f,i}}{2} - b_{G,i} \right) \leq b_{ef,i,(ELU)} \quad \text{et} \quad \left(\frac{b_{f,i+1}}{2} - b_{D,i} \right) \leq b_{ef,i,(ELU)}$$

7.1.2 Calcul de la rigidité équivalente EI_{ef}

Dans le cas de calculs aux états limites ultimes (ELU), les valeurs caractéristiques E_k sont utilisées.

Dans le cas de calculs aux états limites de service (ELS), les valeurs moyennes E_{moyen} sont utilisées. De plus :

- la flèche est calculée pour chaque cas de charge à l'aide du facteur $(1 + \Psi_2 \cdot k_{def})$;
- la déformation de l'âme due au cisaillement est prise en compte mais n'est pas prise en considération pour le calcul vibratoire.

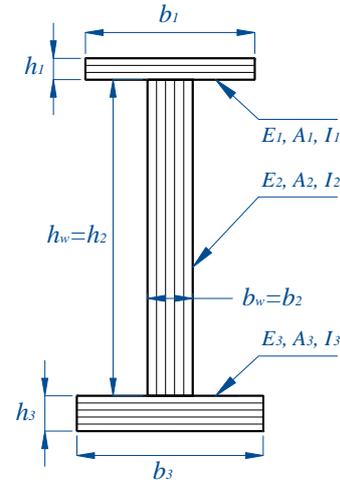


Figure 16 : description des grandeurs caractéristiques

La rigidité équivalente a pour expression :

- pour les caisson en H :

$$EI_{ef,CH} = E_1 \cdot I_1 + E_2 \cdot I_2 + E_3 \cdot I_3 + E_1 \cdot A_1 \cdot a_1^2 + E_2 \cdot A_2 \cdot a_2^2 + E_3 \cdot A_3 \cdot a_3^2$$

- pour les caisson en T :

$$EI_{ef,CT} = E_1 \cdot I_1 + E_2 \cdot I_2 + E_1 \cdot A_1 \cdot a_1^2 + E_2 \cdot A_2 \cdot a_2^2$$

où les paramètres de calcul sont (cf. figure 14) :

- E_i : module d'élasticité ($E_{i,moyen}$ aux ELS et $E_{i,0,05}$ aux ELU)
- A_i : aire de l'élément i , $A_i = b_i \times h_i$
- I_i : moment d'inertie l'élément i , $I_i = b_i \times h_i^3 / 12$

- a_i : distance entre le centre de gravité de l'élément et l'axe neutre de l'élément

Les expressions des distances a_i sont :

$$a_1 = 0.5 \cdot h_1 + 0.5 \cdot h_2 - a_2$$

$$a_{2,caisson_H} = \frac{E_1 \cdot A_1 \cdot (h_1 + h_2) - E_3 \cdot A_3 \cdot (h_2 + h_3)}{2 \cdot (E_1 \cdot A_1 + E_2 \cdot A_2 + E_3 \cdot A_3)}$$

$$a_{2,caisson_T} = \frac{E_1 \cdot A_1 \cdot (h_1 + h_2)}{2 \cdot (E_1 \cdot A_1 + E_2 \cdot A_2)}$$

$$a_3 = 0.5 \cdot h_3 + 0.5 \cdot h_2 + a_2$$

Dans les paragraphes qui suivent, les indices $i=1$ à 3 désignent respectivement les pièces suivantes :

- 1 : membrure ou semelle supérieure
- 2 : âme (*web* en anglais)
- 3 : membrure ou semelle inférieure

7.13 Calcul des résistances caractéristiques en flexion

- La résistance caractéristique en flexion due aux efforts moyens de compression au milieu de la membrure vaut :

$$R_{M,c,i,k} = f_{c,0,i,k} \cdot \left(\frac{EI_{ef,ELU}}{E_{i,0,05} a_i} \right)$$

pour $i = \{1,2,3\}$ et où $f_{c,0,i,k}$ est la valeur caractéristique de compression parallèle au fil du bois (cf. annexe 1).

- La résistance caractéristique en flexion due aux efforts moyens de traction au milieu de la membrure vaut :

$$R_{M,t,i,k} = f_{t,0,i,k} \cdot \left(\frac{EI_{ef,ELU}}{E_{i,0,05} a_i} \right)$$

pour $i = \{1,2,3\}$ et où $f_{t,0,i,k}$ est la valeur caractéristique de traction parallèle au fil du bois (cf. annexe 1).

Note : si la longueur de la poutre est différente de 3000 mm, la valeur caractéristique $f_{t,0,i,k}$ du Kerto® doit être pondérée par le coefficient k_l définit conformément au §3.4, alinéa (4) de l'Eurocode 5, partie 1-1.

$$k_l = \min \left\{ \left(\frac{3000}{l} \right)^{\frac{s}{2}}, 1,1 \right\}$$

où l est la longueur de la poutre en mm et $s = 0,12$ est l'exposant d'effet d'échelle pour le Kerto®.

- La résistance caractéristique en flexion due aux efforts de flexion de peau vaut :

$$R_{M,m,2,k} = f_{m,0,2,k} \cdot \left(\frac{EI_{ef,ELU}}{E_{2,0,05} \cdot \left(|a_2| + \frac{h_2}{2} \right)} \right)$$

où $f_{m,0,2,k}$ est la valeur caractéristique de résistance en flexion de l'âme (cf. annexe 1).

Note : si la hauteur de la poutre est différente de 300 mm, la valeur caractéristique $f_{m,0,2,k}$ du Kerto®-Q doit être pondérée par le coefficient k_h définit conformément au §3.4, alinéa (3) de l'Eurocode 5, partie 1-1.

$$k_h = \min \left\{ \left(\frac{300}{h} \right)^s, 1,2 \right\}$$

où h est la hauteur de l'âme en mm et $s = 0,12$ est l'exposant d'effet d'échelle pour le Kerto®.

- La résistance caractéristique en flexion due aux efforts de flexion médiane dans l'âme, vaut :

$$R_{M,m,centric,k} = f_{m,0,2,k} \cdot \left(\frac{EI_{ef,ELU}}{E_{i,0,05} \cdot \frac{h_2}{2}} \right)$$

Note : $R_{M,m,centric,k}$ ne doit être utilisé que pour le calcul des efforts combinés.

- Quand les âmes des éléments sont à simple décroissance, et dans le cas de contraintes de compression parallèles à la face inclinées, la valeur caractéristique de la résistance en flexion est réduite par le facteur :

$$k_{m,\alpha,c} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,0,k}}{1,5 \cdot f_{v,0,k}} \tan \alpha \right)^2 + \left(\frac{f_{m,0,k}}{f_{c,90,k}} \tan^2 \alpha \right)^2}}$$

où $f_{v,0,k}$ est la contrainte de cisaillement caractéristique admissible et α l'angle de décroissance de l'âme.

- Quand les âmes des éléments sont à simple décroissance, et dans le cas de contraintes de traction parallèles à la face inclinées, la valeur caractéristique de la résistance en flexion est réduite par le facteur :

$$k_{m,\alpha,t} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,0,k}}{0,75 \cdot f_{v,0,k}} \tan \alpha \right)^2 + \left(\frac{f_{m,0,k}}{f_{t,90,k}} \tan^2 \alpha \right)^2}}$$

Note : Il est conseillé de placer la décroissance du côté de la membrure qui travaille en compression car $f_{c,90,k}$ du Kerto®-S est beaucoup plus important que $f_{t,90,k}$.

7.14 Calcul de résistances caractéristiques de cisaillement

- La résistance caractéristique de cisaillement dans le joint entre la membrure haute et l'âme du caisson vaut :

$$R_{V,1,k} = f_{v,0,flat,1,k} \cdot \left(\frac{b_{2,eff,t} \cdot EI_{ef,ELU}}{E_{f,0,05} \cdot A_1 \cdot a_1} \right)$$

où $b_{2,eff,t}$ est la largeur de contact collée entre la membrure haute et l'âme.

- La résistance caractéristique de cisaillement dans l'âme du caisson vaut :

$$R_{V,2,k} = f_{v,0,edge,2,k} \cdot \left(\frac{b_2 \cdot EI_{ef,ELU}}{E_{f,0,05} \cdot A_1 \cdot a_1 + \frac{E_{2,0,05} \cdot b_2}{2} \cdot \left(\frac{h_2}{2} - a_2 \right)^2} \right)$$

- La résistance caractéristique de cisaillement dans le joint entre la membrure basse et l'âme du caisson vaut :

$$R_{V,3,k} = f_{v,0,flat,3,k} \cdot \left(\frac{b_{2,eff,t} \cdot EI_{ef,ELU}}{E_{f,0,05} \cdot A_3 \cdot a_3} \right)$$

où $b_{2,eff,t}$ est la largeur de contact collée entre la membrure haute et l'âme.

7.15 Calcul des résistances caractéristiques aux efforts normaux

- La résistance caractéristique en traction vaut :

$$R_{T,i,k} = f_{t,0,i,k} \cdot \frac{\sum_{j=1}^3 E_j A_j}{E_i} \text{ pour } i = \{1,2,3\}$$

- La résistance caractéristique en compression vaut :

$$R_{C,i,k} = f_{c,0,i,k} \cdot \frac{\sum_{j=1}^3 E_j A_j}{E_i} \text{ pour } i = \{1,2,3\}$$

L'effort normal N est supposé s'exercer au niveau de la ligne moyenne de la section considérée. Dans le cas où l'effort normal est excentré, cela provoque de la flexion : les contraintes supplémentaires engendrées par l'excentrement sont à calculer à part.

- La traction moyenne due à la combinaison de l'effort normal et du moment de flexion vaut :

$$\left| \frac{M_d}{R_{M,t,i,d}} + \frac{N_{T,d}}{R_{T,i,d}} \right| \leq 1,0 \text{ pour } i = \{1,2,3\}$$

où M_d est le moment de flexion, N_T les efforts normaux induisant de la traction, N_C les efforts normaux induisant de la compression

- La compression moyenne due à la combinaison de l'effort normal et du moment de flexion vaut :

$$\left| \frac{M_d}{R_{M,t,i,d}} + \frac{N_{C,d}}{R_{C,i,d}} \right| \leq 1,0 \text{ pour } i = \{1,2,3\}$$

- La traction et flexion combinées en peau de l'âme vaut :

$$\left| \frac{M_d}{R_{M,t,2,d}} + \frac{N_{T,d}}{R_{T,2,d}} \right| + \left| \frac{M_d}{R_{M,m,centric,d}} \right| \leq 1,0$$

- La compression et flexion combinées en peau de l'âme, en prenant en compte le flambement vaut,

$$\left| \frac{M_d}{R_{M,c,2,d}} + \frac{N_{C,d}}{R_{C,2,d}} \right|^2 + \left| \frac{M_d}{R_{M,m,centric,d}} \right| \leq 1,0$$

7.16 Compression perpendiculaire au fil au niveau des appuis

Les efforts de compression perpendiculaires au fil au niveau des appuis doivent être vérifiés afin qu'ils ne soient pas trop importants pour l'âme (caisson en T) et la membrure basse (caisson en H). L'âme et la membrure basse sont assimilées à des sections rectangulaires.

7.161 Caisson en T : appui sur l'âme

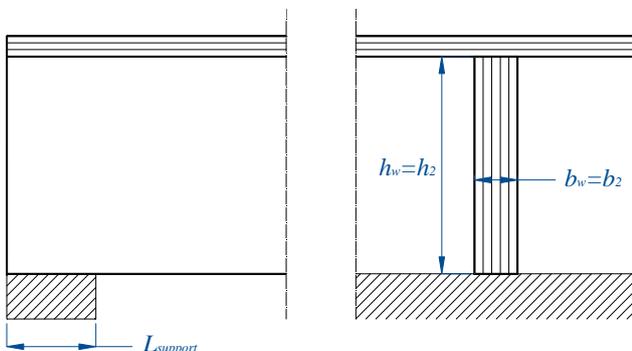


Figure 17 : appui d'un caisson autoportant en T

La résistance caractéristique de compression basée sur les contraintes au niveau de la surface de contact entre l'appui et l'âme vaut :

$$R_{c,90,k} = k_{c,90,2,k} \times f_{c,90,2,k} \times b_2 \times L_{sup\ port}$$

La valeur $k_{c,90,2,k}$ est déterminée en fonction de la longueur d'appui.

7.162 Caisson en H : appui sur la membrure inférieure

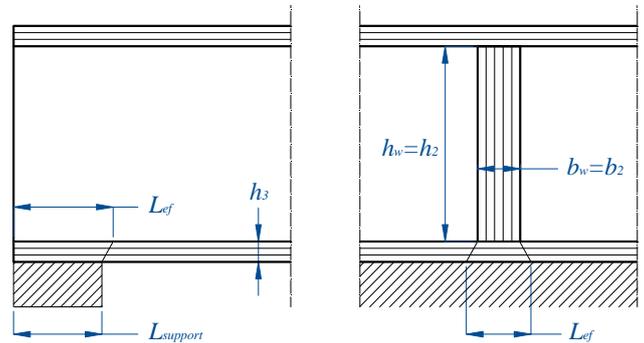


Figure 18 : appui d'un caisson autoportant en H

7.1621 Calcul des résistances caractéristiques de compression

Dans le cas du caisson autoportant en H, une surface effective de contact entre le caisson et l'appui est à considérer.

- La résistance caractéristique de compression basée sur les contraintes au niveau de la surface de contact entre l'âme et la membrure basse, du point de vue de l'âme, vaut :

$$R_{c,90,k} = k_{c,90,2,k} \times f_{c,90,2,k} \times b_2 \times L_{sup\ port}$$

- La résistance caractéristique de compression basée sur les contraintes au niveau de la surface de contact entre l'âme et la membrure basse, du point de vue de la membrure basse, vaut :

$$R_{c,90,k} = k_{c,90,3,k} \times f_{c,90,3,k} \times b_2 \times L_{sup\ port}$$

Les valeurs des coefficients $k_{c,90}$ pour l'âme et la membrure inférieure sont déterminées en fonction des longueurs d'appui.

- La résistance caractéristique de compression basée sur les contraintes au niveau de la surface de contact entre l'appui et la membrure basse vaut :

$$R_{c,90,k} = k_{c,90,3,k} \times f_{c,90,3,k} \times b_2 \times L_{sup\ port}$$

La valeur $k_{c,90,3,k}$ est déterminée en fonction de la longueur d'appui.

7.1622 Solutions d'appui sur la membrure supérieure

Deux solutions pour appui sur la semelle supérieure sont préconisées.

- Solution A

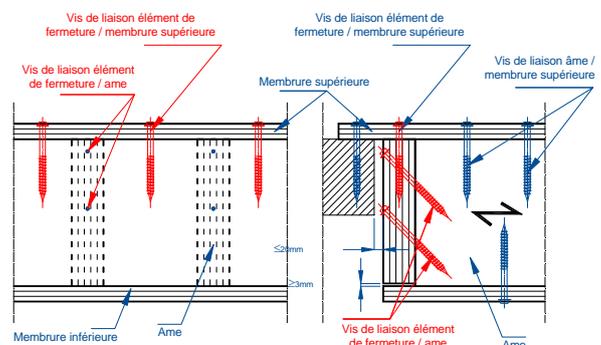


Figure 19 : solution A d'appui de caisson autoportant

Un élément Kerto®-Q permettant de mieux transmettre les efforts est ajouté à l'extrémité du caisson autoportant. La position et le nombre de vis ou organes d'assemblage entre âmes et membrures sont à déterminer en fonction de leurs natures.

• Solution B

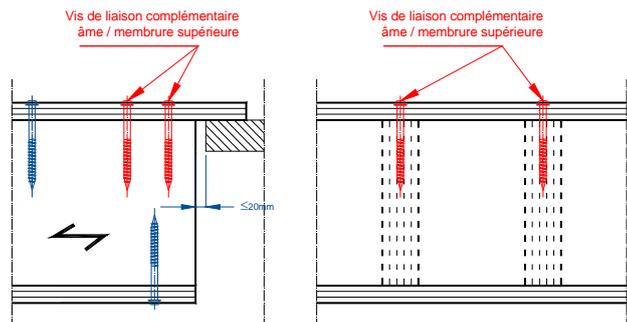
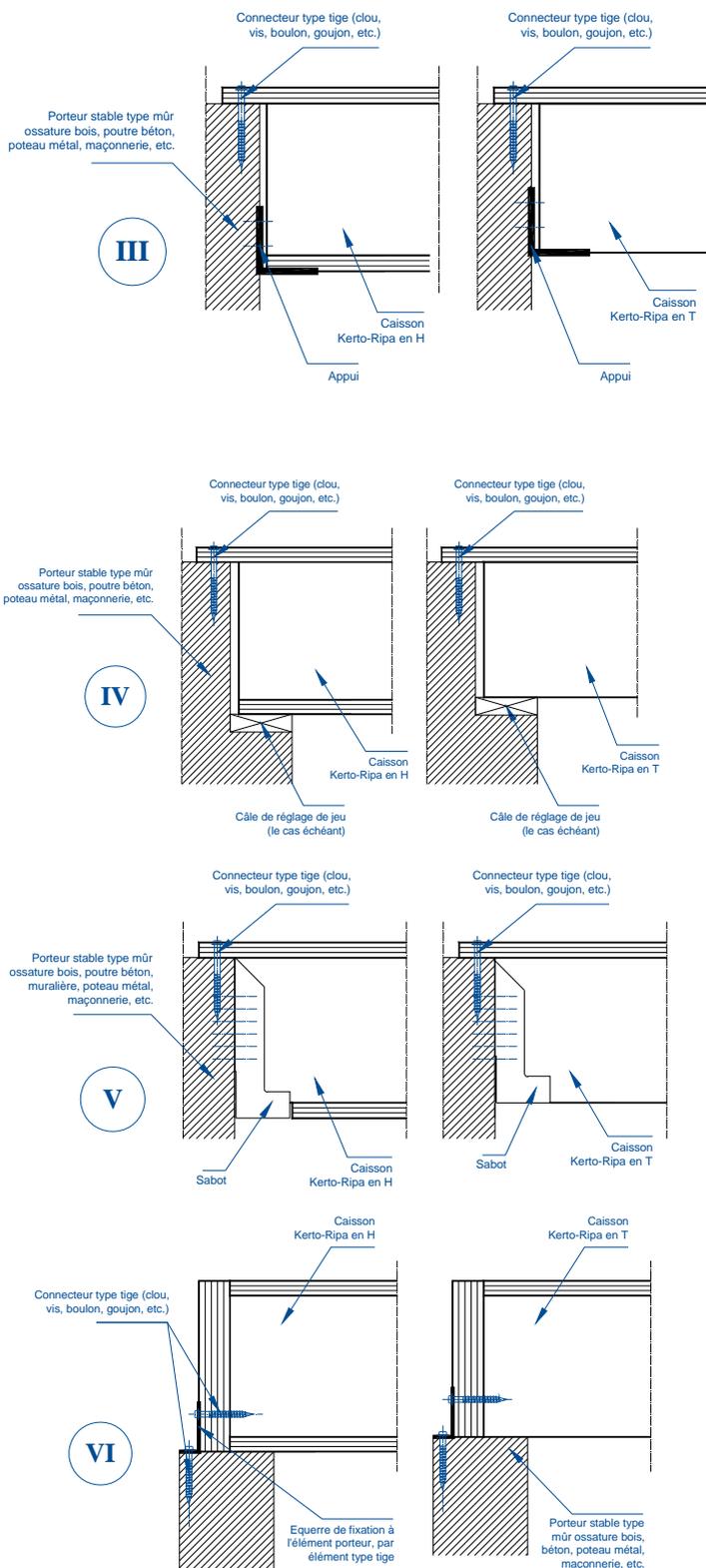
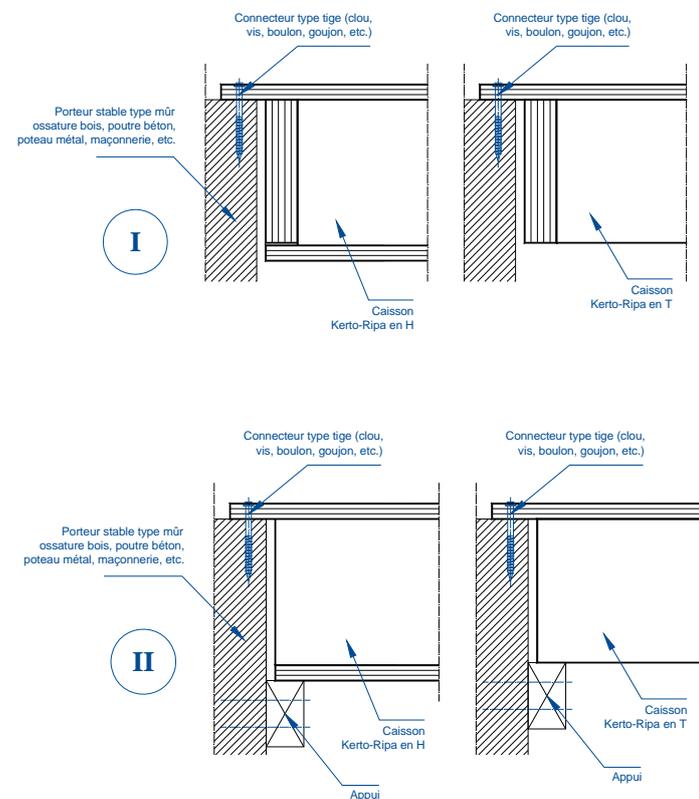
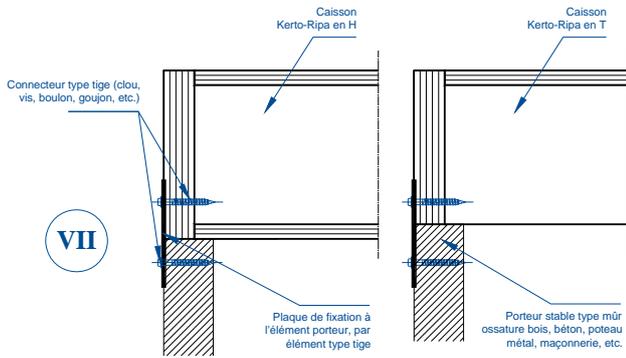


Figure 20 : solution B d'appui de caisson autoportant

Deux vis supplémentaires sont ajoutées au niveau de l'appui, sans mise en œuvre d'élément complémentaire.

7.1623 Exemples de solutions d'appui et d'ancrage de caissons Kerto®-Ripa





Figures 21 : solutions d'appui et d'ancrage de caissons autoportants (liste non exhaustive)

Les exemples de solutions d'appui et d'ancrages présentées dans les figures qui précèdent ne constituent pas une liste exhaustive des solutions envisageables.

7.17 Contreventement par panneaux

Les éléments caissons H ou T peuvent assurer une fonction de contreventement. Les contraintes dans les membrures sollicités sont alors à vérifier (supérieur et/ou inférieur) ainsi que les ancrages des membrures.

7.18 Vibrations

Les vibrations sont à calculer conformément à l'Eurocode 5 partie 1-1, §7.3 ou aux directives nationales. Les hypothèses de calcul sont les suivantes :

- pour le calcul des sous ensembles (I ou U) externes (ou de bord) du caisson et dans le cas où les caissons sont fixés ensemble, la charge unitaire (1 kN) est divisée par 2 en considérant que l'autre moitié de la charge est vue par le caisson voisin. Dans le cas contraire, le calcul est effectué avec la charge unitaire totale (1 kN) ;
- pour le calcul des autres sous ensembles (I ou U), chaque sous ensemble est analysé en considérant la rigidité équivalente du sous ensemble ;
- les valeurs moyennes du module de Young E_{moyen} sont utilisées ;
- la rigidité équivalente EI_b du sous ensemble dans la direction perpendiculaire à la travée est calculée en première approximation à l'aide de la rigidité équivalente EI_b de chaque sous ensemble. Les rigidités additionnelles amenées par les liaisons, les plafonds, les planchers flottants, etc. sont déterminées au cas par cas.

7.19 Dimensionnement au feu

Les éléments en Kerto® n'ayant subi aucun traitement de surface sont considérés D-s1, d0 suivant la classification de l'Eurocode en vigueur.

Le dimensionnement au feu est réalisé en conformité avec l'Eurocode 5, partie 1-2. Les propriétés de calcul du Kerto® en cas de dimensionnement au feu sont déterminées à partir des propriétés de ces matériaux à froid et des coefficients k_{fi} et $\gamma_{M,fi}$ selon la formule :

$$f_{d,fi} = k_{fi} \frac{f_k}{\gamma_{M,fi}}$$

où $k_{fi} = 1,1$ pour le Kerto®, $f_{d,fi}$ est la valeur de calcul de la propriété du matériau et f_k est la valeur caractéristique de la propriété du matériau.

En outre, conformément à l'Annexe Nationale de l'Eurocode 5, partie 1-2, §2.4.2 (2), le facteur de réduction pour la valeur d'une action en situation de feu par rapport à la conception en température normale est tel que $\eta_{fi}=0,7$.

7.191 Caisson Kerto®-Ripa en H

Des caissons autoportant Kerto®-Ripa en H utilisés en plancher, dont la membrure inférieure est réalisée en Kerto®-Q d'une épaisseur au moins égale à 22 mm ou 37 mm, ont une classe de résistance au feu REI 30, respectivement REI 60.

Des caissons autoportant en H ont également une classe REI 60 pourvu que :

- la membrure basse réalisée en Kerto®-Q ait une épaisseur d'au moins 25 mm,
- qu'une plaque de plâtre de type A (selon EN 520) de 13 mm d'épaisseur ou de classe F (selon EN 520) de 15 mm d'épaisseur soit rapportée sur la membrure basse.

Les âmes doivent avoir une épaisseur au minimum égale à 45 mm et leur entraxe de fixation ne devra pas excéder 900 mm. Les cavités entre âmes et membrures peuvent contenir de la laine de roche ou non. La hauteur des âmes ne doit pas être supérieure à 300 mm, hors hauteur d'isolant.

Les éléments composant les caissons Kerto®-Ripa doivent être assemblés conformément aux recommandations du présent document à l'aide de la colle Purbond HB 110 ou tout autre colle présentant des propriétés de résistance mécanique comparables.

Pour qu'elle ait un effet sur la résistance au feu du caisson autoportant, l'isolation placée dans les cavités libres sera fermement accolée aux âmes. Elle sera du type laine de roche avec une masse volumique d'au moins 27 kg/m³ et d'une épaisseur minimale de 100 mm. Si l'épaisseur est supérieure à 100 mm, la laine de roche doit être fixée aux âmes de manière à ce qu'elle reste bien place en cas d'incendie.

La capacité portante et les déformations des éléments composant un caisson autoportant Kerto®-Ripa soumis au feu doit être calculée conformément à l'EN 1995-1-2 tout en prenant en compte les vitesses de combustion et hypothèses de calcul donnée dans les tables ci-dessous. En outre, le taux de travail (chargement / capacité résistante) ne devra pas excéder 40%. Pour le calcul au feu, la flèche ne doit pas dépasser δ_{max} dont l'expression en mm est :

$$\delta_{max} = \frac{L^2}{3150 \times (h_1 + h_2 + h_3)}$$

où L [mm] est la portée du caisson entre appuis et h_1, h_2, h_3 sont les hauteurs respectivement des membrures hautes et basses et des âmes.

Caisson Kerto®-Ripa autoportant en H sans isolant dans les cavités

Eléments / face	Vitesse de combustion [mm/min]
Membrure inférieure	0,65
Partie inférieure des âmes	$\beta_{h3} = k_3 \cdot \beta_h = 2 \times 0,70 = 1,4$
Facès verticales des âmes	$\beta_{h3} = k_3 \cdot \beta_h = 2 \times 0,70 = 1,4$
Membrure supérieure	$\beta_{h3} = k_3 \cdot \beta_h = 2 \times 0,65 = 1,3$

La section composée (i.e membrure inférieure collée) ne sera prise en compte pour le dimensionnement de la section résiduelle après combustion partielle de la membrure inférieure que si la contrainte de cisaillement dans le joint de collage, entre l'âme et la membrure inférieure reste inférieure ou égale à 1,5 N/mm².

Caisson Kerto®-Ripa autoportant en H avec laine de roche dans les cavités

La section composée (i.e membrure inférieure collée) sera systématiquement prise en compte pour le dimensionnement de la section résiduelle après combustion partielle de la membrure inférieure.

- Membrure inférieure composée d'un panneau Kerto®-Q

Eléments / face	Vitesse de combustion [mm/min]
Membrure inférieure	0,65
Partie inférieure des âmes	$\beta_{h3} = k_s \cdot k_n \cdot k_3 \cdot \beta_0 = 0,975 \cdot k_s \cdot k_n$ $k_3 = 0,036 \cdot t_f + 1$
Facès verticales des âmes	Aucune combustion avant 60 minutes
Membrure supérieure	

- Membrane inférieure composée d'un panneau Kerto®-Q et d'une plaque de plâtre de type A selon EN 520

Éléments / face	Vitesse de combustion [mm/min] ou [min]
t_{ch} pour les âmes	$t_{ch} = 50$ min lorsque $h_{f2} = 25$ mm*
Partie inférieure des âmes	$\beta_{n3} = k_s, k_{tr}, k_3, \beta_0 = 2,925.k_s$
Faces verticales des âmes	Aucune combustion avant 60 minutes
Membrane supérieure	

*si $h_{f2} > 25$ mm alors $t_{ch} [\text{min}] = 50 + \frac{h_{f2} - 25}{0,65}$

- Membrane inférieure composée d'un panneau Kerto®-Q et d'une plaque de plâtre de type F selon EN 520

Éléments / face	Vitesse de combustion [mm/min] ou [min]
t_{ch} pour les âmes	$t_{ch} = 60$ min lorsque $h_{f2} = 25$ mm*
Partie inférieure des âmes	Aucune combustion avant 60 minutes
Faces verticales des âmes	
Membrane supérieure	

Si l'espace entre les âmes est supérieure à 600 mm, tout en restant inférieure ou égale à 900 mm, l'isolant devra être soutenu longitudinalement avec des tasseaux doublés en bois massif de section 22 x 100 mm² ou des tasseaux simples en Kerto®-S de section 39 x 100 mm². Ces tasseaux doivent être fixés aux entretoises (disposées avec un entraxe maximum de 5300 mm) avec 4 pointes 2,9 x 90 mm. La membrane inférieure doit quant à elle être fixée aux tasseaux avec ces mêmes pointes, mises en œuvre tous les 400 mm.

La fixation de plaques de plâtre à la membrane inférieure d'un caisson Kerto®-Ripa afin d'en renforcer la tenue au feu devra être réalisée à l'aide de vis de 32 mm de longueur. Elles seront disposées tous les 200 mm le long des quatre côtés d'une plaque et tous les 400 et 300 mm dans le sens longitudinal et le sens transversal.

Assemblages entre caissons

En cas d'utilisation d'un assemblage entre caissons de type E (cf. §7.1122), la fixation des caissons entre eux devra se faire à l'aide de deux vis de type ASSY ou équivalent, vissage croisé en diagonale, d'un diamètre 6 mm et espacées de 600 mm maximum, avec une pénétration minimale de la pointe dans le Kerto® d'au moins 50 mm.

En cas d'utilisation d'un assemblage entre caissons de type F (cf. §7.1122), la fixation des caissons entre eux devra se faire à l'aide de vis de type ASSY ou équivalent, en diagonale, d'un diamètre 5mm et espacées de 300 maximum, avec une pénétration minimale de la pointe dans le Kerto® d'au moins 50 mm.

La combustion des âmes, au niveau d'un joint entre membranes, démarre au bout de 40 minutes sauf si les joints entre caissons sont scellés par un tasseau de bois ou si une bande de laine de roche, d'épaisseur 30 mm et de densité minimale 140 kg/m³ est glissée dans le joint. Si la densité de la laine de roche est inférieure à 140 kg/m³, l'épaisseur et la largeur de la bande peuvent être augmentées de sorte que le rapport de la masse d'isolant au mètre linéaire de caisson soit égal à celui de la configuration préconisée. En cas d'utilisation d'un assemblage entre caissons de type E (cf. §7.1122), une bande de laine roche doit obligatoirement être mise en œuvre entre caissons conformément aux points précités.

Suspension des caissons

En cas d'utilisation de suspentes / connecteurs métalliques au niveau de la membrane supérieure ou au niveau de chaque âme, ces éléments métalliques devront être protégés à la jonction avec de la laine de roche (épaisseur 30 mm, densité minimale 140 kg/m³). Lors du dimensionnement des éléments de suspension, leur élévation de température devra être prise en compte dans le cas d'une exposition au feu de 60 minutes : 500°C en partie basse et 300°C en partie haute. La

protection des suspentes, pour leur partie incluse dans le caisson n'est pas nécessaire.

7.192 Caisson Kerto®-Ripa en T

Pour les caissons autoportant en T, le dessous du caisson doit être protégé à l'aide d'un matériau approprié (type plaque de plâtre par exemple). Ce type de protection doit être dimensionné et mis en œuvre conformément aux préconisations de l'Eurocode et du fabricant.

Une attention particulière devra être apportée aux jonctions entre les caissons et au niveau des appuis de manière à interdire le passage du feu à l'intérieur du caisson grâce à des trous ou des jeux de mise en œuvre. De la même façon, les trous dans la semelle inférieure ne sont pas recommandés (passage de fluides, etc.).

Classiquement, les appuis des caissons autoportants se font au niveau de la membrane inférieure. Les appuis peuvent également être réalisés au niveau de la membrane supérieure ou au niveau de chaque âme à l'aide de connecteurs ou de suspensions métalliques. Dans ce dernier cas, ces éléments métalliques devront être protégés excepté les parties à l'intérieur du caisson. Lors du dimensionnement de ces éléments mécaniques, leurs élévations de température devront être prises en compte dans le cas d'une exposition au feu de plus de 60 minutes : 500°C en bas et 300°C en haut de la suspension mécanique.

7.110 Performances acoustiques

Les performances acoustiques des caissons autoportants dépendent tout à la fois de la nature des membranes et des âmes (hauteur, épaisseurs), leurs positionnements relatifs (entraxe des âmes par exemple), que des éléments rapportés de finition (sous faces, résilients, etc.) et d'isolation (nature, épaisseur, etc.).

Les performances acoustiques d'un caisson autoportant seront ainsi à évaluer sur la base des données en annexe du document. Elles seront à décrire au travers des grandeurs normalisées suivantes :

7.111 Performances thermiques

La conductivité thermique déclarée du Kerto® est de 0,13 W/(m.K). Mais le caisson autoportant peut cependant contenir une isolation supplémentaire de type laine minérale entre âmes. Par conséquent, les valeurs de la résistance thermique R et du coefficient de transmission thermique U du caisson autoportant ainsi équipé en isolants dépendent de ses dimensions mais aussi des matériaux placés entre les membranes.

7.112 Liaisons entre les caissons

Les différents caissons sont reliés entre eux par des vis ou par tout autre système mécanique assurant une pression de serrage suffisante (clous, agrafes, etc.). Une liaison par vissage diagonal tous les 300 à 400 mm est recommandée (vis de diamètre Ø5-6 mm et de longueur 100-120 mm).

Il est recommandé d'avoir 5 mm d'espace entre l'extrémité de la membrane et le début de l'âme. Cela permet d'éviter des problèmes d'interaction lors de la pose des caissons autoportants.

7.1121 Caisson Kerto®-Ripa en T

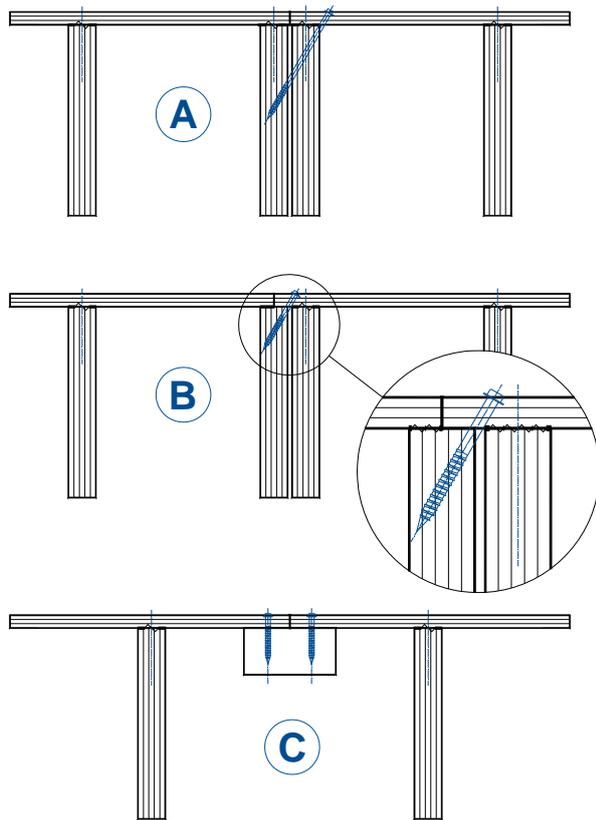


Figure 21 : liaisons types A, B, C entre caissons autoportants T

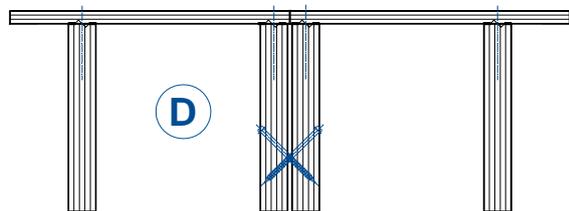


Figure 22 : liaison type D entre caissons autoportants T

7.1122 Caisson Kerto®-Ripa en H

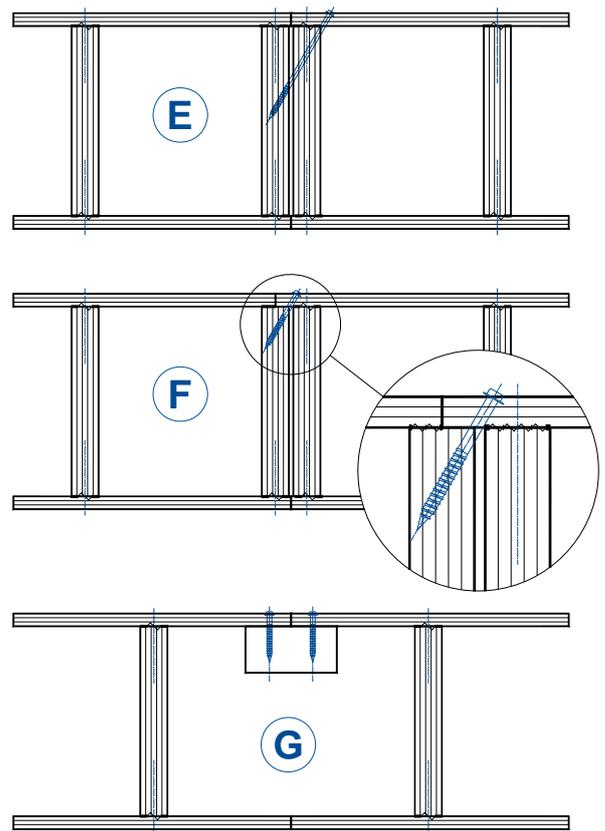


Figure 23 : liaisons types A, B, C entre caissons autoportants H

7.2 Poutres en I et poutres Kerto®-Maxi

7.21 Description

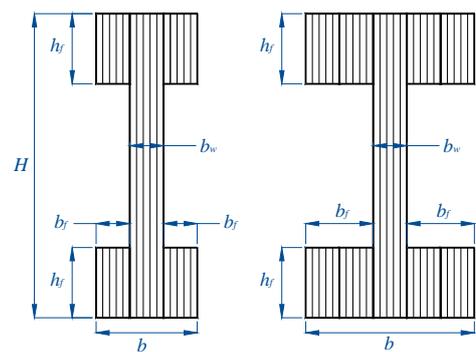


Figure 24 : composition des poutres en I Kerto®-Maxi

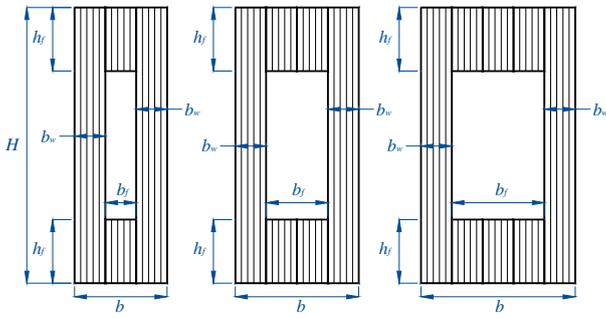


Figure 25 : composition des poutres caisson Kerto®-Maxi

7.22 Calcul d'une section droite

Les règles de dimensionnement définies dans l'Eurocode 5 sont appliquées et notamment au paragraphe §9.1.1 concernant les poutres à âme mince collée.

L'hypothèse de dimensionnement selon laquelle la déformation varie linéairement avec la hauteur de la poutre est également à retenir.

7.23 Calcul et vérification du joint de colle

Pour les joints de colle entre les membrures et les âmes, il convient de vérifier, conformément à l'Eurocode 5, §9.11, alinéa (8) :

$$\tau_{mean,d} \leq \begin{cases} f_{v,90,d} & \text{quand } h_f \leq 4 \cdot b_{ef} \\ f_{v,90,d} \cdot \left(\frac{4 \cdot b_{ef}}{h_f} \right)^{0,8} & \text{quand } h_f > 4 \cdot b_{ef} \end{cases}$$

où $\tau_{mean,d}$ est la contrainte de calcul en cisaillement à la section considérée, en faisant l'hypothèse d'une distribution uniforme.

$$\tau_{mean,d} = \frac{S}{h_f \cdot I} \cdot V_d$$

où $f_{v,90,d}$ est la résistance de calcul au cisaillement roulant du Kerto®-Q, $b_{ef}=b_w$ pour une poutre caisson et $b_{ef}=b_w/2$ pour une poutre en I.

- Pour une poutre caisson chargée verticalement :

$$S = \frac{1}{2} \cdot b_f \cdot h_f \cdot \left(\frac{H - h_f}{2} \right)$$

$$I = \frac{E_{Kerto Q}}{E_{Kerto S}} \cdot \frac{b_w \cdot H^3}{6} + \frac{b_f \cdot h_f^3}{6} + \frac{1}{2} \cdot b_f \cdot h_f \cdot (H - h_f)^2$$

- Pour une poutre en I chargée verticalement :

$$S = b_f \cdot h_f \cdot \left(\frac{H - h_f}{2} \right)$$

$$I = \frac{E_{Kerto Q}}{E_{Kerto S}} \cdot \frac{b_w \cdot H^3}{12} + \frac{b_f \cdot h_f^3}{3} + b_f \cdot h_f \cdot (H - h_f)^2$$

7.24 Dimensionnement au feu

Le dimensionnement au feu est réalisé en conformité avec l'Eurocode 5, partie 1-2. Les propriétés de calcul du Kerto® en cas de dimensionnement au feu sont déterminées à partir des propriétés de ces matériaux à froid et des coefficients k_{fi} et $\gamma_{M,fi}$ selon la formule :

$$f_{d,fi} = k_{fi} \cdot \frac{f_k}{\gamma_{M,fi}}$$

où $k_{fi} = 1,1$ pour le Kerto®, $f_{d,fi}$ est la valeur de calcul de la propriété du matériau et f_k est la valeur caractéristique de la propriété du matériau.

Conformément à l'Annexe Nationale de l'Eurocode 5, partie 1-2, §2.4.2 (2), le facteur de réduction pour la valeur d'une action en situation de feu par rapport à la conception en température normale est tel que $\eta_{fi}=0,7$.

Une poutre Kerto®-Maxi peut satisfaire à une exigence de R60. Lorsqu'une résistance au feu de l'élément est nécessaire, les conditions suivantes doivent être respectées.

La capacité portante et la déformation des poutres doit alors être calculées selon l'EN 1995-1-2. Les propriétés de la section sont déterminées selon la méthode de la section réduite (paragraphe 4.2.2 de l'EN 1995-1-2). La largeur d_{ef} des surfaces non protégées doit être calculée pour les poutres caissons et les poutres en I :

- en utilisant la vitesse de carbonisation unidirectionnelle β_0 du Kerto®, pour des sections de départ d'au moins 119 mm de largeur pour atteindre une résistance R30 et d'au moins 158 mm pour atteindre une résistance R60
- en utilisant en utilisant la vitesse de carbonisation β_n du Kerto®, pour des sections de départ plus faibles.

La largeur efficace de l'âme $b_{w,ef}$ doit être tel que :

$$b_{w,ef} \geq \frac{H - 2h_f}{70}$$

7.3 Poteau multiplis Kerto®-Maxi

7.31 Description

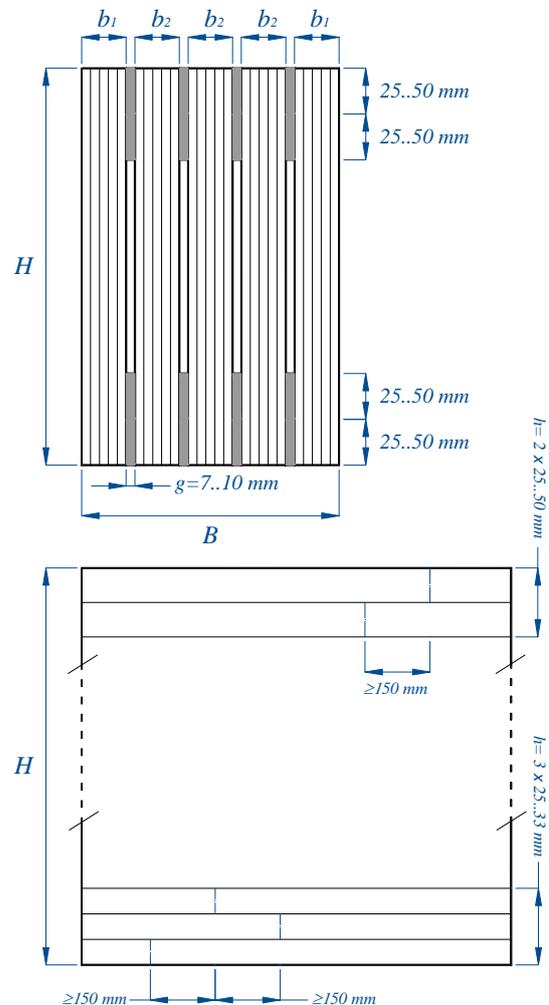


Figure 26 : composition des poteaux multiplis Kerto®-Maxi

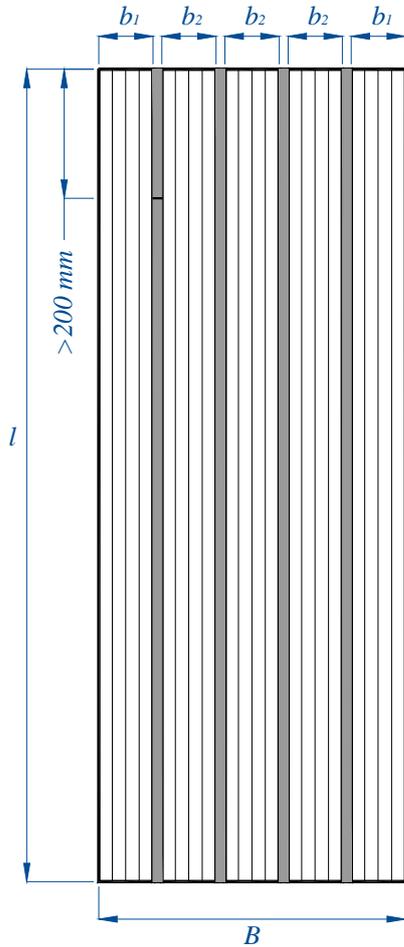


Figure 27 : composition des poteaux multiplis Kerto®-Maxi

Les côtes et notes des poteaux aux figures 26-27 sont relatives à un poteau à 5 âmes.

- Epaisseur nominale des âmes :
 $b_1 = 33 \dots 75 \text{ mm}$
 $b_2 = 39 \dots 75 \text{ mm}$
- Hauteur de poutre
 $H = 200 \dots 600 \text{ mm} \geq 0,9 \times B$ (avec 2, 3 ou 4 âmes $H_{\min} = 150 \text{ mm}$)
- Pour des poteaux à 5 et 6 âmes
 $B \geq 200 \text{ mm} (\leq 320 \text{ mm}, \text{ si } \lambda_{\text{ef}} > 60)$

7.32 Hypothèses de calcul

Les hypothèses de calcul sont les suivantes :

- les éléments travaillant en compression sont uniquement supportés dans la direction la plus faible ;
- il n'y a pas de chargement transverse dans la direction la plus faible, c'est-à-dire la direction B ($V_z=0$ et $M_z=0$)
- la capacité résistance portante dans la direction H est égale à la somme des capacités portantes de chaque élément de Kerto®.

7.33 Calcul au flambement Maximum

Les poteaux multiplis Kerto® collés à la colle polyuréthane sont calculés conformément aux Eurocodes. Les charges et les combinaisons de charge sont calculées conformément aux règles définies par l'Eurocode 1. Les règles de calcul de l'Eurocode 5 s'appliquent pour le calcul de la capacité résistante des éléments concernés.

7.331 Capacité résistante

Les contraintes dans les éléments travaillant en compression suivant la direction B devront satisfaire la condition suivante :

$$\sigma_{c,0,d} = k_c \cdot f_{c,0,d} \quad \text{avec} \quad \sigma_{c,0,d} = \frac{F_{c,d}}{A_{\text{tot}}}$$

où A_{tot} est l'aire de section transversale totale de Kerto®, k_c est déterminé conformément au paragraphe 6.3.2, alinéa (3) de l'Eurocode 5, mais en prenant en compte le rapport d'élanement effectif λ_{ef} et $f_{c,0,d}$ est la valeur de calcul en compression parallèle au fil.

7.332 Rapport d'élanement effectif

Le rapport d'élanement effectif est calculé comme suit:

$$\lambda_{\text{ef}} = L \cdot \sqrt{\frac{A_{\text{tot}}}{I_{z,\text{eff}}}}$$

où L est la longueur de flambement de la colonne et $I_{z,\text{eff}}$ est le moment d'inertie efficace.

La longueur a_i est la distance entre le centre de gravité de l'élément i et l'axe neutre de la section. $I_{z,\text{eff}}$ et a_i peuvent être calculés comme suit :

- Pour un poteau à deux éléments

$$I_{z,\text{eff}} = 2 \cdot I_1 + 2 \cdot A_1 \cdot a_1^2$$

- Pour un poteau à trois éléments

$$I_{z,\text{eff}} = 2 \cdot I_1 + I_2 + 2 \cdot A_1 \cdot a_1^2$$

- Pour un poteau à quatre éléments

$$I_{z,\text{eff}} = 2 \cdot (I_1 + I_2 + A_1 \cdot a_1^2 + A_2 \cdot a_2^2)$$

- Pour un poteau à cinq éléments

$$I_{z,\text{eff}} = 2I_1 + 3I_2 + 2A_1 \cdot a_1^2 + 2A_2 \cdot a_2^2$$

- Pour un poteau à six éléments

$$I_{z,\text{eff}} = 2I_1 + 4I_2 + 2A_1 \cdot a_1^2 + 2A_2 \cdot a_2^2$$

où

$$a_1 = \frac{1}{2}(B - b_1), \quad a_2 = \frac{1}{2}(B - b_2) - b_1 - g, \quad a_3 = \frac{1}{2}(b_2 + g)$$

Les dimensions H , b_i et g sont définies sur les figures 26 et 27 et les A_i et I_i sont calculées comme suit :

$$A_i = H \cdot b_i \quad \text{et} \quad I_i = \frac{H \cdot b_i^3}{12}$$

7.34 Résistance au cisaillement dans le joint de colle

L'effort tranchant de l'élément comprimé est calculé conformément à l'Eurocode 5:

$$V_d = \begin{cases} \frac{F_{c,d}}{120 \cdot k_c}, \lambda_{\text{ef}} \leq 30 \\ \frac{F_{c,d} \cdot \lambda_{\text{ef}}}{3600 \cdot k_c}, 30 \leq \lambda_{\text{ef}} \leq 60 \\ \frac{F_{c,d}}{60 \cdot k_c}, \lambda_{\text{ef}} > 60 \end{cases}$$

où $F_{c,d}$ est la force axiale s'exerçant sur le centre de gravité géométrique, λ_{ef} est le rapport d'élanement effectif de l'élément composé comprimé, k_c est le facteur de déversement déterminé grâce au rapport d'élanement effectif λ_{ef} .

- Pour 2 et 3 éléments comprimés, l'effort de cisaillement dans le joint de colle, T_d , vaut par unité de longueur :

$$T_d = \frac{A_1 a_1}{I_{z,\text{eff}}} V_d$$

- Pour **4 et 5 éléments comprimés**, l'effort de cisaillement dans le joint de colle, T_d , vaut par unité de longueur :

$$T_d = \frac{A_1 a_1 + A_2 a_2}{I_{z,eff}} V_d$$

- Pour **6 éléments comprimés**, l'effort de cisaillement dans le joint de colle, T_d , vaut par unité de longueur :

$$T_d = \frac{A_1 a_1 + A_2 (a_2 + a_3)}{I_{z,eff}} V_d$$

7.35 Vérification de la capacité en cisaillement dans les bandes en bois massif

La contrainte en cisaillement roulant des bandes de bois massif doit satisfaire la condition suivante :

$$\tau_d = \frac{T_d}{2h} \leq \frac{k_{mod}}{\gamma_M} f_{v,k}$$

Où h est la largeur des 2 à 3 bandes (50 à 100 mm), les facteurs sont définis conformément à l'Eurocode 5 k_{mod} et γ_M et $f_{v,k}$ est la capacité de cisaillement caractéristique du bois massif ; une valeur supérieure à $f_{v,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$ ne doit pas être utilisée.

7.36 Dimensionnement au feu

Le dimensionnement au feu est réalisé en conformité avec l'Eurocode 5, partie 1-2. Les propriétés de calcul du Kerto® en cas de dimensionnement au feu sont déterminées à partir des propriétés de ces matériaux à froid et des coefficients k_{fi} et $\gamma_{M,fi}$ selon la formule :

$$f_{d,fi} = k_{fi} \frac{f_k}{\gamma_{M,fi}}$$

où $k_{fi} = 1,1$ pour le Kerto® et $k_{fi} = 1,25$ pour le bois massif, $f_{d,fi}$ est la valeur de calcul de la propriété du matériau et f_k est la valeur caractéristique de la propriété du matériau.

Conformément à l'Annexe Nationale de l'Eurocode 5, partie 1-2, §2.4.2 (2), le facteur de réduction pour la valeur d'une action en situation de feu par rapport à la conception en température normale est tel que $\eta_{fi} = 0,7$.

Un poteau Kerto®-Maxi peut satisfaire à une exigence de R60. Lorsqu'une résistance au feu de l'élément est nécessaire, les conditions suivantes doivent être respectées.

La capacité portante et la déformation des poutres doivent alors être calculées selon l'EN 1995-1-2. Les propriétés de la section sont déterminées selon la méthode de la section réduite (paragraphe 4.2.2 de l'EN 1995-1-2).

7.4 Dimensionnement au séisme

Les assemblages par collage ne sont pas à considérer comme des zones dissipatives au sens de l'EN 1998-1 (§8.2).

Les structures intégrant des sections collées selon la technologie Finnforest ont un comportement de structure faiblement dissipatif ; retenir le principe b) de l'EN 1998-1 §8.1.3, alinéa (1).

Dans le cadre de l'évaluation de la performance sous sollicitations sismiques il convient de suivre le paragraphe 8 de l'EN 1998-1 : dimensionnement des éléments selon l'EN 1995 et application des règles spécifiques de l'EN 1998-1 intégrant les paramètres spécifiques des sections collées.

8. Mise en œuvre

8.1 Avant collage

8.11 Stockage

Les matériaux en Kerto® utilisés pour le collage sont stockés avant collage pendant une durée minimale de 2 jours dans une ambiance climatique où la température minimale sera de 20°C et l'hygrométrie

relative de l'air est comprise entre 40% et 85%. L'adhésif est maintenu dans une ambiance protégée de l'eau et de l'humidité comme le préconise le fabricant.

8.12 Préparation au collage

Les surfaces destinées à être encollées sont poncées et nettoyées de toute poussière par de l'air comprimé (dépourvu de matière grasse et d'eau).

8.2 Phase de collage

8.21 Conditions de collage

La température ambiante de production est comprise entre 20°C et 25°C alors que l'humidité relative de l'air est comprise entre 40% et 85%.

Le taux d'humidité des surfaces à coller est compris entre 9 et 15%.

La différence de taux d'humidité entre les éléments Kerto® à coller ne dépasse pas 4%.

Les dimensions des éléments collés sont conformes aux documents de fabrication et respectent les tolérances de fabrication en termes de planéité et d'équerrage.

8.22 Essence de Lamibois Kerto®

Seul le Kerto® de Finnforest permet de garantir la qualité et l'efficacité de l'assemblage collé défini dans le présent dossier technique. L'utilisation de tout autre équivalent est proscrite.

8.23 Application de l'adhésif (colle polyuréthane)

Seule la colle validée par Finnforest permet de garantir la qualité et l'efficacité de l'assemblage collé défini dans le présent dossier technique. L'utilisation de tout autre équivalent est proscrite.

Chaque campagne ou série de collage dure 4 heures selon la décomposition suivante :

- encollage et vissage : 1 heure
- durcissement : 3 heures à 20°C.

Le grammage de colle est compris entre 250 et 300 g/m² ce qui garantit l'hypothèse d'un joint de colle mince d'une épaisseur de 0,3 mm.

Chaque élément collé est marqué systématiquement.

8.24 Pressage

Les éléments d'assemblage (vis, clous, etc.) sont placés conformément aux documents de fabrication correspondant.

Seuls les organes d'assemblage validés par Finnforest permettent de garantir la qualité et l'efficacité de l'assemblage collé défini dans le présent dossier technique. L'utilisation de tout autre équivalent est proscrite.

8.25 Manutention

Pendant les 45 minutes suivant le début de l'encollage à 20°C, il est possible de déplacer les matériaux assemblés par collage. Cependant les déformations et changements importants doivent être évités dans ces déplacements.

Un système de manutention particulier doit être défini si nécessaire.

8.3 Après collage

8.31 Finition

Les finitions ne sont pas commencées avant le durcissement des joints de collage.

Les joints de collage des éléments collés sont nettoyés par ponçage ou autres méthodes similaires.

Les opérations de finition se font conformément aux documents de fabrication correspondant.

8.32 Transport

Un système de transport spécifique peut être défini si nécessaire.

8.33 Stockage

Les éléments collés sont stockés au minimum 2 jours dans une ambiance où la température sera au minimum de 15°C. Ces derniers sont emballés de sorte qu'aucun endommagement ne survienne dans les conditions normales de stockage ou de transport.

B. Résultats expérimentaux

- Dossier de synthèse : « Réalisation de panneaux caissons Kerto autoportants collés, validation de la colle PURBOND® HB110 pour l'emploi structural en classes de service 1 & 2 », Laboratoire de Rhéologie du Bois, Avril 2005 – Document confidentiel, 6 pages.
- Fiche technique : « PURBOND® HB 110, Colle polyuréthane à un composant pour structures portantes en bois selon DIN 1052, exécutions spéciales comprises », Purbond AG, 5 pages.
- Essais de cisaillement des plans de collage, influence de l'épaisseur des plans de collage, de l'espacement des vis et de l'humidité sur la résistance du plan de collage : « Screw gluing Kerto®-LVL structures with polyurethane, Otawood publication », Matti Kairi et al., Helsinki University of Technology, Department of Forest Products Technology, Laboratory of Wood Technology, Espoo 1999.
- Essais de collage avec clous assurant la pression de collage : « Nail pressing technology for PU gluing of Kerto®-Ripa elements, initial type tests at Lohja 2006 », Finnforest Building solutions Kerto®, Jouni Hakkarainen, Aout 2006, 29 pages.
- Essai de délamination de la colle Purbond sur collage structurel de caissons Kerto-Ripa® selon norme EN 391, procédure B, Juin 2005
- « Statement on the design method for composed Kerto-LVL compression members connected by PU gluing with solid timber strips », VTT technical research centre of Finlande, N° VTT-S-05843-09, août 2009, 11 pages.
- ETA-07/0029, « Kerto Ripa Elements, Wood-based composite slab element for structural purposes », VTT technical research centre of Finlande, février 2007, 16 pages
- Essais de performances acoustiques sur caisson Kerto-Ripa® en H et en T avec différentes natures d'isolants, résilients et chapes – Rapport de synthèse suite à essais de différentes compositions : « Ribbed and hollow box element made from Kerto laminated veneer panels with different screed structures and subfloors », Expert statement, N° 175 35407°, Juillet 2009.
- Essai de résistance au feu : "Fire resistance test on a joint of a wooden beam and floor construction, test method as applicable Standard SFS-EN 1365-2", Finas akkreditointi T018 (EN ISO/IEC 17025), Test report N° RTE344/04, VTT technical research centre of Finlande, August 2004.
- Essai de résistance au feu : "Fire resistance test on a wooden floor construction, test method : Standard SFS-EN 1365-2", Finas akkreditointi T018 (EN ISO/IEC 17025), Test report N° RTE1057/04, VTT technical research centre of Finlande, August 2004.
- Avis de résistance au feu pour un Avis Technique n°CO10.1821, CSTB, 26 juillet 2010.

C. Références

- Magasin Ikéa, Raisio, Finlande : mise en œuvre de caissons Kerto-Ripa® en H en toiture d'une portée de 16 m. Surface couverte : 16.000 m² en 9 semaines.
- Finnforest Modular Office, Espoo, Finlande : mise en œuvre de caissons Kerto-Ripa® en H en plancher. Surface couverte : 6.000 m²
- Hall Sibélius, Lahti, Finlande. Auditorium de 1250 sièges, les balcons sont composés de caissons nervurés Kerto®.
- City Académie, Londres, Angleterre : mise en œuvre de Kerto-Ripa® en T en en toiture. Comportant un isolant thermique et un complexe d'isolation acoustique, les caissons couvrent une portée de 8 m. Surface couverte : 2.000 m²
- Centre de Secours et d'Incendie de Gouzé, Nantes, France : pose de 55 caissons Kerto-Ripa® d'une portée de 8,30 m, en toiture. Les panneaux isolés ont fait l'objet d'une Appréciation technique d'Expérimentation (Atex N°1360). Surface de l'ouvrage : 5.035 m².

- Ateliers de fabrication de l'entreprise CMB, Mauléon, France. Mise en œuvre de caissons Kerto-Ripa® en T en toiture d'une portée de 16 m. Surface couverte environ 600 m².
- Théâtre du Lycée Jean-Baptiste Corot, Savigny sur Orge, France. Mise en œuvre de caissons Kerto-Ripa® en H en toiture d'une portée de 16 m. Surface couverte : 405 m².
- Gymnase d'Aulnay de Saintonge, Charente-Maritime, France, Toiture à faible pente en caisson Kerto-Ripa® H.
- Brede School de Kikker, Amsterdam, Pays-Bas. mise en œuvre de Kerto-Ripa® en plancher. Surface de l'ouvrage : 7160 m².
- Bâtiment de stockage de l'entreprise Masson, Fougères, France. Portiques à poteaux et arbalétriers Kerto®-Maxi I et C, hauteur sablière 9m, portée 27m.
- Couverture de l'usine Kerto de Lohja, Finlande. Poutre Kerto®-Maxi en I, portée 27m.
- Couverture de l'usine de Punkaharju, Finlande. Poutre Kerto®-Maxi en C, portée 24m.

Caisson Kerto-Ripa autoportant H

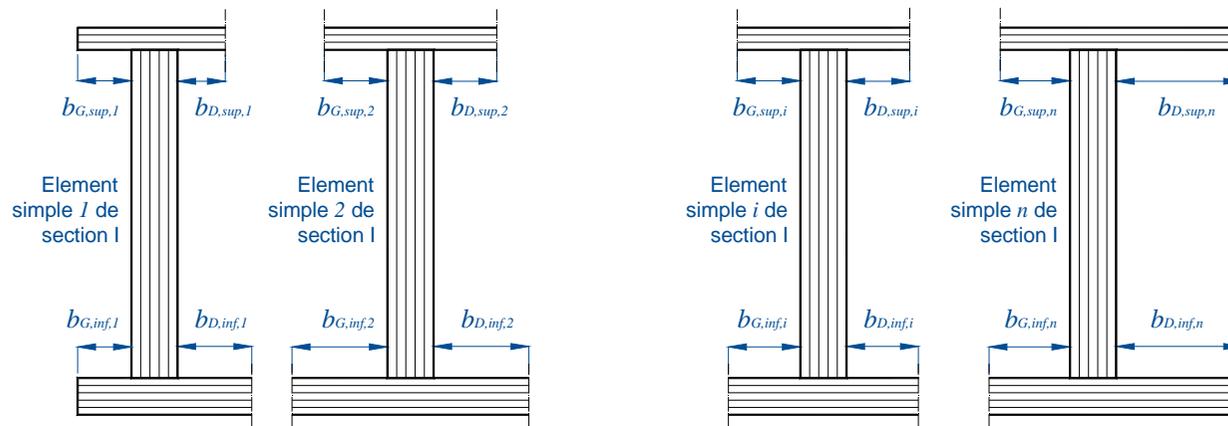
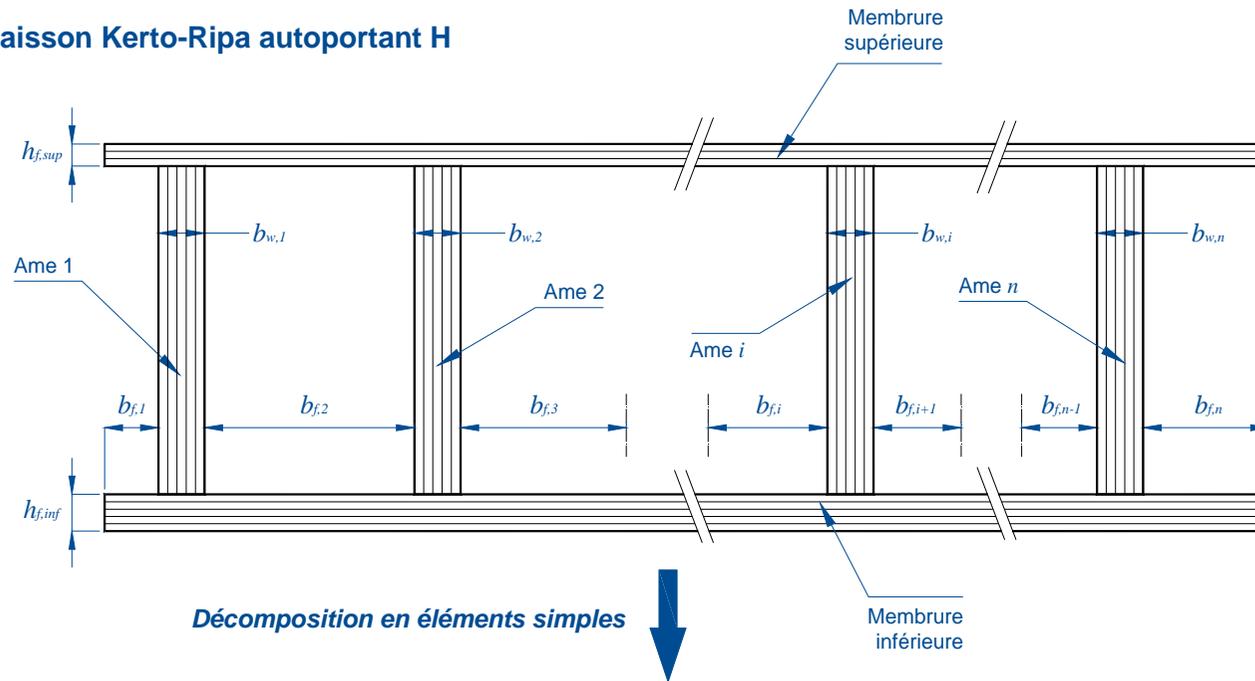


Figure 14 – Décomposition d'un caisson Kerto®-Ripa autoportant H en éléments simples poutres en

3/09-634

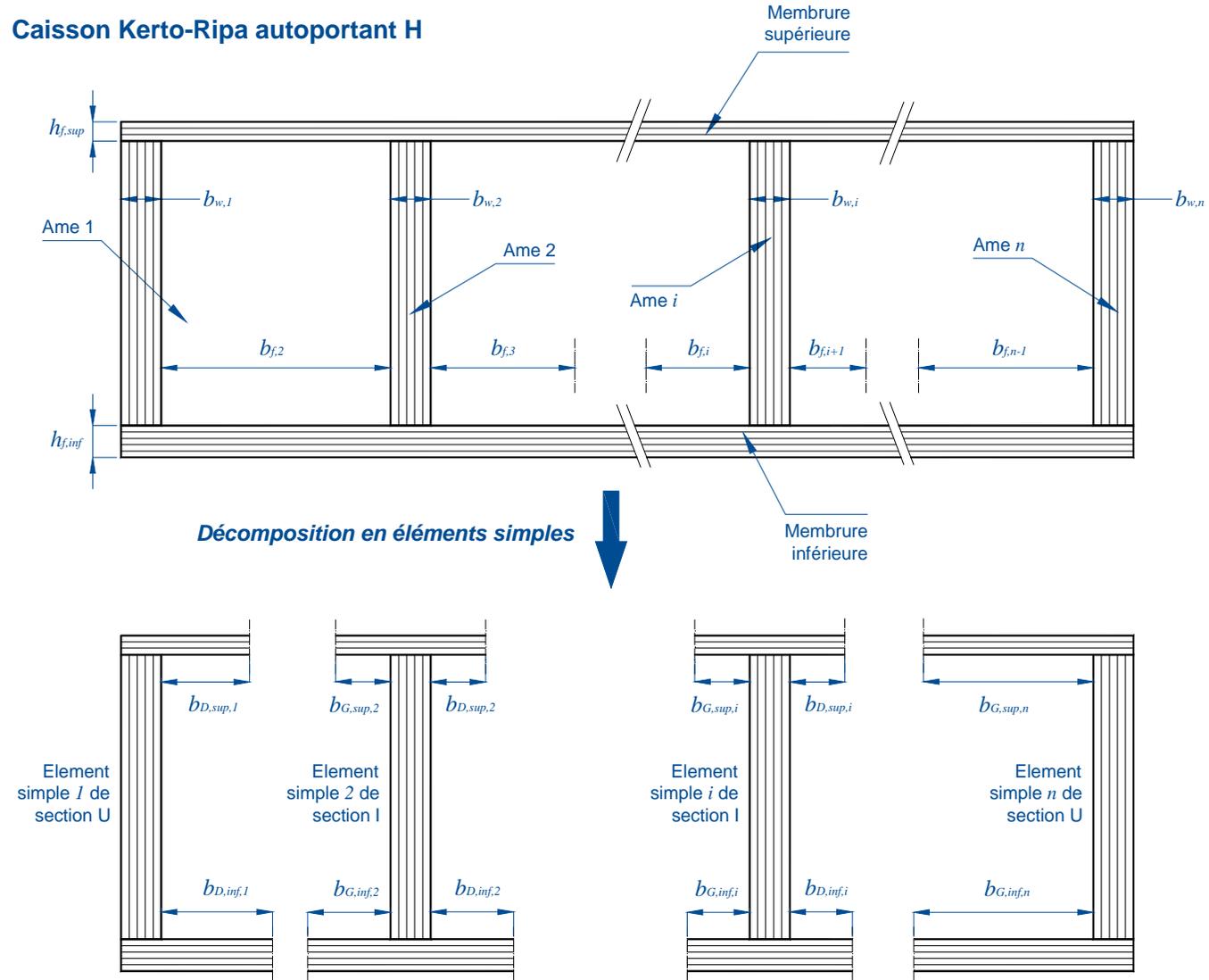
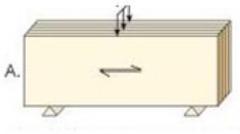
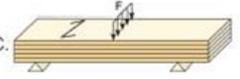
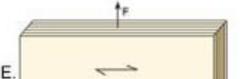
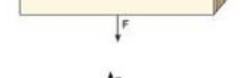
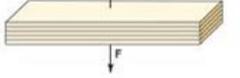
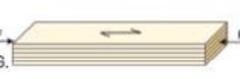
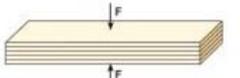
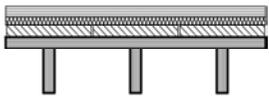
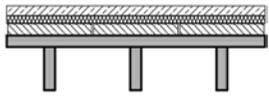
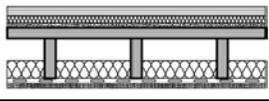
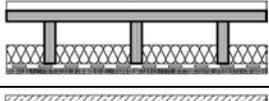
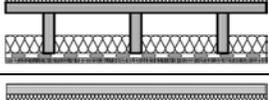
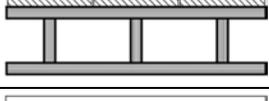
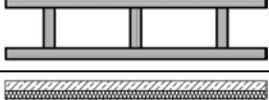
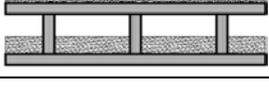


Figure 15 – Décomposition d'un caisson Kerto®-Ripa autoportant H en éléments simples poutres en I et U

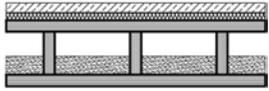
ANNEXE N°1: Caractéristiques du KERTO®-S et du KERTO®-Q

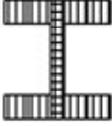
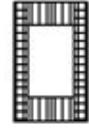
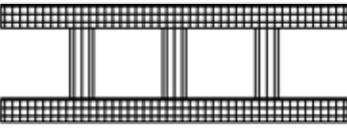
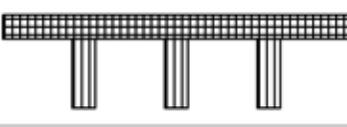
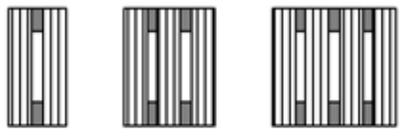
	Propriétés	Symbole	Figure	Valeurs caractéristiques en N/mm ² et kg/m ³		
				Kerto- S (épaisseurs 27-75mm)	Kerto-Q (épaisseurs 27-69 mm)	
           	Valeurs caractéristiques (au fractile 5%)	Résistance à la flexion (hauteur de référence 300mm) A chant, fil parallèle	$f_{m,0,chant,k}$	A	44.0	32.0
		Paramètre d'effet de dimension A plat, fil parallèle	s	B	0.12	0.12
		A plat, fil travers	$f_{m,90,plat,travers,k}$	C	-	8.0
		Résistance à la traction (longueur de référence 3000 mm) Parallèle au fil	$f_{t,0,k}$	D	35.0	26.0
		Perpendiculaire au fil, à chant	$f_{t,90,chant,k}$	E	0.8	6.0
		Perpendiculaire au fil, à plat	$f_{t,90,plat,k}$	F	-	-
		Résistance à la compression Parallèle au fil	$f_{c,0,k}$	G	35.0	26.0
		Perpendiculaire au fil, à chant	$f_{c,90,chant,k}$	H	6.0	9.0
		Perpendiculaire au fil, à plat	$f_{c,90,plat,k}$	I	1.8	2.2
		Résistance au cisaillement Relatif à la flexion à chant	$f_{v,0,chant,k}$	J	4.1	4.5
		Relatif à la flexion à plat, parallèle au fil	$f_{v,0,plat,k}$	K	2.3	1.3
		Relatif à la flexion à plat, perpendiculaire au fil	$f_{v,90,plat,k}$	L	-	0.6
		Module d'élasticité Parallèle aux fibres, fil parallèle	$E_{0,k}$	ABDG	11600	8800
		Parallèle aux fibres, fil travers	$E_{0,travers,k}$	C	-	1700
		Perpendiculaire aux fibres, à chant	$E_{90,chant,k}$	H	350	2000
		Perpendiculaire aux fibres, à plat	$E_{90,plat,k}$	I	100	100
Module de cisaillement Relatif à la flexion à chant	$G_{0,chant,k}$	J	400	400		
Relatif à la flexion à plat, parallèle au fil	$G_{0,plat,k}$	K	400	100		
Relatif à la flexion à plat, perpendiculaire au fil	$G_{90,plat,k}$	L	-	16		
Masse volumique	ρ_k		480	480		
 	Valeurs moyennes	Module d'élasticité Parallèle aux fibres, fil parallèle	$E_{0,mean}$	ABDG	13800	10500
		Parallèle aux fibres, fil travers	$E_{0,travers,mean}$	C	-	2000
		Perpendiculaire aux fibres, à chant	$E_{90,chant,mean}$	H	430	2400
		Perpendiculaire aux fibres, à plat	$E_{90,plat,mean}$	I	130	130
		Module de cisaillement Relatif à la flexion à chant	$G_{0,chant,mean}$	J	600	600
		Relatif à la flexion à plat, parallèle au fil	$G_{0,plat,mean}$	K	600	120
		Relatif à la flexion à plat, perpendiculaire au fil	$G_{90,plat,mean}$	L	-	22
Masse volumique	ρ_{mean}		510	510		

ANNEXE N°2: Synthèse des résultats d'essais acoustiques

Composants des caissons Kerto-Ripa® (mm)			Composition de la chape flottante			Valeurs	
			Type de chape	Type de résilient	Type de lestage		
Caisson "T"	250	X03 X04		CHAPE SECHE - 25 mm <i>panneaux plâtre</i>	LAINE MINERALE - 20 mm $\rho = 184 \text{ kg/m}^3$	Dallettes béton 60mm	$L_{n,w}=57(-2; -1)$ $R_w=64(-7; -19)$
		X01 X02		CHAPE LIQUIDE - 50mm <i>chape ciment ou chape anhydrite</i>	LAINE MINERALE - 20 mm $\rho = 59 \text{ kg/m}^3$ Raideur dynamique = 11 MN/m ³	Dallettes béton 60mm	$L_{n,w}=51(-4; 7)$ $R_w=68(-10; -25)$
Caisson "T" Remplissage laine minérale 100 mm) Profilé Panneau type « Fermacell »	250 (10) 27 12,5	X05 X06		CHAPE SECHE - 25 mm <i>panneaux plâtre</i>	LAINE MINERALE - 20 mm $\rho = 184 \text{ kg/m}^3$ Raideur dynamique = 26 MN/m ³	Granulats acoustiques 30 mm	$L_{n,w}=38(1; 17)$ $R_w=79(-24; -39)$
		X09 X10		CHAPE LIQUIDE - 50mm <i>chape ciment ou chape anhydrite</i>	PF + MP - 34 mm $\rho = 256 \text{ kg/m}^3$ Raideur dynamique = 102 MN/m ³	-	$L_{n,w}=45(-2; 8)$ $R_w=77(-15; -31)$
		X07 X08		CHAPE LIQUIDE - 50mm <i>chape ciment ou chape anhydrite</i>	LAINE MINERALE - 20 mm $\rho = 59 \text{ kg/m}^3$ Raideur dynamique = 11 MN/m ³	-	$L_{n,w}=48(-2; 4)$ $R_w=77(-15; -30)$
Caisson « H » (en option pour le CF : remplissage laine minérale 100 mm ou 2x12,5mm panneaux type "Fermacell")	275	X17 X18		CHAPE SECHE - 25 mm <i>panneaux plâtre</i>	LAINE MINERALE - 20 mm $\rho = 184 \text{ kg/m}^3$ Raideur dynamique = 26 MN/m ³	Dallettes béton 60mm	$L_{n,w}=55(1; 2)$ $R_w=63(-6; -17)$
		X13 X14		CHAPE LIQUIDE - 50mm <i>chape ciment ou chape anhydrite</i>	PF + MP - 34 mm $\rho = 256 \text{ kg/m}^3$ Raideur dynamique = 102 MN/m ³	-	$L_{n,w}=68(-1; -1)$ $R_w=54(-1; -9)$
		X15 X16		CHAPE LIQUIDE - 50mm <i>chape ciment ou chape anhydrite</i>	LAINE MINERALE - 20 mm $\rho = 59 \text{ kg/m}^3$ Raideur dynamique = 11 MN/m ³	Dallettes béton 60mm	$L_{n,w}=48(0; 8)$ $R_w=67(-5; -18)$
Caisson « H » Remplissage granulats acoustiques 100 mm, m'=150	275	X21 X22		CHAPE SECHE - 25 mm <i>panneaux plâtre</i>	LAINE MINERALE - 20 mm $\rho = 184 \text{ kg/m}^3$ Raideur dynamique = 26 MN/m ³	Granulats acoustiques 30 mm	$L_{n,w}=44(0; 9)$ $R_w=76(-19; -34)$

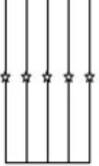
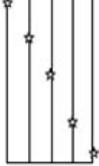
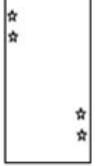
Remplacé le : 09/04/2014 par le n° 3/14-765

		X19 X20		CHAPE LIQUIDE - 50mm chape ciment ou chape anhydrite	LAINÉ MINÉRALE - 20 mm $\rho = 59 \text{ kg/m}^3$ Raideur dynamique = 11 MN/m ³	-	$L_{n,w} = 54 (-6; -1)$ $R_w = 74 (-12; -27)$
--	--	------------	---	---	--	---	--

Nom	Section	Longueur	Largeur	Dimensions			
				b_w	B_f	h_w	h_f
Poutre en I		26000	-	33..69	39..90	600..2500	150..300...500
Poutre caisson		26000	-	33..69	51..180..225	600..2500	150..300...500
Caisson autoportant en H		20000	2500	39..90	-	100..600	19..68
Caisson autoportant en T		20000	2500	39..90	-	100..600	19..68
Poteau multicouches		12000	-	b_1	b_2	B	H
				33..90	51..90	390 maxi	-
NB: toutes les mesures sont données en mm				 Kerto S	 Kerto Q	 Contreplaqué	

Remplacé le : 09/04/2014 par le n° 3/14-765

Annexe N°4 : Exemple de fiche d'enregistrement pour le collage d'un caisson autoportant

IDENTIFICATION				MEMBRURES					PANNEAU		
ELEMENTS	FACES	OPERATEUR	DATE DE MESURE	Ref Lot membrures	Hauteur		équerrage	Rectitude surface		Ref Lot panneaux	Rectitude surface
					Nominale	Tolérance ± 1,0 mm	Tolérance ± 0,5 mm	Tolérance ± 1mm/500mm	Tolérance ± 1mm/500mm		
	FACE 1										
	FACE 2										
	FACE 1										
	FACE 2										
	FACE 1										
	FACE 2										
	FACE 1										
	FACE 2										
	FACE 1										
	FACE 2										
	FACE 1										
	FACE 2										
	FACE 1										
	FACE 2										
	FACE 1										
	FACE 2										
	FACE 1										
	FACE 2										
	FACE 1										
	FACE 2										
<p>Mesures à effectuer sur toutes les pièces.</p> <p>Si le contrôle n'est PAS correct, remplacer impérativement l'élément NON Conforme.</p> <p>Toujours REMPLIR le registre des NON CONFORMITES</p>											
Nom responsable qualité								Date	Visa		

Remplacé le : 09/04/2014 par le n° 3/14-765