X-RAD

rothoblaas

1. X-ONE page 20

INGÉNIERIE STRUCTURELLE (page 24)
INSTALLATION (page 34)
TRANSPORT (page 36)

2. X-PLATE page 38

SYSTÈME DE PLAQUES X-PLATE (page 40)
INGÉNIERIE STRUCTURELLE (page 48)
DU MODELAGE AU CHANTIER (page 54)

3. X-SEAL page 64

DESCRIPTION DU SYSTÈME (page 66)
COMPORTEMENT THERMO-HYGROMÉTRIQUE (page 68)
COMPORTEMENT ACOUSTIQUE (page 70)
COMPORTEMENT AU FEU (page 76)

X-RAD : LA FORCE DE LA SIMPLICITÉ

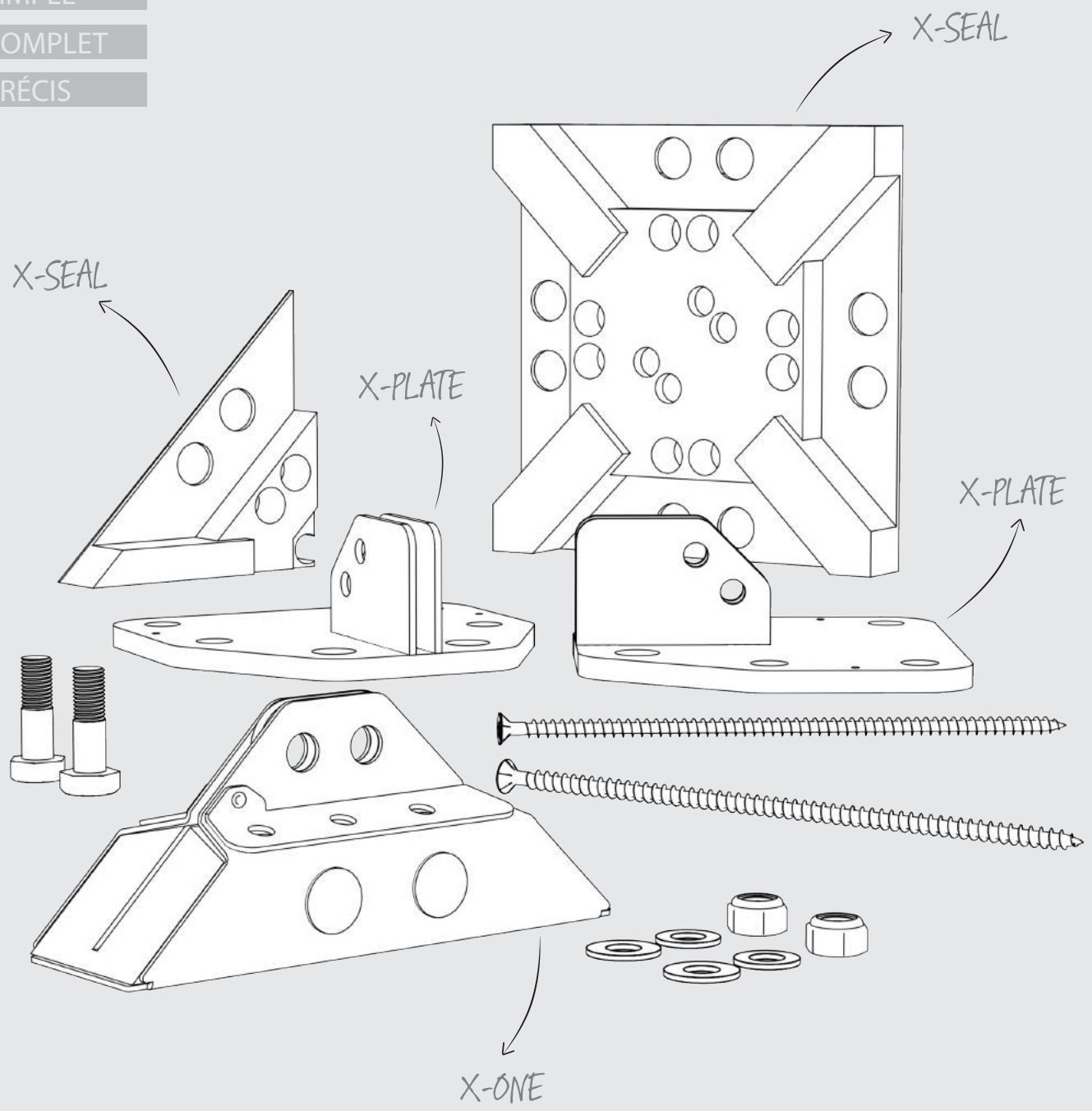
X-RAD est un système de raccordement complet pour tous les types de constructions en CLT. Extrêmement simple, il est constitué de 3 éléments : X-ONE, X-PLATE et X-SEAL. Conçu pour simplifier les opérations faites sur les chantiers, il garantit un montage rapide et précis. Système optimisé d'un point de vue du comportement mécanique, thermique et acoustique, pour garantir des prestations maximales.

RAPIDE

SIMPLE

COMPLET

PRÉCIS



“Un système qui assure simplicité, rapidité et sécurité”

X-ONE

Connecteur universel pour panneaux en CLT

X-PLATE

Gamme complète de plaques de raccordement

X-SEAL

Système complet pour l’étanchéité à l'air et le confort thermique-acoustique

X-RAD : PENSÉ PAR DES CONCEPTEURS, DÉDIÉ AUX CONCEPTEURS

Un nouveau système de raccordement, simple et révolutionnaire. Grâce au professionnalisme du bureau technique rothoblaas, tout est plus simple : faites confiance aux conseillers spécialisés toujours à votre disposition pour résoudre des problèmes de conception et de chantier.

6 CONSEILLERS TECHNIQUES

POUR RÉPONDRE À CHAQUE DOUTE EN 5 LANGUES

279 DESSINS TECHNIQUES

POUR SOUTENIR VOTRE ACTIVITÉ DE CONCEPTION

3 UNIVERSITÉS

IMPLIQUÉES DANS LES PHASES DE DÉVELOPPEMENT ET TEST

5 PRIX INTERNATIONAUX

COMME RECONNAISSANCE DU CARACTÈRE INNOVANT DU SYSTÈME

3 ARTICLES

PUBLIÉS SUR DES REVUES SCIENTIFIQUES SPÉCIALISÉES

10 PUBLICATIONS

AUX ACTES DES PRINCIPALES CONFÉRENCES INTERNATIONALES

ÊTES-VOUS PRÊTS À CONCEVOIR DE FAÇON DIFFÉRENTE ?

Le bureau technique rothoblaas garantit toute l'assistance nécessaire pour votre première réalisation avec système X-RAD, de la conception aux phases du chantier. Ensemble, nous pouvons facilement être les protagonistes du futur de la construction en bois.

my Project
calculation software by rothoblaas

MY PROJECT

MyProject est le logiciel de calcul et vérification des raccordements créé avec l'objectif précis de simplifier le travail du concepteur. Simple et intuitif, il permet de développer rapidement le calcul et le choix de l'application et des produits, en menant en quelques étapes à l'impression de la relation de calcul.

RELATION DE CALCUL

Relation de calcul complète avec vérifications et spécifications de produit

PRATIQUE ET INTUITIF

Manuel d'utilisation et rapport final riche en graphiques et illustrations

PARAMÈTRES

Indications étape par étape pour la bonne saisie des données

PERSONNALISABLE

Possibilités de créer une base de données de l'utilisateur et sauvegarder ses projets

Vous pouvez trouver la géométrie du système X-RAD et ses composants déjà implémentés dans les **logiciels CAD CAM** de dessin pour structures en bois les plus courants (page 57)

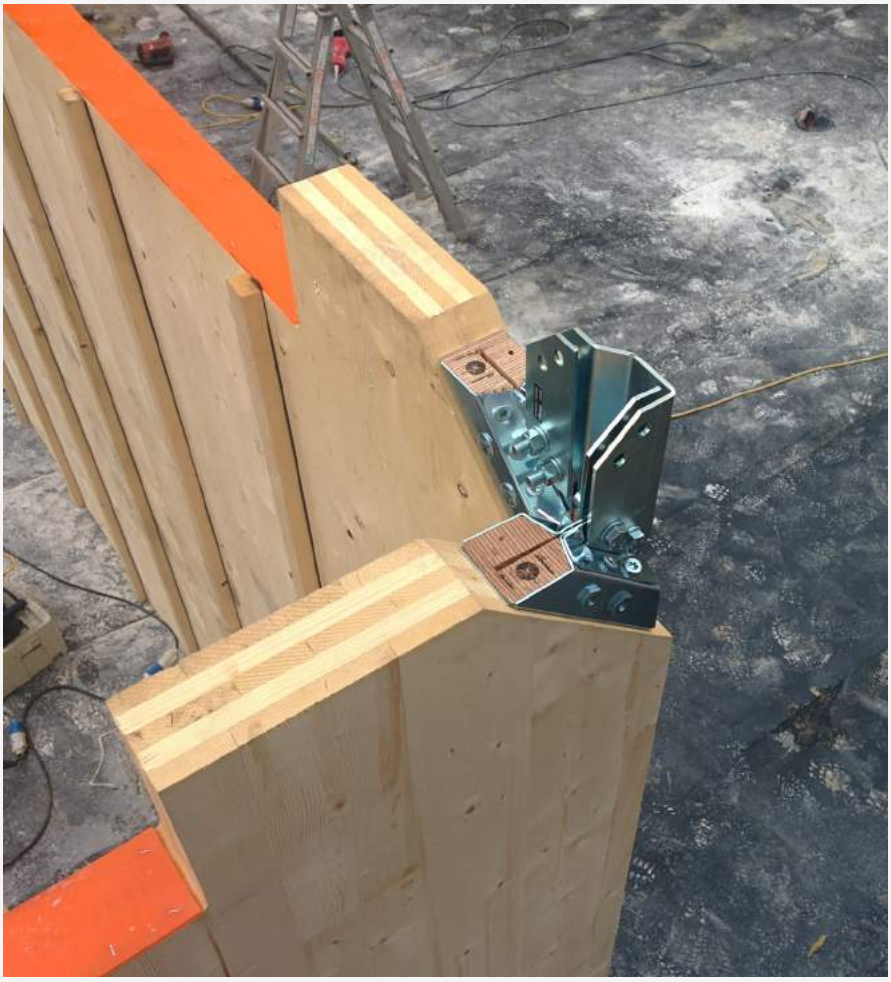
Dans le catalogue figure également une méthode pour le **modelage de structures** en bois avec raccordements X-RAD en utilisant les logiciels d'ingénierie structurelle traditionnels (page 32)

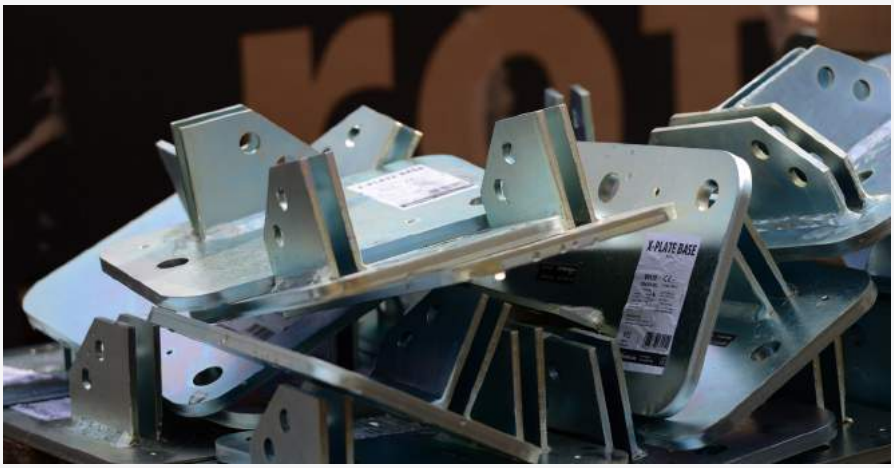
LE FUTUR DE LA CONSTRUCTION EN BOIS

Penser et contribuer à l'évolution de la construction en bois signifie identifier des solutions technologiques innovantes, développer des raccordements spécifiques pour structures en CLT, adopter de nouveaux systèmes de construction simples et rapides : X-RAD est la réponse à toutes ses exigences.

“ La plus grande innovation dans le domaine des raccordements pour bois ”

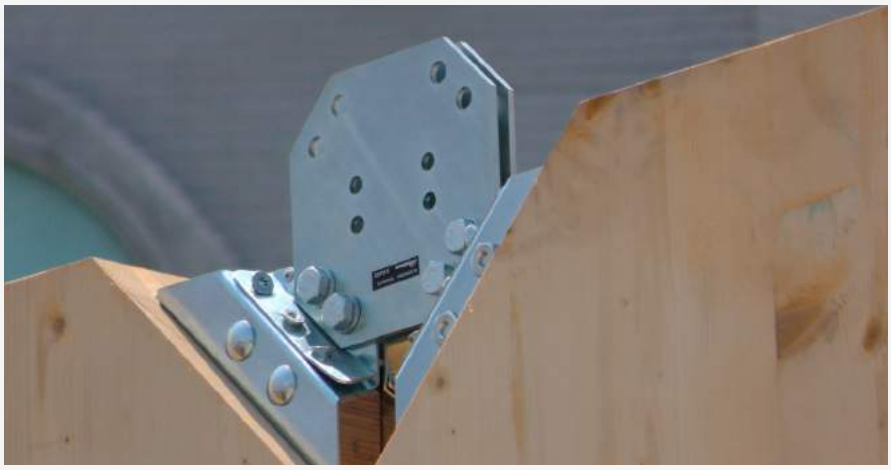
“Un système qui permet
de construire de façon simple et rapide”





“ Usinages standards sur le panneau en CLT quelle que soit l’épaisseur du panneau ”

“Un raccordement
aussi simple que génial”



“La réponse à de nombreuses questions liées à l’architecture et l’ingénierie”

LES AVANTAGES DU SYSTÈME X-RAD

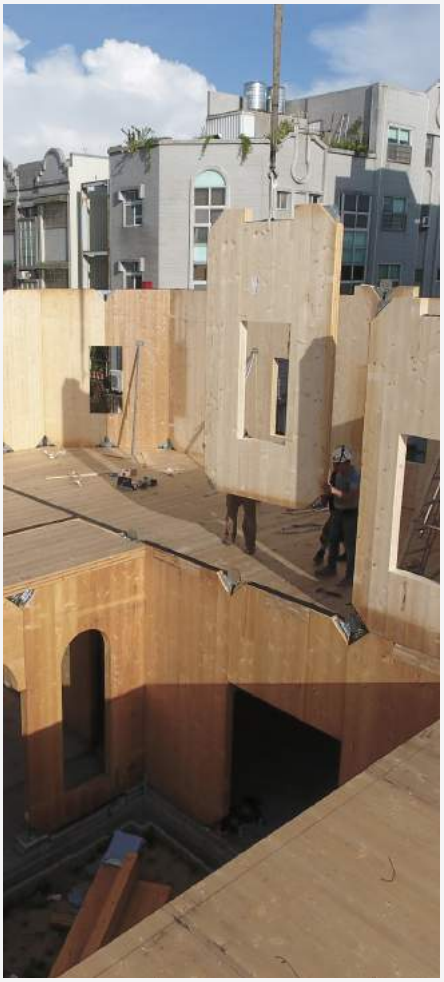
Le caractère innovant de X-RAD réside dans sa capacité d'ébranler les standards en matière de constructions en bois grâce aux avantages qu'il offre : grande précision, réduction des temps de pose, plus de sécurité sur le chantier, réduction du nombre de composants nécessaires pour la fixation, excellentes prestations statiques.

- Plus de précision et sécurité de pose
- Plus grande vitesse d'exécution
- Réduction du nombre de raccordements

Plus d'ordre et de propreté sur le chantier

Réduction des marges d'erreur pour les opérateurs

Réduction des temps et engagement physique pour les opérateurs



“ Le système qu'il faut pour relever les défis de la construction en bois ”

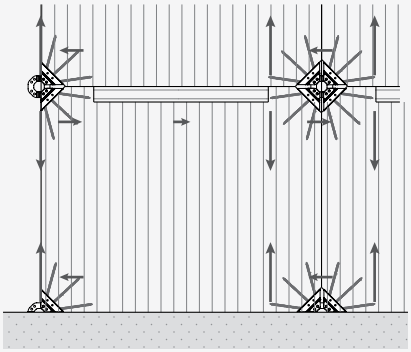
DÉLAIS DE MISE EN CHANTIER

Grâce à la standardisation et à la réduction du nombre total des jonctions, le système X-RAD est gagnant lorsque les délais de mise en chantier représentent un facteur déterminant pour la réalisation de l'ouvrage. Ces avantages ont été démontrés concrètement durant les premières réalisations de bâtiments avec le système X-RAD, où la durée de toutes les opérations nécessaires au montage de la structure, a été attentivement enregistrée et documentée, en la comparant donc à la fin avec ce qui est requis par une solution prévoyant des ancrages traditionnels.

COMPARAISON DES TEMPS DE FIXATION ENTRE SOLUTION X-RAD ET ANGULAIRES TRADITIONNELS

SYSTÈME X-RAD

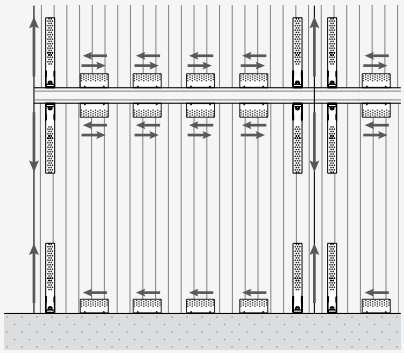
ÉCONOMIE **50 % - 70 %**



Temps moyen nécessaire pour l'installation de 1 X-ONE: **environ 5 minutes**

Temps total nécessaire pour le positionnement et le montage complet d'une paroi (4 X-ONE en usine + 4 X-PLATE sur le chantier) : **environ 30 minutes**

SYSTÈME TRADITIONNEL

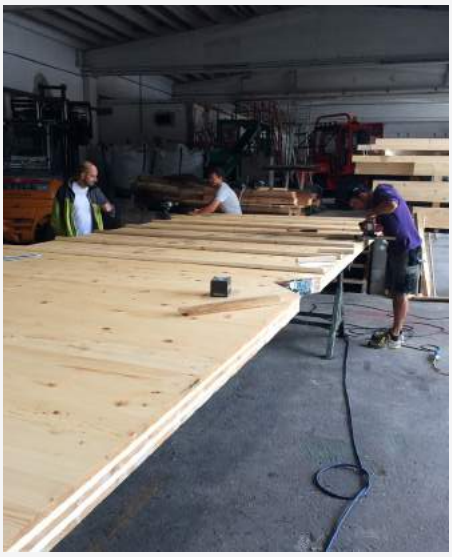


Temps total nécessaire pour le positionnement et le montage complet d'une paroi sur le chantier (fixation de 4 WHT440 + 4 TCN240 + 4 TTN200) : **environ 60 - 70 minutes**

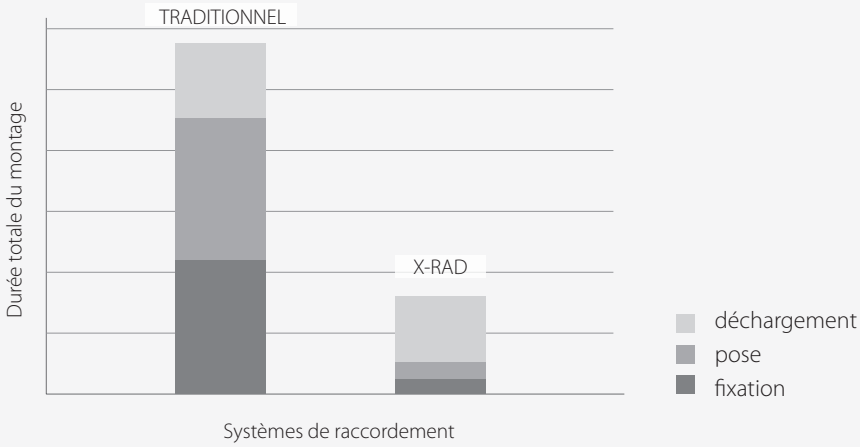
HOLD-DOWN ET ANGULAIRES		PARAMÈTRE DE COMPARAISON		SYSTÈME X-RAD
40%	TEMPS	temps de fixation des raccordements [1]	TEMPS	15%
100%	TEMPS	temps total de construction	TEMPS	30%
75%	COUTS	incidence du coût total de la main d'œuvre [2]	COUTS	25%

transport des panneaux

usinage en usine



Le système X-RAD déplace la plupart des usinages **du chantier à l'usine**, comportant ainsi une augmentation de la **préfabrication, plus d'efficacité, une réduction des délais et une optimisation des coûts**.



REMARQUES : [1] Comparé au temps total de construction
[2] Comparé au coût total (matériau plus main-d'œuvre)

Les évaluations présentes issues des analyses menées sur des chantiers réels sont à considérer comme des estimations indicatives et génériques et éventuellement à mettre à jour en fonction du cas spécifique et du type de construction analysé.

ETA-15/0632
ETA-15/0632

APPLICATIONS SPÉCIALES

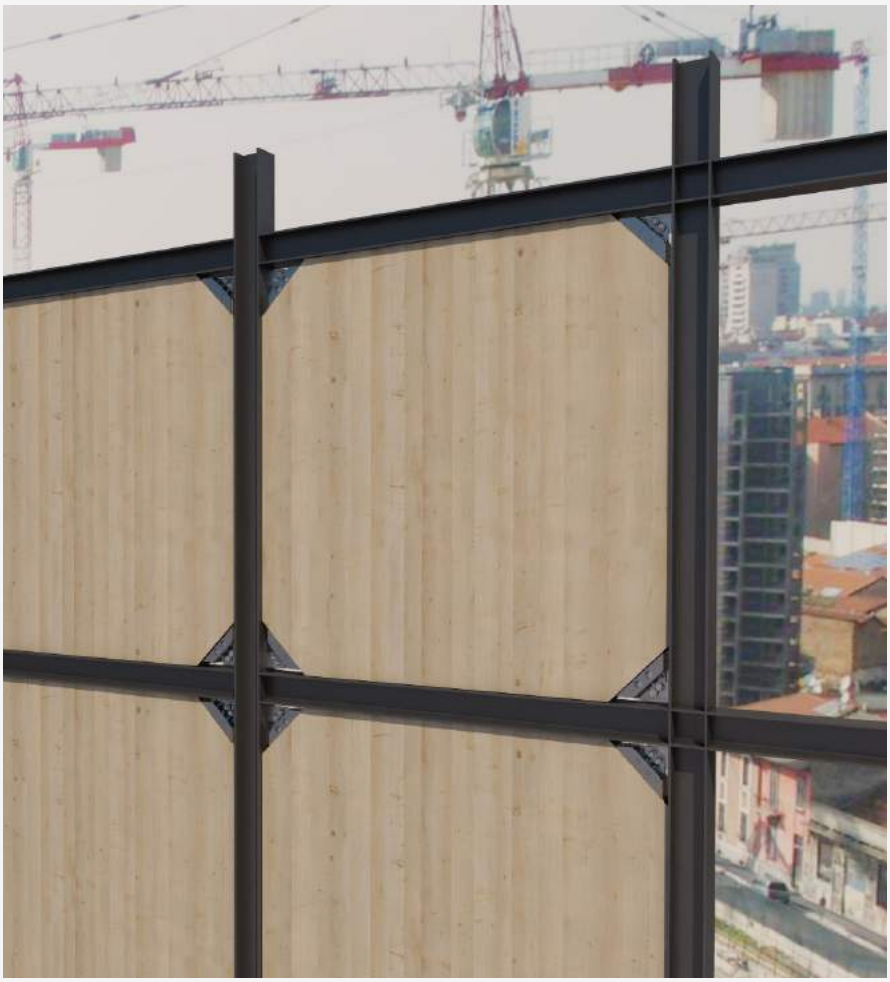
Le système X-RAD ouvre de nouvelles frontières dans le domaine des raccordements pour structures en CLT. La haute résistance et l'extrême rigidité permettent d'augmenter le degré d'exploitation des panneaux en CLT, en optimisant les prestations du bois et des raccordements.
C'est pourquoi des solutions innovantes voient le jour, comme les structures hybrides (bois-béton, bois-acier), les structures à noyau durcissant et les structures modulaires.

Transfert de forces horizontales élevées de plan à structures à noyau en béton

Réalisation de noyaux durs en CLT, avec panneaux verticales multiplans

Solution à encastrement pour poutres paroi réalisées avec des panneaux en CLT

- Assemblage à moment pour raccordement de poutres paroi en CLT
- Composition de systèmes modulaires avec panneaux en CLT, réalisés à travers des raccordements en X-RAD, développés pour les phases de levage, transport et montage sur le chantier
- Utilisation de panneaux en CLT comme système de contreventement pour structures à châssis en acier



“Une nouvelle ère pour les constructions à plusieurs étages en bois”

“Haute résistance et rigidité créent des solutions innovantes”

Liaison rigide à cloisons en béton pour efforts importants

Profil en acier pour le raccordement vertical à traction de panneaux en CLT

Suspension à poutre paroi en CLT des charges verticales provoquées par les planchers

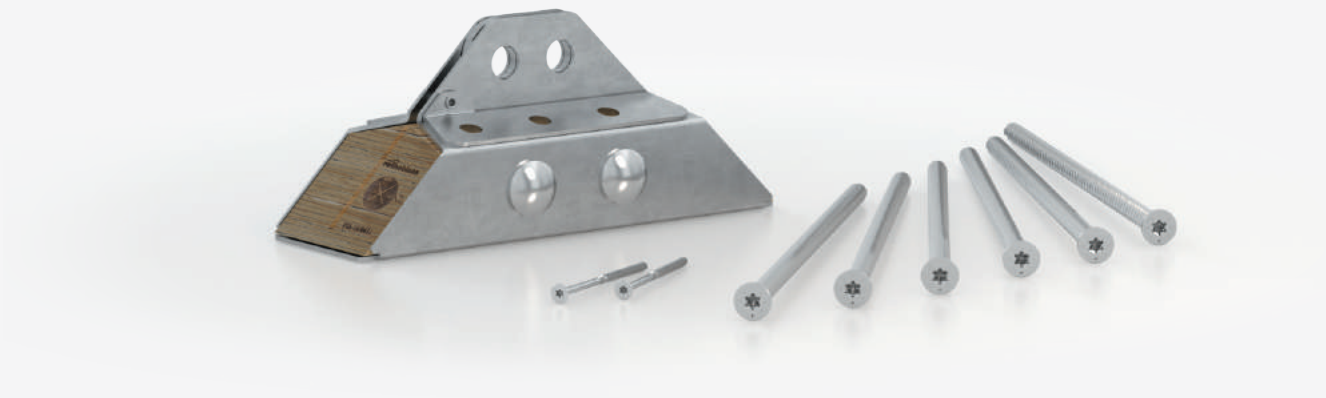
X-ONE

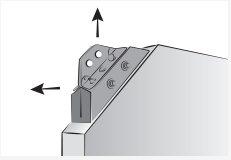
PATENTED

ETA 15/0632

software myProject

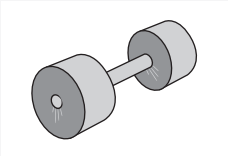
Connecteur universel pour panneaux en CLT





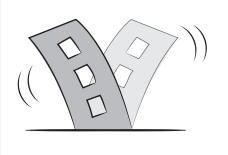
SOLUTION UNIQUE

Un seul élément pour le transfert des sollicitations de cisaillement et de traction, pour soulever, manutentionner, positionner et fixer des panneaux en CLT d'une épaisseur quelconque



FORT

L'insertion de 6 vis à filetage total, ayant un diamètre et une longueur élevés, avec distribution radiale et inclinaison symétrique, permet de transférer des sollicitations extrêmement élevées dans toutes les directions

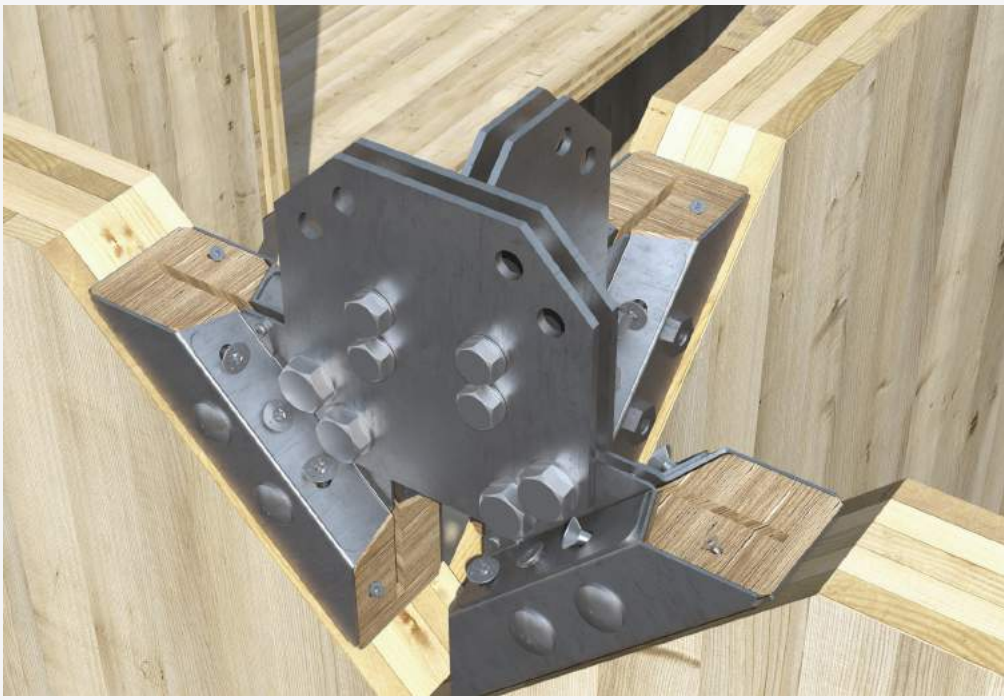


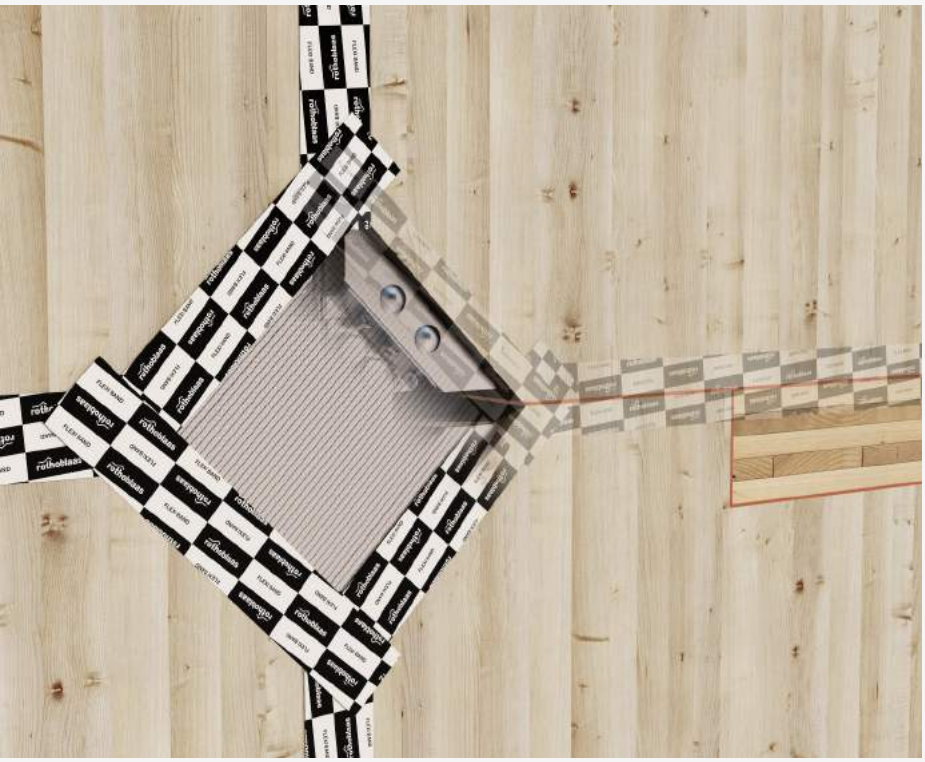
SÉCURITÉ STRUCTURELLE

Système de raccordement idéal pour la conception sismique avec des valeurs de ductilité testées et certifiées (ETA 15/0632)

SAVIEZ-VOUS QUE ...?

X-ONE est le composant principal du système X-RAD, c'est le premier raccordement au monde à avoir été conçu et optimisé pour exploiter au mieux les ressources mécaniques du CLT. Il peut être utilisé à l'intérieur du système complet X-RAD pour bâtiments à plusieurs étages et dans toutes les applications qui réclament le transfert d'efforts importants.





EFFICACE

Le système prévoit le simple serrage de quelques boulons. Dans la solution de fondation, le raccordement avec les plaques X-PLATE s'avère extrêmement rapide et efficace

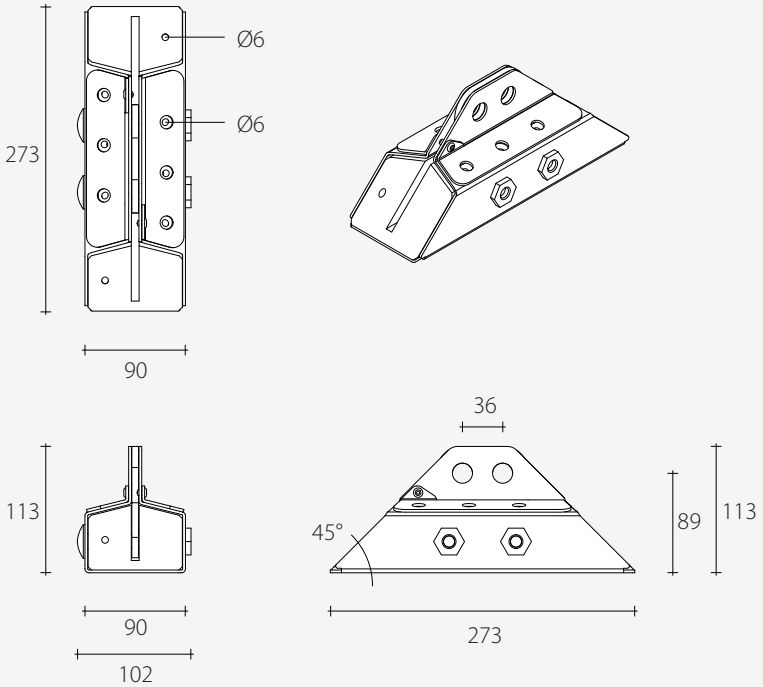
FONCTIONNEL

Les nœuds entreplan et au sommet sont réalisés de façon simple et rapide avec des jonctions boulonnées prédéfinies

HERMÉTIQUE

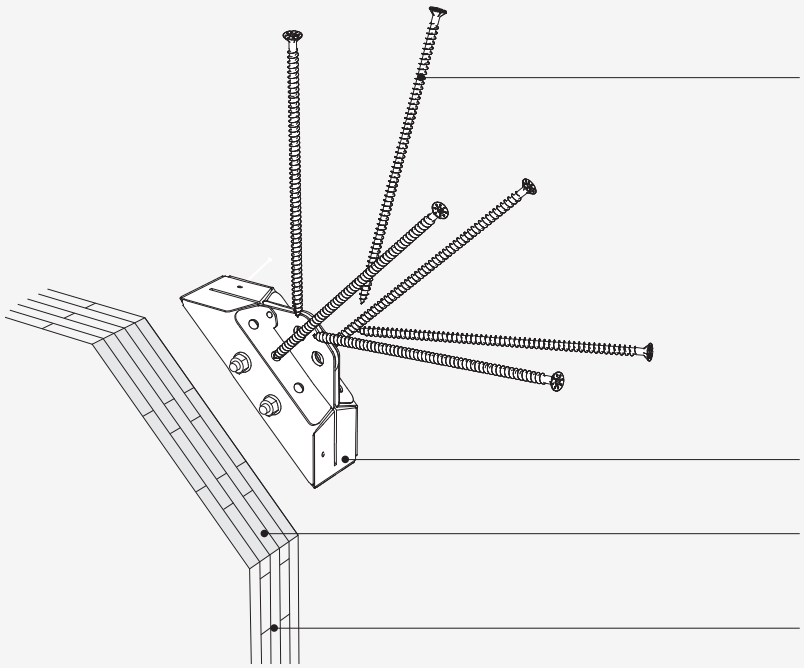
L'association avec l'élément X-SEAL garantit au système une étanchéité à l'air, à l'eau et au vent maximale, tout en assurant également de bonnes prestations acoustiques

DESCRIPTION



X-ONE est un élément de raccordement léger et compact, en mesure d'assurer d'excellentes prestations mécaniques. Sa géométrie permet de l'utiliser dans le système X-RAD et comme élément de raccordement simple pour des applications particulièrement difficiles.

X-ONE est fixé au panneau en CLT par 6 connecteurs XVGS11350 insérés à travers des trous préliminaires orientés. L'enfoncement des vis dans le CLT selon la direction dictée par les trous guides de X-ONE assure une fixation extrêmement résistante dans toutes les directions de sollicitation.



6 connecteurs à filetage total de 11 mm de diamètre
code XVGS11350

connecteur X-ONE

surface plane sur laquelle fixer X-ONE

panneau CLT

CODES ET DIMENSIONS

X-ONE

code	B [mm]	L [mm]	H [mm]	pcs/cond
XONE	90	273	113	1

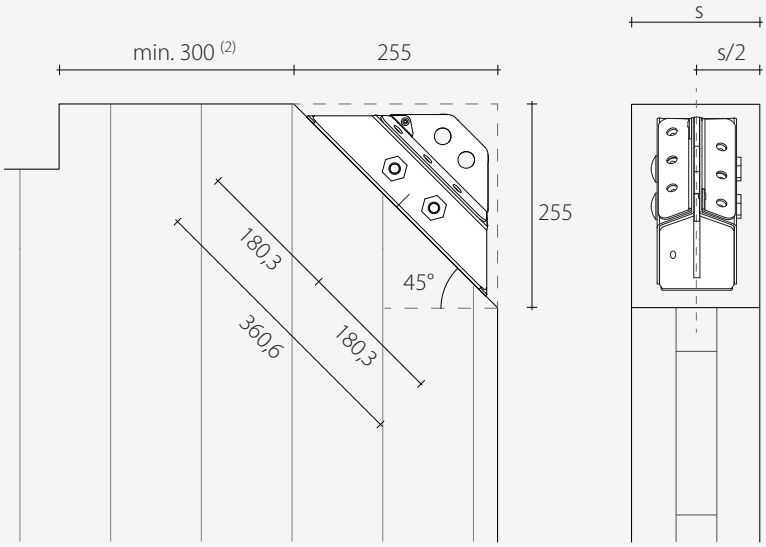
VIS X-VGS

code	d_1 [mm]	L [mm]	b [mm]	TX	pcs/cond
XVGS11350	11	350	340	50	25

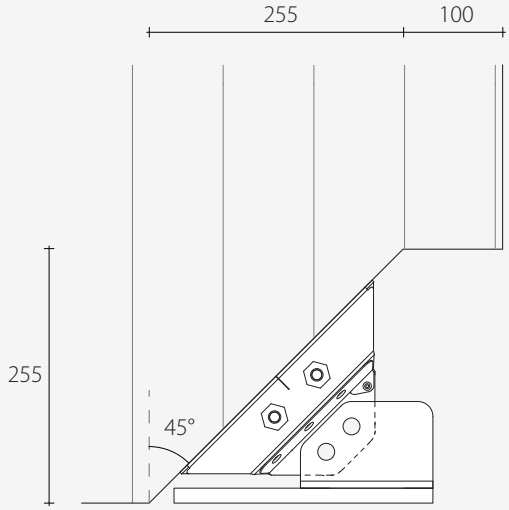
POSITIONNEMENT

Quelle que soit l'épaisseur du panneau et sa position sur le chantier, la découpe pour la fixation de X-ONE est réalisée aux angles des panneaux, à 45°, suivant une longueur de 360,6 mm.

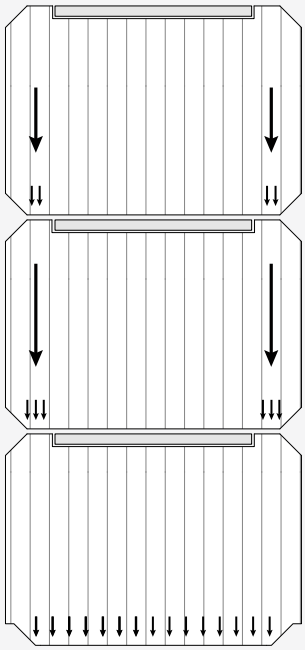
DÉCOUPE STANDARD PARTICULIÈRE NŒUDS ENTREPLAN ET AU SOMMET [1]



DÉCOUPE STANDARD PARTICULIÈRE NŒUDS DE BASE [1]



X-ONE est fixé sur la surface inclinée en position centrale, aussi bien par rapport à la longueur de la découpe que dans la direction de l'épaisseur du panneau **(s)**. Cette prescription est valable quelle que soit l'épaisseur du panneau.



La réalisation d'un logement spécifique des panneaux de plancher évite l'interposition des planchers entre les panneaux de paroi et les problèmes subséquents liés à la compression orthogonale aux fibres. Elle permet donc la transmission directe des charges verticales entre les panneaux de paroi dans des zones concentrées aux extrémités de ceux-ci.

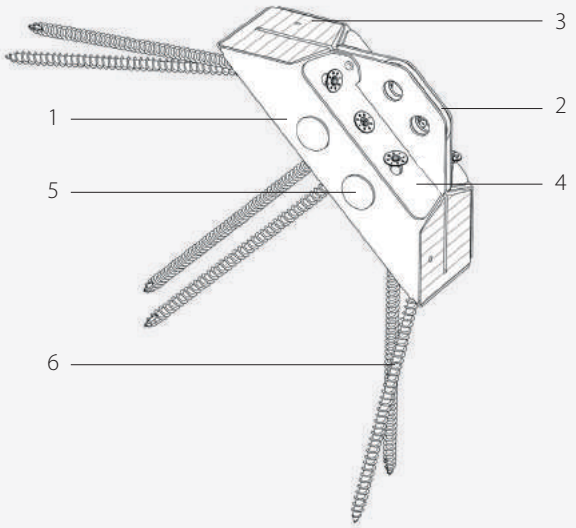
REMARQUES : [1] Pour les cas non standards, consulter les pages 62-63.
[2] Il est recommandé de n'effectuer ni découpe, ni usinages sur le panneau en CLT dans un rayon de 300 mm à partir des sommets de X-ONE, de manière à ne pas endommager les vis de fixation et les outils de découpage.

INGÉNIERIE STRUCTURELLE

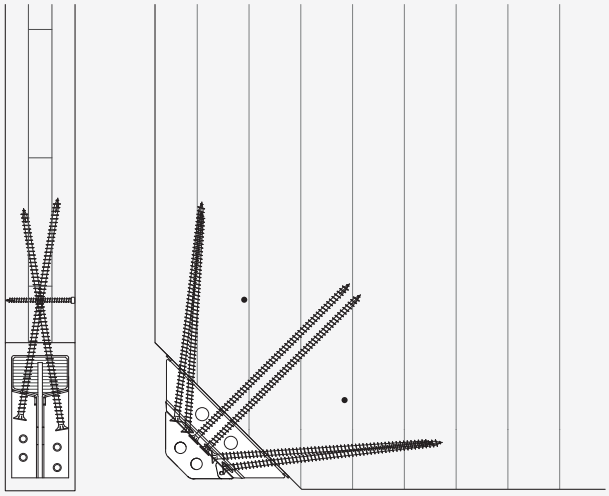
Cette section a pour objectif de fournir au concepteur un domaine de résistance (caractéristique et de projet) décrivant la résistance de l'élément **X-ONE** sollicité selon plusieurs directions.
Le composant préassemblé X-ONE, fixé au panneau en CLT par des connecteurs spécifiques est composé de :

1. boitier extérieur en tôle pliée d'une épaisseur de 2,5 mm
2. plaque interne de durcissement de 6 mm d'épaisseur avec des trous de raccordement pour boulons M16
3. insert en Laminated Veneer Lumber (LVL)
4. plaques-rondelles de 2,5 mm d'épaisseur
5. boulons internes M12 avec écrou
6. connecteurs à filetage total VGS de 11 mm de diamètre (code XVGS11350)

X-ONE ET CONNECTEURS



DISPOSITION DES CONNECTEURS À INCLINAISON VARIABLE



Le domaine de rupture de X-ONE dans un champ de sollicitations variables entre 0° et 360° (dans le plan du panneau CLT), a été déterminé selon 3 approches :

- **recherches expérimentales :** essais de charge sur le raccordement avec plusieurs directions de sollicitation
- **analyse par éléments finis (FEM) :** extension des résultats expérimentaux à différentes directions de sollicitation
- **modèles analytiques :** confirmation des résultats expérimentaux et de l'analyse FEM et simplification de l'approche conceptuelle

Les résultats obtenus constituent la base de la rédaction de l'European Technical Assessment **ETA 15/0632** délivré par l'OIB (Österreichisches Institut für Bautechnik - Autriche), selon lequel le marquage CE a été délivré.

POUR DES PLUS AMPLES INFORMATIONS

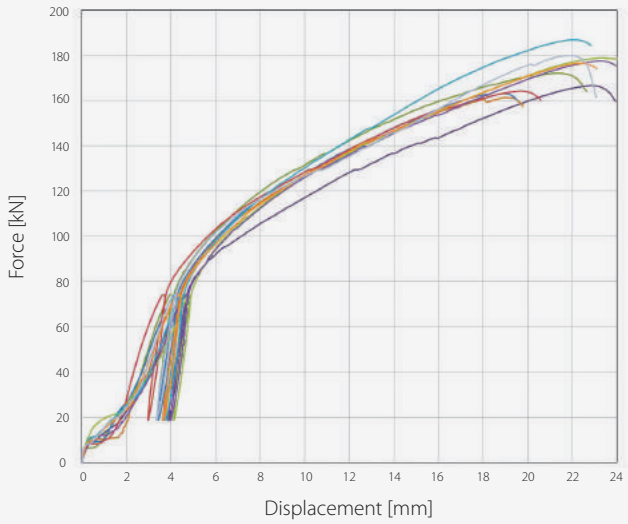
- A. Polastri, A. Angeli, "***An innovative connection system for CLT structures: experimental - numerical analysis***", 13th World Conference on Timber Engineering 2014, WCTE 2014, Quebec City, Canada.
- A. Polastri, A. Angeli, G. Dal Ri, "***A new construction system for CLT structures***", 13th World Conference on Timber Engineering 2014, WCTE 2014, Quebec City, Canada.
- A. Polastri, "***An innovative connector system for fast and safe erection with CLT***", 20. Internationales Holzbau-Forum 2014, Garmisch Partenkirchen, Germany.
- A. Polastri, R. Brandner, D. Casagrande, "***Numerical analyses of high- and medium- rise CLT buildings braced with cores and additional shear walls, Structures and Architecture: Concepts, Applications and Challenges***", Proceedings of the 3nd International Conference on Structures and Architecture, ICSA 2016.
- A. Angeli, A. Polastri, E. Callegari, M. Chiodega, "***Mechanical characterization of an innovative connection system for CLT structures***", 14th World Conference on Timber Engineering 2016, WCTE 2016, Vienne, Autriche.
- A. Polastri, C. Loss, L. Pozza, I. Smith, "***CLT buildings laterally braced with core and perimeter walls***", 14th World Conference on Timber Engineering 2016, WCTE 2016, Vienne, Autriche.
- A. Polastri, I. Giongo, S. Pacchioli, M. Piazza, "***Structural analysis of CLT multi-storey buildings assembled with the innovative X-RAD connection system: case-study of a tall-building***", 14th World Conference on Timber Engineering 2016, WCTE 2016, Vienne, Autriche.

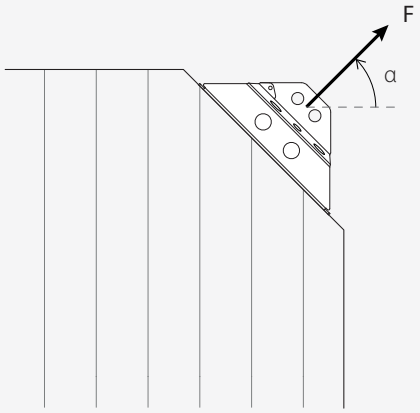
RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

Les essais de laboratoire ont été effectués dans trois différents centres de recherche :

- **TU-GRAZ (Centre d'étude du bois de l'Université de Gras - Autriche)** : essais monotones pour l'identification des paramètres de résistance et de rigidité contenus dans ETA 15/0632
- **CNR-IVALSA (Institut pour la Valorisation du Bois et des Espèces Arboricoles de San Michele A.A - Italie)** : essais monotones et cycliques pour la définition de ductilité et comportement dans le domaine sismique
- **DICAM (Département d'ingénierie civile environnementale et mécanique de l'université de Trente - Italie)** : essais sur le système complexe paroi-raccordement

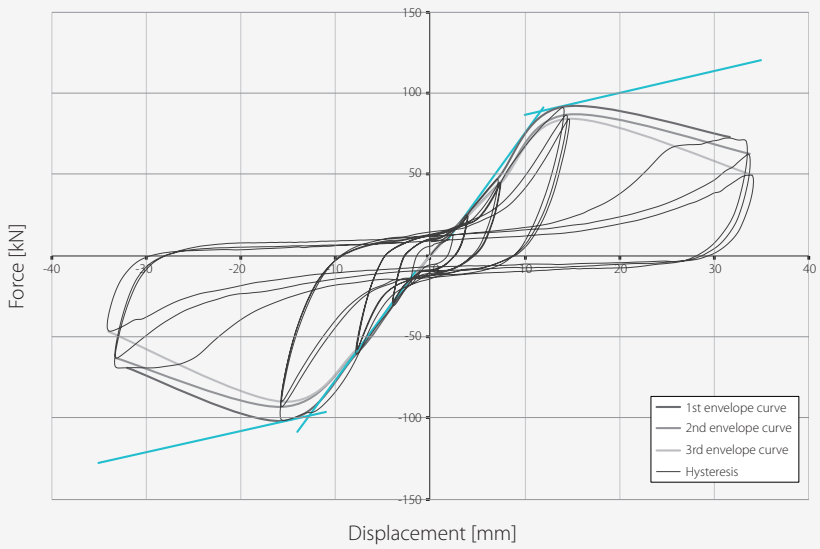
ESSAI MONOTONE

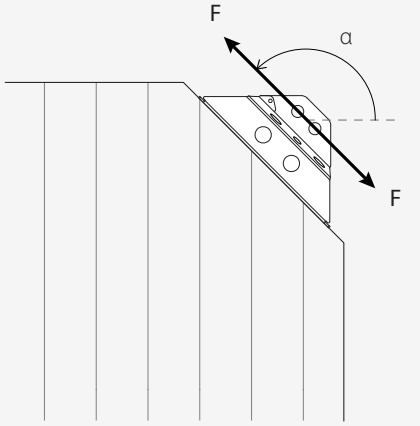




Exemple de sortie d'essai monotone:
courbes force-déplacement pour sollicitation α = 45°

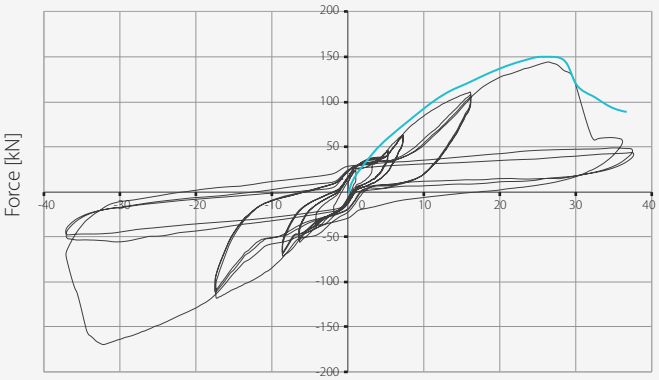
ESSAI CYCLIQUE





Exemple de sortie d'essai cyclique: diagramme force-déplacement pour sollicitation α = 135° - 315°

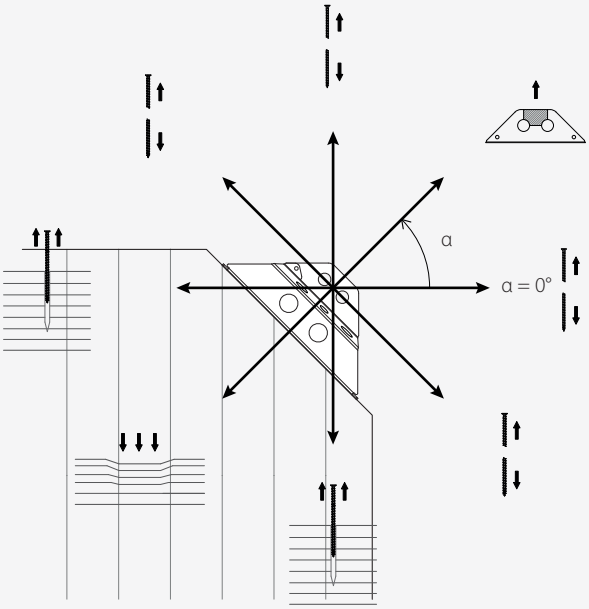
L'étude expérimentale de X-ONE a permis de concevoir et d'exécuter, auprès de l'université de Trente, des essais cycliques de rupture sur des systèmes de panneaux complets, où le panneau en CLT a été raccordé au sol avec le système X-RAD. La campagne expérimentale s'est conclue par le test d'un système complexe avec raccordement X-RAD multiple entre 4 panneaux CLT qui a permis d'analyser l'interaction entre les différents composants (X-ONE, X-PLATE, panneaux CLT).

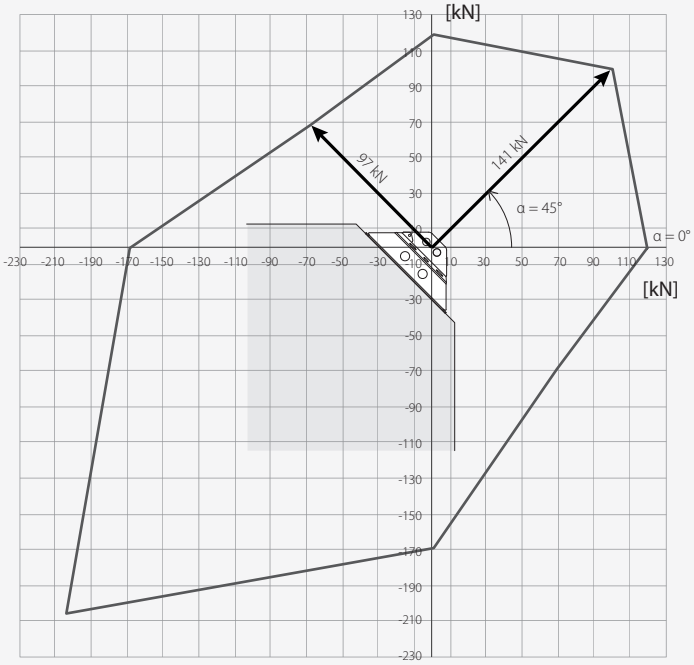


Exemple de sortie d'essai cyclique sur système paroi : diagramme force-déplacement et installation d'essai pour panneau simple

Dans tous les tests effectués, le raccordement a été porté à la rupture afin d'observer le comportement du système quand la direction de la sollicitation appliquée change.

Pour conclure la phase expérimentale, le diagramme de résistance du raccordement à travers l'interpolation des données relevées, a été défini.





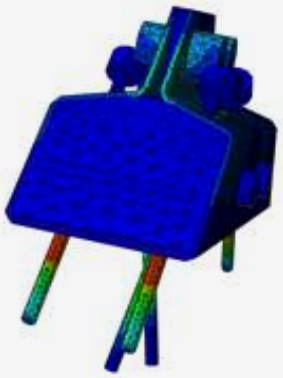
Schématisation des modalités de rupture observées quand la direction de sollicitation change (0° ≤ α < 360°)

- α = 0° - 90° - 135° - 315° traction connecteurs VGS
- α = 45° block tearing des plaques
- α = 180° - 225° - 270° mécanismes de rupture côté bois

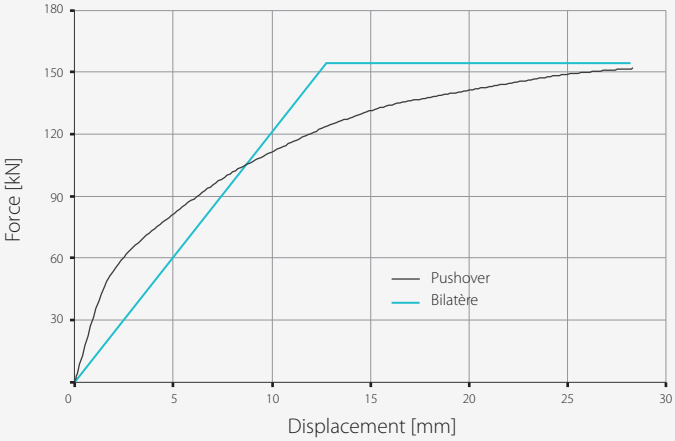
Domaine de résistance expérimentale

ANALYSE AUX ÉLÉMENTS FINIS

Les résultats recueillis lors des essais expérimentaux et l'observation des modalités de rupture ont abouti à la réalisation et à la validation d'un modèle aux éléments finis, à même de décrire le comportement global du raccordement X-ONE soumis à des déplacements le long des différentes directions.
Des analyses type push-over ont été simulées, puis linéarisées par bilatère afin de fournir les valeurs de résistance maximale quand la direction de déplacement change.

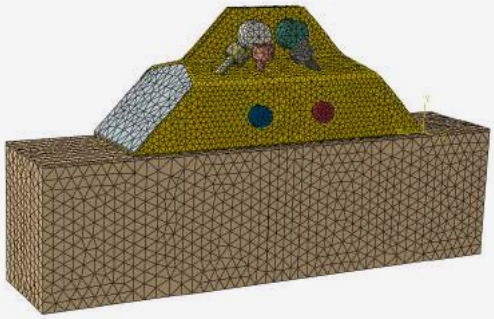


Analyses FEM de l'élément X-ONE et des connecteurs

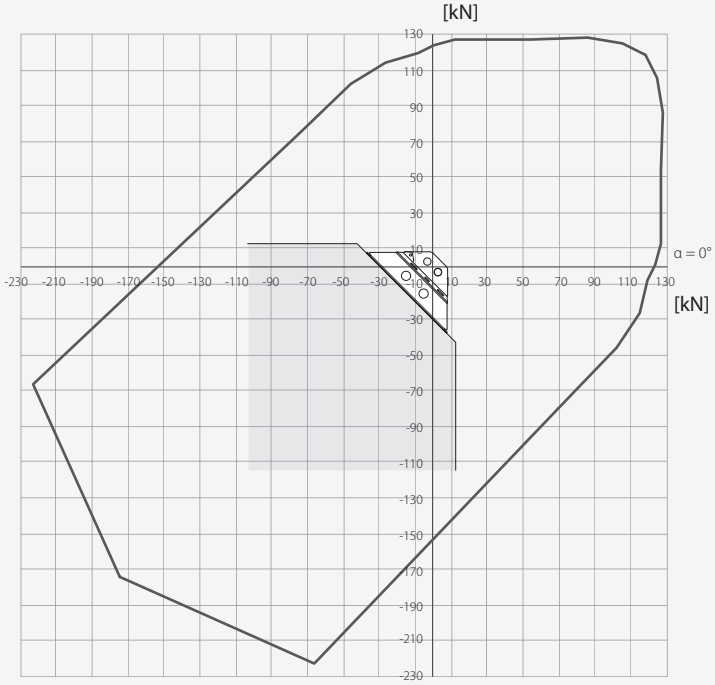


Exemple de courbe de capacité avec linéarisation

Les points représentatifs des résistances maximales relevées par les analyses FEM permettent de définir un domaine de résistance ultérieur du raccordement.



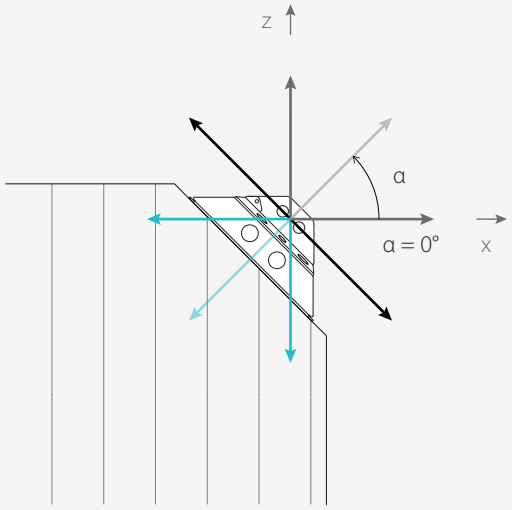
Modelage FEM du connecteur X-ONE et du panneau en CLT



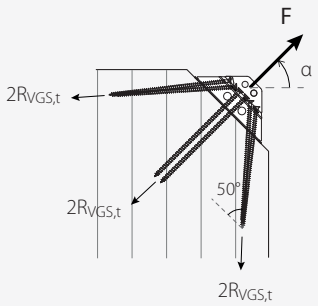
Domaine de résistance avec simulations FEM

MODÈLES ANALYTIQUES

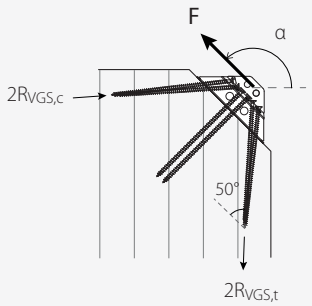
La campagne expérimentale et le modèle à éléments finis montrent que le système X-ONE + panneau CLT présente des modalités de rupture différentes quand la direction de la sollicitation change. Pour définir des modèles de calcul, 8 principales directions de sollicitation ont été définies à l'intérieur d'un système de référence x-z, qui montre les symétries de comportement du raccordement.



En partant de l'observation des modalités de rupture expérimentales, les configurations d'équilibre du raccordement ont été identifiées pour chaque direction de sollicitation, conformément au théorème statique de l'analyse limite.
Voici, à titre d'exemple, les mécanismes résistants pour deux configurations :

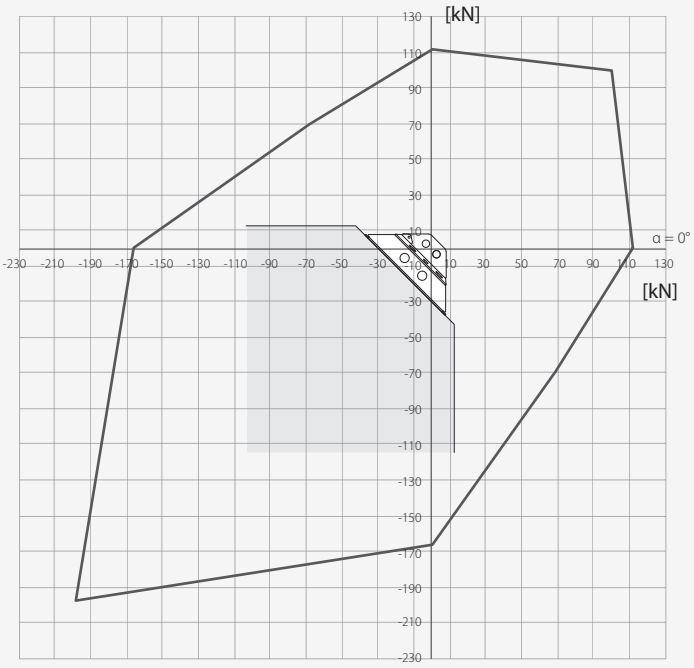


Configuration pour
α = 45°



Configuration pour
α = 135° - 315°

Sur la base du modèle analytique, il est possible de générer un autre domaine de résistance très proche de ceux qui ont été identifiés de manière expérimentale et au moyen du modèle FEM. Cela confirme la stabilité du comportement du raccordement et la validité des méthodes d'analyse adoptées.



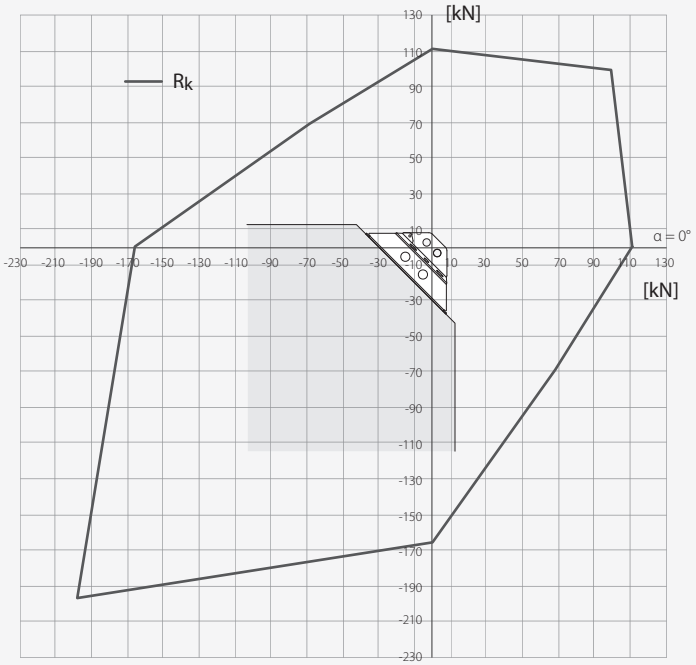
Domaine de résistance par calcul analytique

RÉSISTANCES DE PROJET

Pour les vérifications conceptuelles, on utilise donc les résistances fournies par ETA (expérimentales), complétées par des résistances analytiques, en identifiant ainsi le **domaine de résistance caractéristique de X-ONE**.

À travers un projet du système conforme aux concepts de hiérarchie des résistances, en surdimensionnant par conséquent certains éléments qui constituent X-ONE, des modalités de rupture déterminées sont favorisées :

- rupture à traction des connecteurs VGS
- rupture pour block tearing au niveau des trous M16 sur le système boîtier + plaque intérieure
- rupture côté bois (extraction des connecteurs VGS ou compression du bois)



Domaine de résistance caractéristique

Voici un tableau récapitulatif des **résistances caractéristiques** dans les différentes configurations de sollicitation et une référence au coefficient de sécurité relatif en fonction des modalités de rupture (acier ou bois).

α	résistance globale R_k [kN]	composants de résistance V_k [kN]	N_k [kN]	modalités de rupture		coefficients partiels de sécurité (1) γ_M
0°	111,6	111,6	0,0	traction VGS	acier	$\gamma_{M2} = 1,25$
45°	141,0	99,7	99,7	block tearing sur trous M16	acier	$\gamma_{M2} = 1,25$
90°	111,6	0,0	111,6	traction VGS	acier	$\gamma_{M2} = 1,25$
135°	97,0	- 68,6	68,6	traction VGS	acier	$\gamma_{M2} = 1,25$
180°	165,9	- 165,9	0,0	extraction du filet VGS	bois	$\gamma_{M,bois} = 1,3$
225°	279,6	- 197,7	- 197,7	compression du bois	bois	$\gamma_{M,bois} = 1,3$
270°	165,9	0,0	- 165,9	extraction du filet VGS	bois	$\gamma_{M,bois} = 1,3$
315°	97,0	68,6	- 68,6	traction VGS	acier	$\gamma_{M2} = 1,25$
360°	111,6	111,6	0,0	traction VGS	acier	$\gamma_{M2} = 1,25$

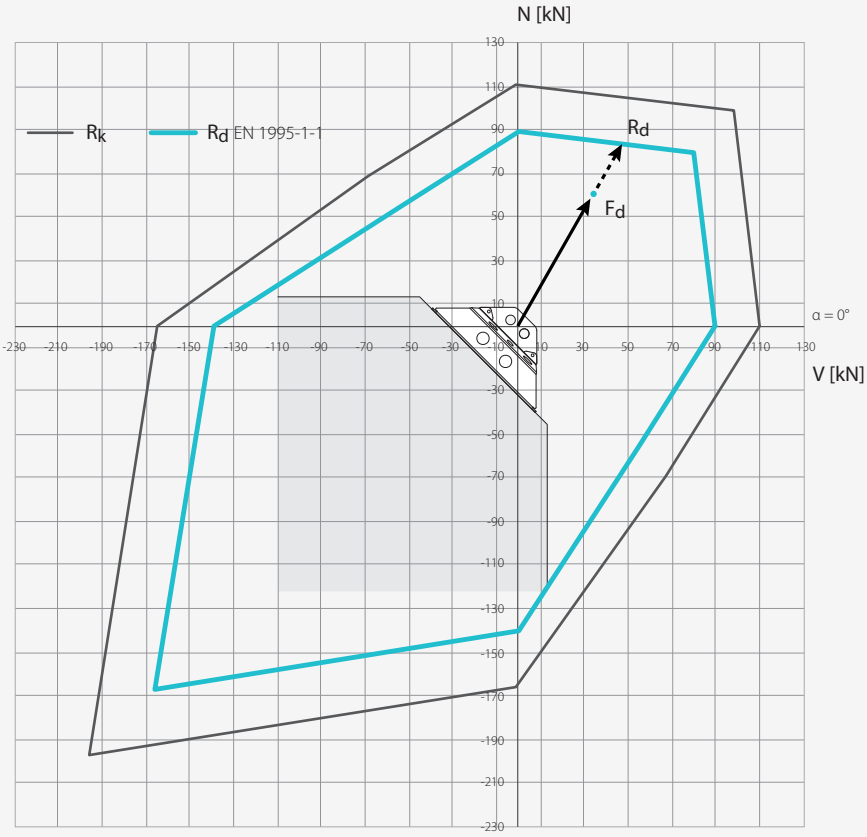
REMARQUES: A fin de garantir l'atteinte des prestations maximales de l'élément X-ONE et prévenir tout phénomène de splitting dans le bois, il est conseillé d'insérer 2 connecteurs à filetage total VGZ orthogonalement au panneau CLT (voir l'image à la page 24).

(1) Les coefficients partiels de sécurité sont établis en fonction de la réglementation en vigueur utilisée pour le calcul.
Le tableau présente les valeurs côté acier conformément à la norme EN1993-1-8 et, côté bois, conformément à la norme EN1995-1-1.

Les vérifications aux ELU sont effectuées à travers le **domaine de résistance de projet de X-ONE**, défini en partant des valeurs de résistance caractéristiques [1].
Les valeurs de résistance de projet s'obtiennent de la façon suivante :

rupture côté acier : $R_d = \frac{R_k}{\gamma_M}$ rupture côté bois : $R_d = k_{mod} \cdot \frac{R_k}{\gamma_M}$

avec les coefficients k_{mod} et γ_M à adopter en fonction des modalités de rupture et de la norme utilisée pour le calcul.



Domaine de résistance de projet conformément à EN1995-1-1 et EN1993-1-8

La vérification du raccordement X-ONE est considérée positive quand le point représentant la sollicitation F_d retombe à l'intérieur du domaine de résistance de projet :

$$F_d \leq R_d$$

Le domaine de projet de X-ONE se réfère aux valeurs de résistance et aux coefficients γ_M reportés sur le tableau et pour des charges avec une classe de durée instantanée (séisme et vent) [2].

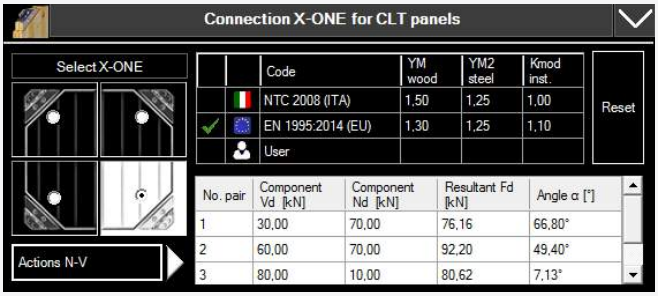
REMARQUES : [1] Le rapport complet sur l'analyse expérimentale du raccordement X-ONE peut être téléchargé depuis le site www.rothoblaas.com ou le logiciel MyProject.
[2] Le raccordement effectué avec X-ONE sert à unir les parois CLT pour les empêcher de se renverser ou de glisser en cas de séisme ou de vent (classe de durée instantanée). Les forces verticales statiques sont transmises directement par contact paroi-paroi, sans solliciter le raccordement.
L'utilisation de X-ONE en présence de charges avec des classes de durée brève, moyenne ou permanente ($k_{mod} < 1$) exige une revalorisation du domaine du projet, dans la mesure où la hiérarchie des résistances pourrait se modifier. Dans ces cas, pour garantir la sécurité, il est conseillé de traiter toutes les résistances du projet comme des résistances côté bois, avec l'application des coefficients k_{mod} et γ_M opportuns.

CALCUL AVEC MY PROJECT

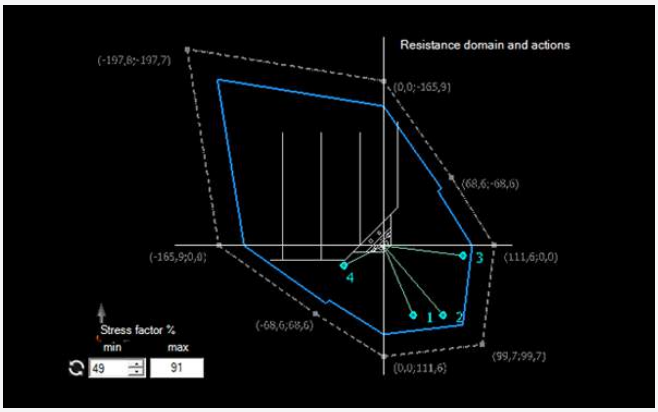
EXEMPLE DE VÉRIFICATION DU CONNECTEUR X-ONE

1. Sélection du module pour la vérification du connecteur X-ONE parmi les modules de vérification présents (raccordements à vis, étriers escamotables, renforts structurels, vérifications thermo-hygrométriques).

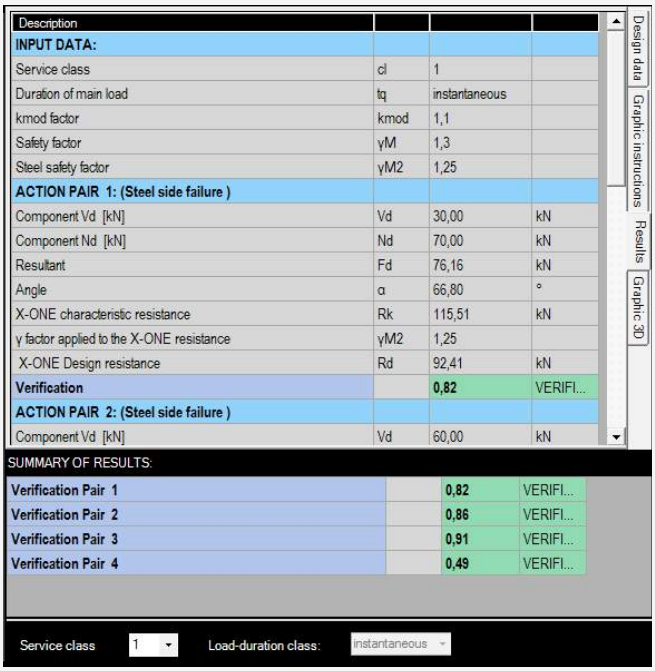
2. Sélection de la norme de calcul (NTC 2008, EN 1995 ou utilisateur).
   Définition du type de sommet du panneau en CLT.
   Entrée des charges nodales (possibilité d'insérer des couples de forces cisaillement-traction infinis, importés directement du tableau de calcul du logiciel de modelage).



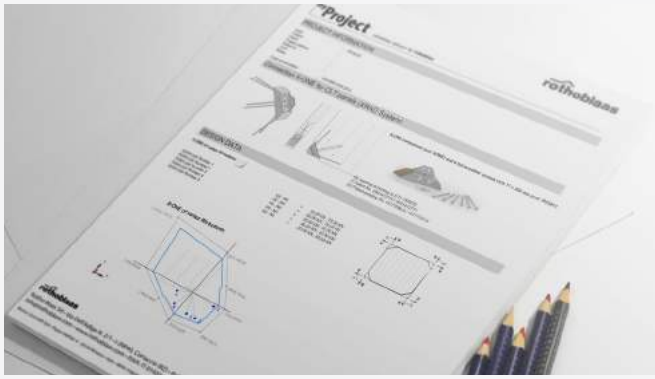
3. Affichage du domaine de résistance et sortie graphique des résultats (positionnement des valeurs de sollicitation par rapport au perimètre du domaine et indication du pourcentage d'exploitation).



4. Rapport de synthèse des résultats numériques avec indication des coefficients de sécurité adoptés en fonction de la modalité de rupture et spécification du degré de vérification pour chaque couple de sollicitation entré.



5. Rapport complet avec rendu produit, hypothèses initiales, données d'entrée, graphiques, vérifications synthétiques et étendues.

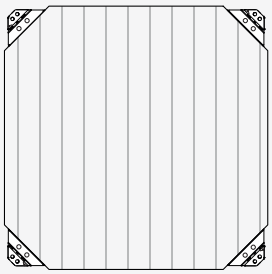


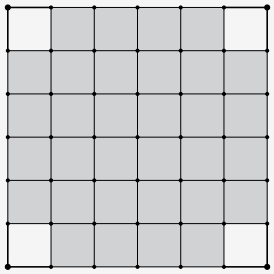
myProject
calculation software by rothoblaas

LIGNE DIRECTRICE POUR LE MODELAGE DU SYSTÈME X-RAD

ÉTAPE 1

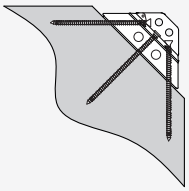
Le modelage commence par la définition du panneau de base et les connecteurs X-ONE aux angles. Le panneau CLT peut être modelé avec des éléments « shell », puisque la rigidité du système CLT / X-RAD est gouverné par la déformabilité du raccordement.

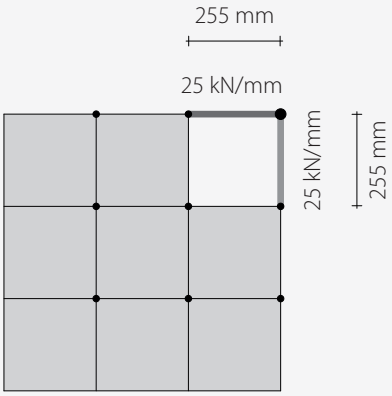




ÉTAPE 2

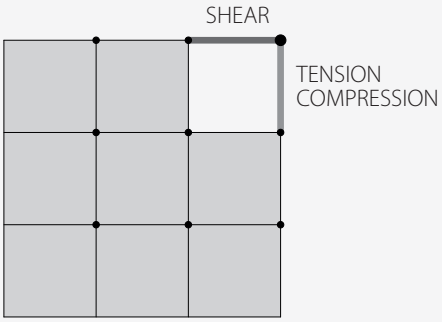
Le connecteur peut être modelé avec deux bielles en acier de section carrée avec côté l = 5,51 mm et 255 mm de longueur (éléments « frame » placés aux angles du panneau). On obtient ainsi une rigidité finale de X-RAD égale à k = 25 kN/mm.





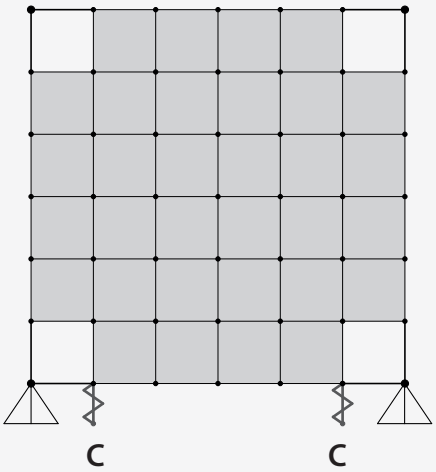
ÉTAPE 3

La représentation de chaque X-RAD avec deux bielles permet de pouvoir associer à l'élément frame vertical une force de traction/compression et à l'élément frame horizontal une force de cisaillement.



ÉTAPE 4

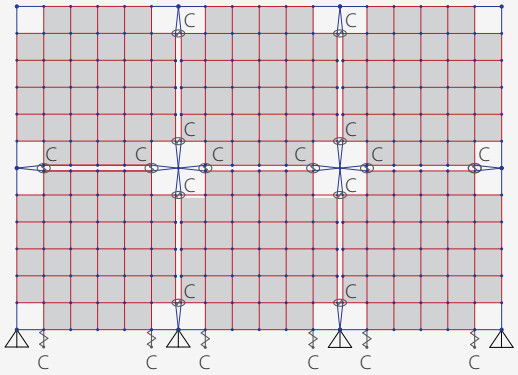
Pour simuler le contact entre panneau-panneau et panneau-fondation, des ressorts non linéaire de type gap sont définis. Ces derniers présentent une rigidité infinie à la compression et nulle à la traction.



REMARQUE : Le document intégral sur les lignes directrices pour le modelage du système X-RAD peut être téléchargé depuis le site www.rothoblaas.com ou le logiciel MyProject. Cette ligne directrice représente à titre d'exemple une suite possible de conseils utiles pour faire face au modelage de structures en CLT avec système X-RAD. Il relèvera de la responsabilité du concepteur de définir et approfondir le détail du processus de modelage nécessaire pour une bonne conception structurelle.

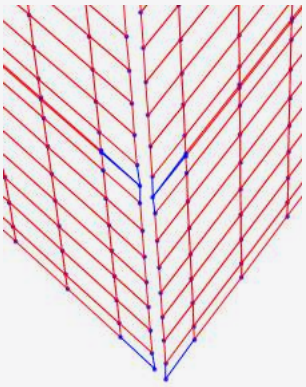
ÉTAPE 5

Un ressort (C) est placé à chaque extrémité du panneau, aussi bien à la verticale qu'à l'horizontale pour simuler le contact entre panneaux CLT. Les ressorts positionnés à la base des parois simulent le contact entre panneau et fondation.



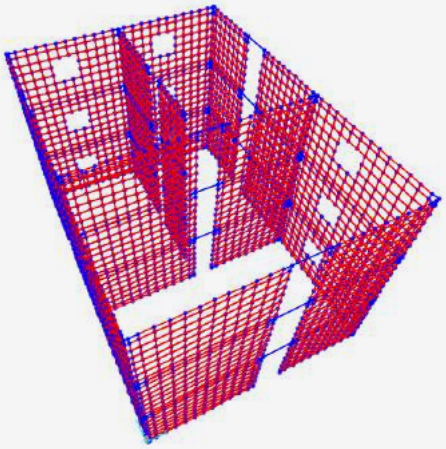
ÉTAPE 6

Les panneaux paroi disposés en direction orthogonale entre eux sont supposés être détachés. Les plaques qui dans la réalité uniront les parois orthogonales sont insérées comme raccordement de construction hors calcul.



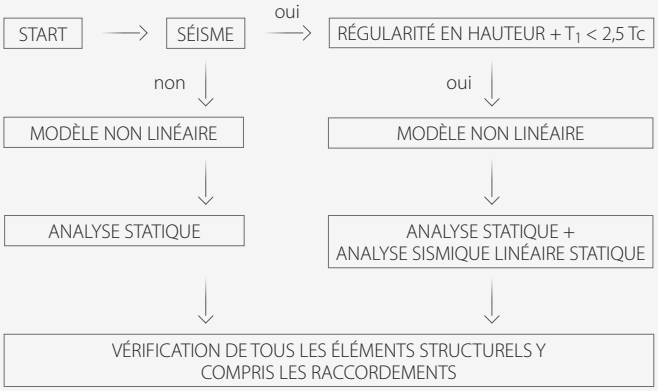
ÉTAPE 7

Définition finale du modèle FEM.



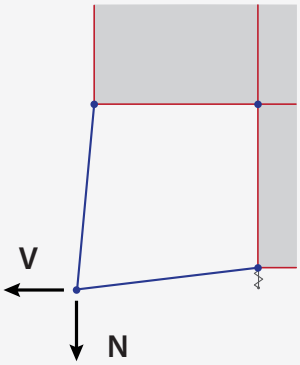
ÉTAPE 8

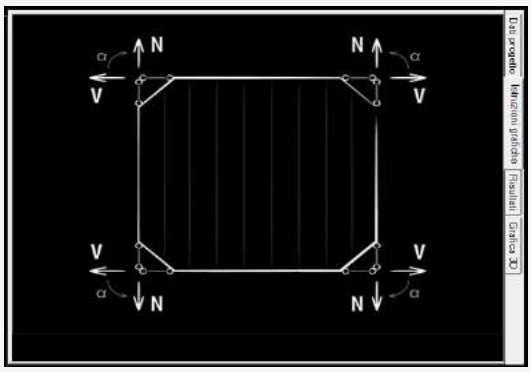
L'analyse prévoit une méthode résolutive du modèle aux éléments finis non linéaire étant donné la présence de ressorts qui opèrent uniquement à compression.



ÉTAPE 9

Les sollicitations issues de l'analyse, qui peuvent être obtenues dans chaque nœud par la lecture des efforts dans les deux bielles simulant le connecteur X-ONE, peuvent être exportées dans le logiciel MyProject pour la vérification automatique de tous les raccordements.





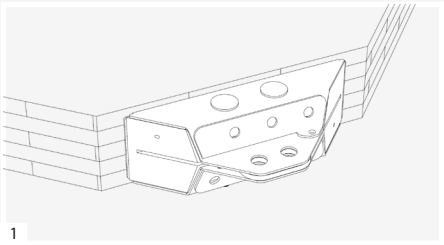
myProject
calculation software by rothoblaas

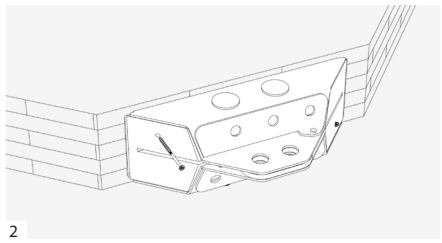
INSTALLATION SANS GABARIT

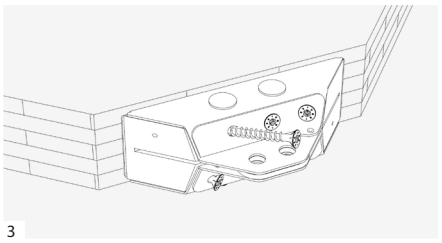
Pour une utilisation en quantité réduite de X-ONE et pour des applications qui ne prévoient pas l'emploi du gabarit manuel ou automatique, il est possible d'installer X-ONE manuellement.

1. positionner X-ONE sur la surface d'angle du panneau
2. fixer momentanément X-ONE sur le panneau en CLT avec 2 vis HBS5120 afin d'empêcher le composant de bouger pendant les opérations de fixation définitive
3. procéder à la fixation définitive de X-ONE avec 6 connecteurs XVGS11350

À la fin de la fixation définitive, les vis de positionnement peuvent être enlevées


1


2


3

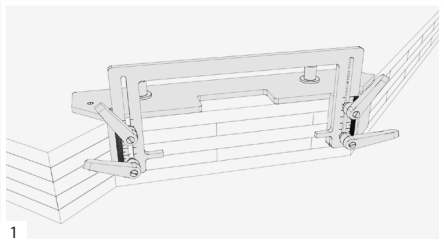
INSTALLATION AVEC GABARIT MANUEL ET AUTOMATIQUE

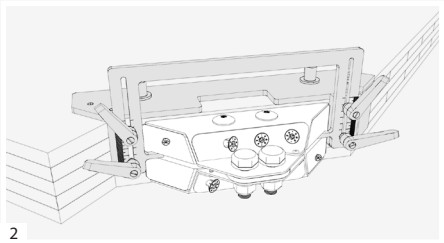
GABARIT MANUEL

Le système avec gabarit manuel permet de positionner X-ONE de façon rapide et précise. Il est utilisable avec des épaisseurs comprises entre 100 et 220 mm. Les étapes sont les suivantes :

1. mettre le gabarit contre l'angle du panneau de façon à faire adhérer le gabarit au côté oblique. Bloquer le gabarit au panneau à travers les vis pré-installées dans le corps du gabarit.
2. positionner X-ONE dans le logement spécifique puis fixer X-ONE au panneau avec 6 connecteurs XVGS11350

Les supports latéraux du gabarit sont fixés par des boulons, afin de permettre leur retrait également en cas d'installations dans des positions non standards ou particulièrement complexes.
L'installation sur la géométrie des nœuds de base est représentée sur les figures 1 et 2 ci-dessous.

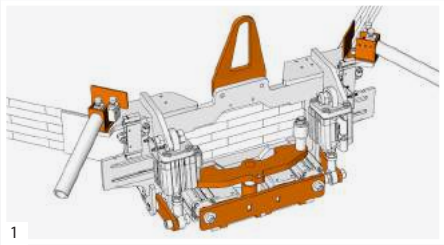

1

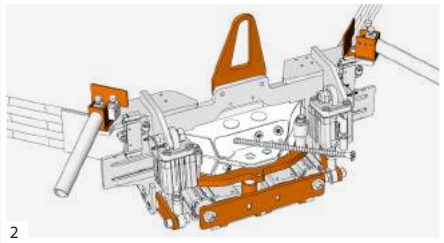

2

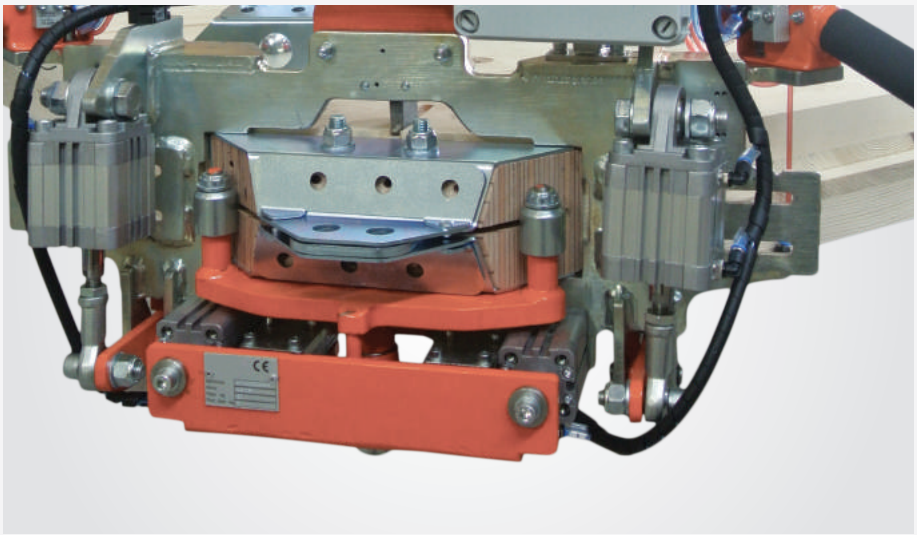
GABARIT AUTOMATIQUE

Le système avec gabarit automatique est la solution idéale pour le montage de X-ONE dans les processus industriels de production de panneaux en CLT. IL peut être utilisé pour des panneaux ayant une épaisseur comprise entre 100 et 160 mm. Les étapes sont les suivantes :

1. mettre les rails latéraux contre les côtés orthogonaux du panneau, de manière à faire adhérer le corps du gabarit au côté oblique puis serrer le gabarit sur le panneau
2. positionner X-ONE dans le logement spécifique sur le gabarit pneumatique, le bloquer en position puis fixer X-ONE au panneau avec 6 connecteurs XVGS11350


1


2



CODES ET DIMENSIONS

VIS HBS

code	d_1 [mm]	L [mm]	b [mm]	TX	pcs/cond
HBS5120	5	120	60	25	100

GABARIT MANUEL

code	description	pcs/cond
ATXONE	gabarit manuel pour montage X-ONE	1

GABARIT AUTOMATIQUE

code	description	pcs/cond
JIGONE	gabarit automatique pour montage X-ONE	1

INSERTS

code	insert	couleur	L [mm]	pcs/cond
TX5050	TX50	vert	50	5
TX50150	TX50	vert	150	1

VISSEUSE

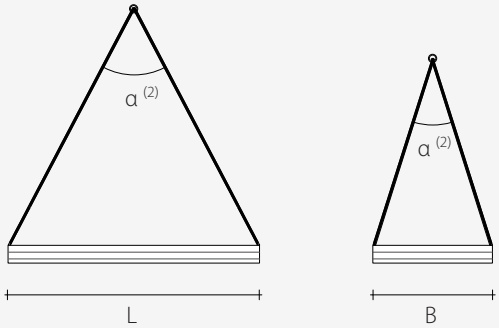
code	description	pcs/cond
MA91A140	perceuse à percussion à batterie ASB 18 M bl	1
MA094450	moment de torsion A-DMV x3	1

TRANSPORT DES PAROIS

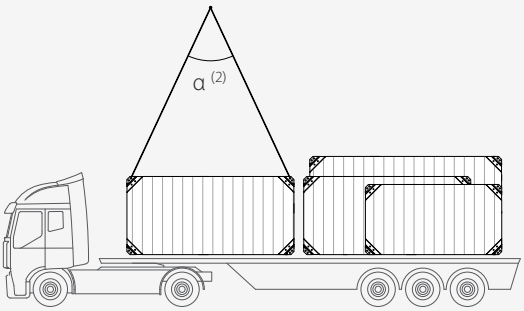
LEVAGE HORIZONTAL

Un système de levage spécifique a été développé (processus de certification en cours conformément à la directive des machines 2006/42/CE) [1] pour permettre le levage vertical ou horizontal des panneaux avec les connecteurs X-ONE pré-installés.

MANUTENTION DES PANNEAUX À LA FIN DU CYCLE DE PRODUCTION



TRANSPORT ET CHARGE DES PANNEAUX CLT SUR DES ENGINS DE TRANSPORT



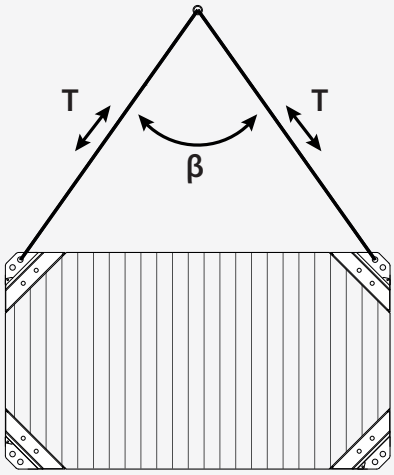
X-LIFT

code	description	pcs/cond
XLIFT	support de levage X-ONE	1

REMARQUE : Pour garantir des opérations de levage sûres et prévenir tout phénomène de splitting dans le bois dus à des sollicitations orthogonales aux fibres, il est conseillé d'insérer des connecteurs à filetage total VGZ orthogonalement au panneau CLT (voir la page 24).

LEVAGE VERTICAL

Les parois en CLT sont montées sur le chantier en utilisant des jonctions boulonnées et des plaques spécifiques, spécialement conçues pour permettre toutes les configurations géométriques des panneaux. Le système X-RAD permet le levage, la manutention et le montage des panneaux CLT directement des engins de transport à la structure en construction, en évitant les phases de dépôt et de stockage.
Le système X-RAD est certifié selon la directive machines 2006/42/CE pour l'utilisation complémentaire comme point de levage vertical pour le transport des panneaux en CLT [1].



En fonction du poids du panneau CLT et de l'angle compris entre les deux câbles de levage **(β)**, il est possible d'obtenir la force agissant sur chaque point d'accrochage **(T)**. En appliquant les coefficients de sécurité appropriés, il est donc possible de comparer la sollicitation agissant sur le point de levage avec la résistance de X-ONE.

	POIDS DU PANNEAU CLT							
β	**600 kg**	**800 kg**	**1000 kg**	**1200 kg**	**1400 kg**	**1600 kg**	**1800 kg**	**2000 kg**
50°	T = 3,31 kN	T = 4,41 kN	T = 5,51 kN	T = 6,62 kN	T = 7,72 kN	T = 8,82 kN	T = 9,93 kN	T = 11,03 kN
60°	T = 3,46 kN	T = 4,61 kN	T = 5,77 kN	T = 6,92 kN	T = 8,08 kN	T = 9,23 kN	T = 10,39 kN	T = 11,54 kN
70°	T = 3,66 kN	T = 4,88 kN	T = 6,10 kN	T = 7,32 kN	T = 8,54 kN	T = 9,76 kN	T = 10,98 kN	T = 12,20 kN
80°	T = 3,91 kN	T = 5,22 kN	T = 6,52 kN	T = 7,83 kN	T = 9,13 kN	T = 10,44 kN	T = 11,74 kN	T = 13,05 kN
90°	T = 4,24 kN	T = 5,65 kN	T = 7,07 kN	T = 8,48 kN	T = 9,89 kN	T = 11,31 kN	T = 12,72 kN	T = 14,14 kN
100°	T = 4,66 kN	T = 6,22 kN	T = 7,77 kN	T = 9,33 kN	T = 10,89 kN	T = 12,44 kN	T = 14,00 kN	T = 15,55 kN
110°	T = 5,23 kN	T = 6,97 kN	T = 8,71 kN	T = 10,46 kN	T = 12,20 kN	T = 13,94 kN	T = 15,69 kN	T = 17,43 kN
120°	T = 6,00 kN	T = 8,00 kN	T = 10,00 kN	T = 12,00 kN	T = 14,00 kN	T = 16,00 kN	T = 18,00 kN	T = 20,00 kN

REMARQUES : [1] En cas de levage avec des crochets pour câbles ou chaines, il est conseillé d'utiliser des manilles lyres ultra résistantes avec pivot Ø = 16 mm.
[2] En cas d'angles α excessifs, prévoir l'utilisation de supports balanciers de levage.

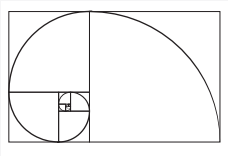
X-PLATE

EN1090

Gamme complète de plaques de raccordement

SIMPLE

Le montage sur chantier des panneaux s'effectue avec un simple serrage de boulons en acier



COMPLET

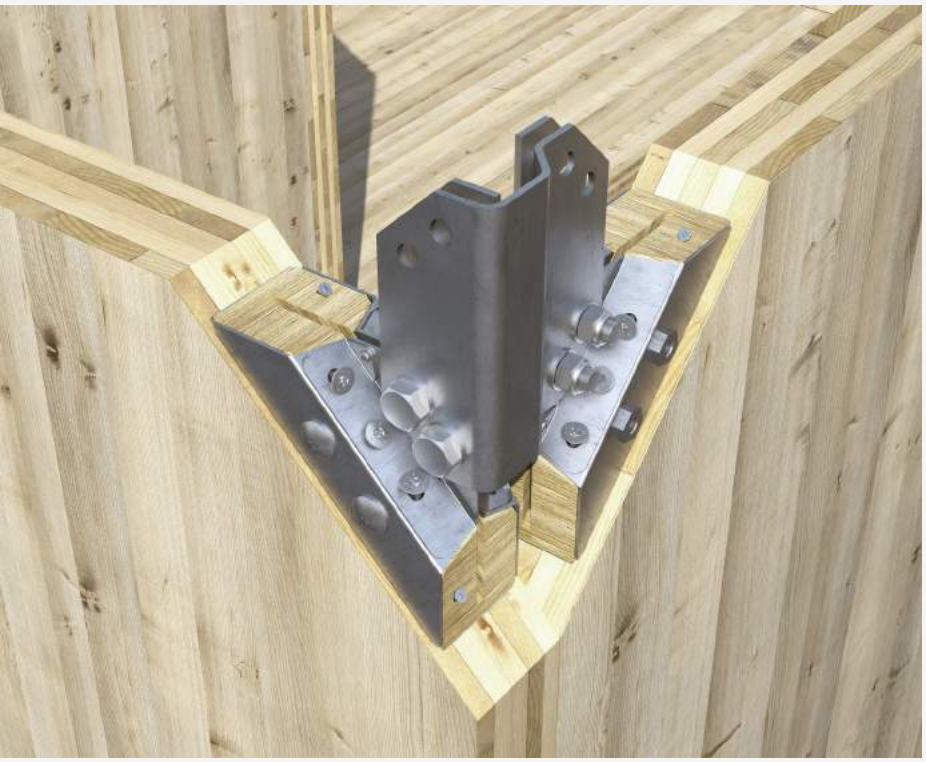
La gamme répond à toutes les exigences des chantiers, de l'ancrage au sol, au raccordement entre les parois sur différents niveaux et avec des épaisseurs diverses, jusqu'à la fixation des parois au niveau de la toiture

CERTIFICAT

Haute qualité garantie par le marquage CE selon EN1090 des composants X-PLATE

SAVIEZ-VOUS QUE ...?

X-PLATE est la gamme de plaques en acier certifiée pour le montage sur le chantier des panneaux CLT, composée de X-BASE, X-MID et X-TOP. Les épaisseurs de panneau raccordables varient de 100 à 200 mm. Les plaques X-BASE introduisent une nouvelle conception du traçage et la réalisation de la fixation au sol, ce qui permet de rendre le montage des parois extrêmement précis et rapide, et de réduire les temps de pose de l'édifice de 50 % à 70 %.



INTUITIF

Les trous de référence sur les plaques de base évitent d'éventuelles erreurs dans la pose, pour une fixation au sol précise du système

ÉVOLUÉ

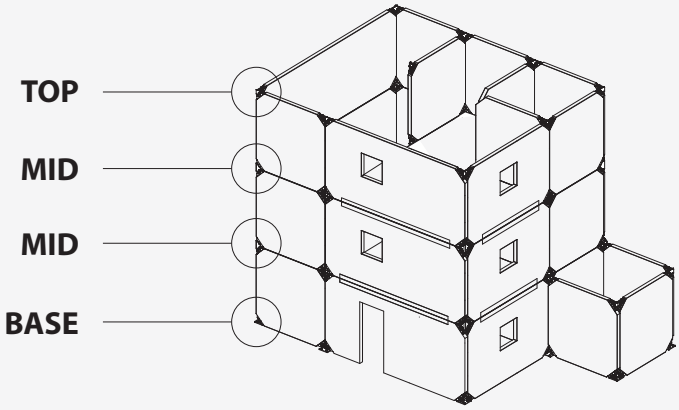
Le système garantit un degré élevé de préfabrication, en résolvant également les problèmes de positionnement, nivellement et ancrage en fondation des parois en CLT

PRATIQUE

Le raccordement entre les panneaux s'effectue au moyen des plaques X-PLATE de façon rapide. Une solution pratique adaptée à tout chantier

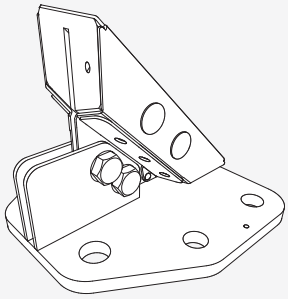
SYSTÈME DE PLAQUES X-PLATE

X-ONE fait du panneau CLT un module doté de raccordements spécifiques pour la fixation. X-PLATE permet aux modules de devenir des édifices. Des panneaux d'une épaisseur comprise entre 100 et 200 mm peuvent être raccordés.
Les plaques X-PLATE représentent la solution idéale pour chaque situation de chantier, développées pour toutes les configurations géométriques. Les plaques X-PLATE sont identifiées selon leur emplacement sur le niveau de l'édifice (X-BASE, X-MID, X-TOP) et en fonction de la configuration géométrique du nœud et de l'épaisseur des panneaux raccordés.



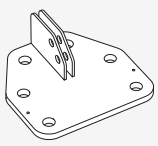
COMPOSITION CODE X-PLATE BASE

CODES =
niveau + épaisseur + orientation

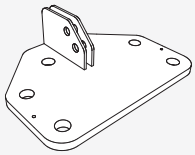


- NIVEAU : B indique qu'il s'agit de plaques de base
- ÉPAISSEUR : indique l'intervalle d'épaisseur de panneau utilisable avec cette plaque-là. Il existe deux familles de plaques, la première conçu pour des épaisseurs allant de 100 à 130 mm (code BMINI), la deuxième pour des épaisseurs allant de 130 à 200 mm (code BMAXI)
- ORIENTATION : indique l'orientation de la plaque par rapport à la paroi, droite/gauche (R/L), indication présente uniquement pour les plaques asymétriques

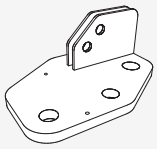
BMINI



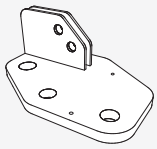
BMAXI



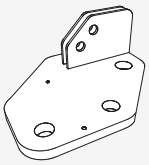
BMINIL



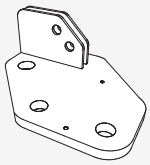
BMINIR



BMAXIL

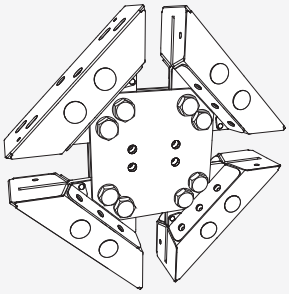


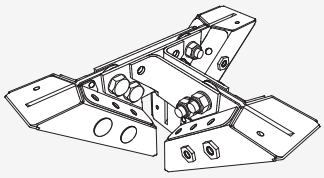
BMAXIR



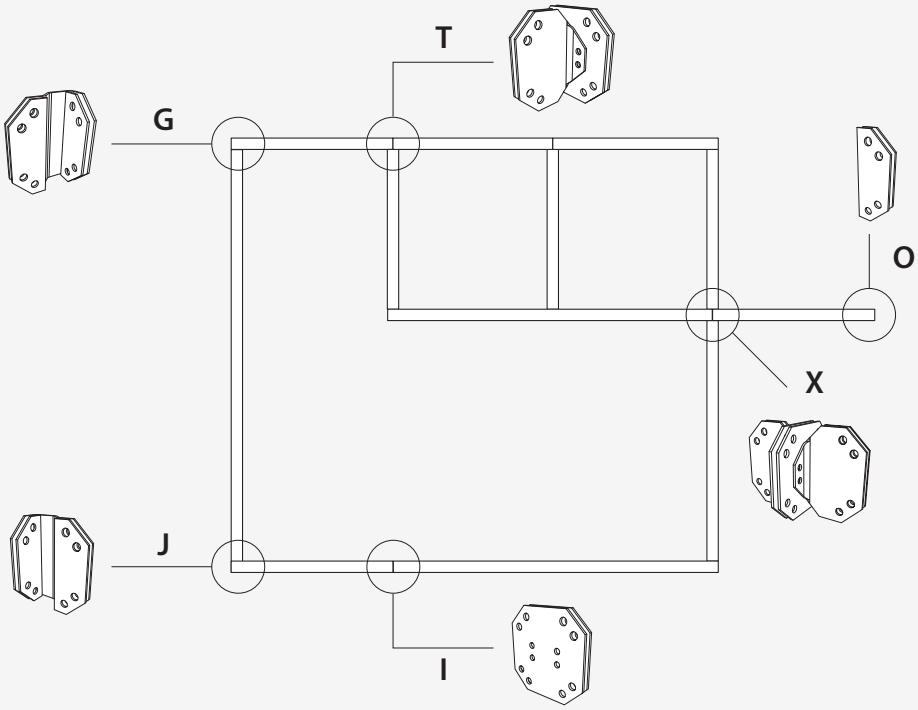
COMPOSITION CODE X-PLATE MID - TOP

CODES =
niveau + nœud + épaisseur



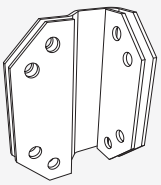


- NIVEAU : indique qu'il s'agit de plaques entre deux niveaux MID (M) et TOP (T)
- NOEUD : indique le type du nœud (X, T, G, J, I, O)
- ÉPAISSEUR : indique l'épaisseur de panneau utilisable avec cette plaque-là. Il existe trois familles d'épaisseurs standards, 100 mm - 120 mm - 140 mm. IL est possible d'utiliser toutes les épaisseurs de panneaux comprises entre 100 mm et 200 mm, en utilisant pour les nœuds G, J, T et X des plaques universelles, associées aux cales SPACER, développées spécifiquement. Les plaques universelles sont présentes dans les versions MID-S et TOP-S pour des panneaux d'une épaisseur comprise entre 100 et 140 mm et dans les versions MID-SS et TOP-SS pour des panneaux d'une épaisseur comprise entre 140 et 200 mm.

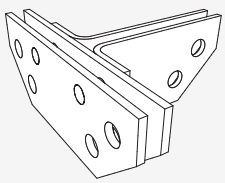


Exemples :

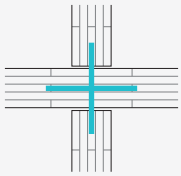
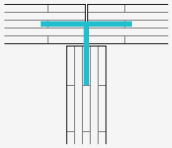
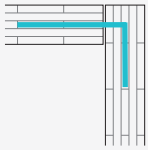
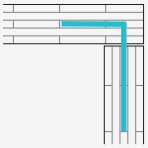
MG140 **= M + G + 140**



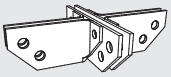
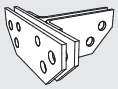
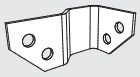
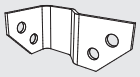
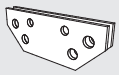
TT120 **= T + T + 120**



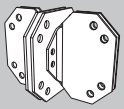
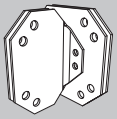
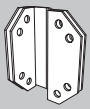
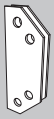
CODES X-PLATE

FORME X	FORME T	FORME G	FORME J	FORME I	FORME O
					

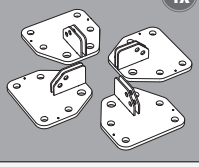
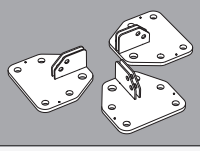
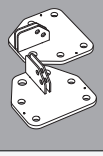
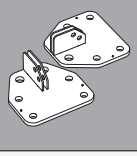
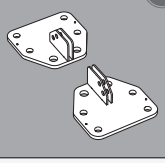
X-PLATE TOP

					
cod. **TX100 / TX120 / TX140** n° 4 XONE n° 24 XVGS11350 n° 8 XBOLT1660 n° 2 XBOLT1260	cod. **TT100 / TT120 / TT140** n° 3 XONE n° 18 XVGS11350 n° 6 XBOLT1660 n° 2 XBOLT1260	cod. **TG100 / TG120 / TG140** n° 2 XONE n° 12 XVGS11350 n° 4 XBOLT1660 -	cod. **TJ100 / TJ120 / TJ140** n° 2 XONE n° 12 XVGS11350 n° 4 XBOLT1660 -	cod. **TI100 / TI120 / TI140** n° 2 XONE n° 12 XVGS11350 n° 4 XBOLT1660 -	

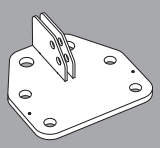
X-PLATE MID

					
cod. **MX100 / MX120 / MX140** n° 8 XONE n° 48 XVGS11350 n° 8 XBOLT1665 n° 8 XBOLT1660 n° 4 XBOLT1260	cod. **MT100 / MT120 / MT140** n° 6 XONE n° 36 XVGS11350 n° 8 XBOLT1665 n° 4 XBOLT1660 n° 4 XBOLT1260	cod. **MG100 / MG120 / MG140** n° 4 XONE n° 24 XVGS11350 n° 8 XBOLT1660 - -	cod. **MJ100 / MJ120 / MJ140** n° 4 XONE n° 24 XVGS11350 n° 8 XBOLT1660 - -	cod. **MI100 / MI120 / MI140** n° 4 XONE n° 24 XVGS11350 n° 8 XBOLT1665 - -	cod. **MO100 / MO120 / MO140** n° 2 XONE n° 12 XVGS11350 n° 4 XBOLT1660 - -

X-PLATE BASE

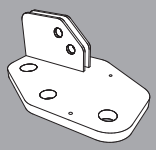
4x	3x	2x	2x	2x	1x
					

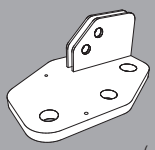
code **BMINI / BMAXI**



n° 1 XONE
n° 6 XVGS11350
n° 2 XBOLT1660
cheville chimique FIS-V410C
n° 6 barres filetées 8.8 - M20 x 250
(pouvant être obtenues par MGS12088 M20 x 1000)

code **BMINIL / BMINIR / BMAXIL / BMAXIR**



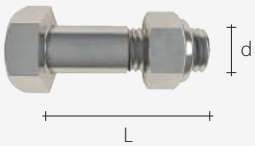


n° 1 XONE
n° 6 XVGS11350
n° 2 XBOLT1660
cheville chimique FIS-V410C
n° 3 barres filetées 8.8 - M20 x 250 / 400
(pouvant être obtenues par MGS12088 M20 x 1000)

REMARQUE : Les boulons X-BOLT doivent être toujours installés avec les rondelles X-ULS correspondantes. Les barres MGS doivent être installées avec écrou et rondelle.
Les boulons XBOLT1665 doivent toujours être installés en association aux plaques X-PLATE de 6 mm d'épaisseur.

PRODUITS COMPLÉMENTAIRES POUR LA FIXATION DES PLAQUES X-PLATE

PRODUITS POUR L'ASSEMBLAGE X-PLATE / X-ONE



code	description	d [mm]	L [mm]	pcs/cond
XBOLT1260	boulon tête six pans avec écrou (classe acier 8.8 zingué galvanique) EN 15048	M12	60	50
XBOLT1265		M12	65	50
XBOLT1270		M12	70	50
XBOLT1275		M12	75	50
XBOLT1280		M12	80	50
XBOLT1285		M12	85	50
XBOLT1290		M12	90	50
XBOLT1295		M12	95	50
XBOLT12100		M12	100	50
XBOLT12105		M12	105	50
XBOLT12110		M12	110	50
XBOLT12115		M12	115	50
XBOLT12120		M12	120	50
XBOLT1660		M16	60	25
XBOLT1665		M16	65	25
XBOLT1670		M16	70	25
XBOLT1675		M16	75	25
XBOLT1680		M16	80	25
XBOLT1685		M16	85	25
XBOLT1690		M16	90	25

code	description	barre	d_{INT} [mm]	d_{EXT} [mm]	s [mm]	pcs/cond
XULS1324	rondelle UNI 5714	M12	13	24	3	50
XULS1730	rondelle UNI 5714	M16	17	30	4	50

PRODUITS POUR L'ANCRAGE EN FONDATION DE X-PLATE BASE

code	description	barre	L [mm]	pcs/cond
MGS12088	barre filetée (classe acier 8.8 - zingué galvanique)	M20	1000	1

code	description	barre	h [mm]	Ch [mm]	pcs/cond
MUT93420	écrou six pans (classe acier 8 - zingué galvanique)	M20	16	30	100

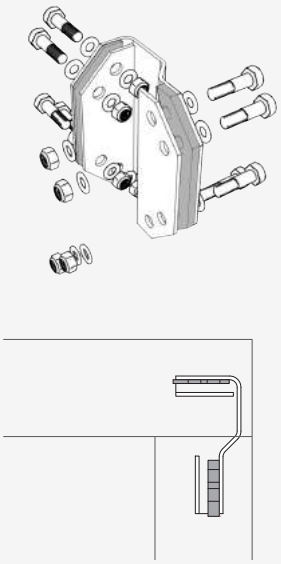
code	description	barre	d_{INT} [mm]	d_{EXT} [mm]	s [mm]	pcs/cond
ULS21373	rondelle ISO 7089 (acier S235 - zingué galvanique)	M20	21	37	3	250

code	description	format [ml]	pcs/cond
521431	cheville chimique vinylester FIS V 410 C	410	1

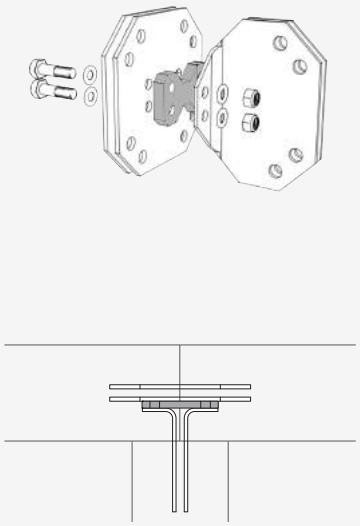
REMARQUE : La large gamme de X-BOLT prévue est nécessaire pour la fixation de plaques X-PLATE, en cas d'épaisseurs de panneaux différents des standards (100 - 120 - 140 mm) en association aux cales SPACER.

ACCESSOIRES : EXEMPLE DE SOLUTION AVEC PLAQUES X-PLATE POUR ÉPAISSEURS DE PAROI NON STANDARDS

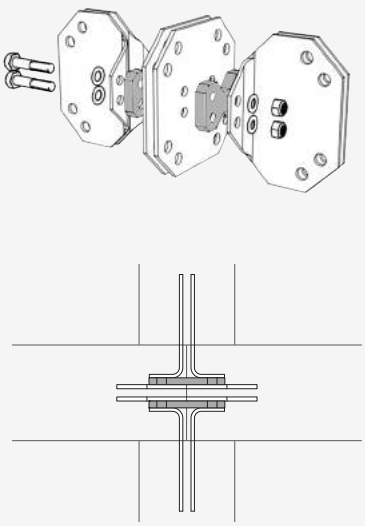
Les configurations géométriques J (ou G), T et X pour les niveaux MID et TOP, où l'épaisseur de la paroi a une incidence sur la géométrie de la plaque X-PLATE, sont représentées ci-dessous. À titre d'exemple, nous avons analysé ici le cas de panneaux ayant une épaisseur de 130 mm (différente donc des épaisseurs standards 100 - 120 - 140 mm), résolu avec les plaques universels MID-S et TOP-S, en association aux cales SPACER.



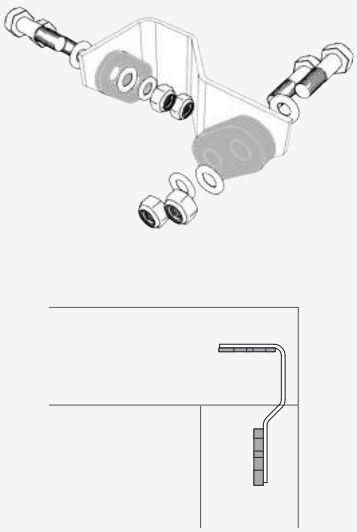
XPLATE MJS
n° 2 MJSPACER (1 MJ50S + 1 MJ150S)
n° 4 XBOLT1675
n° 4 XBOLT1665



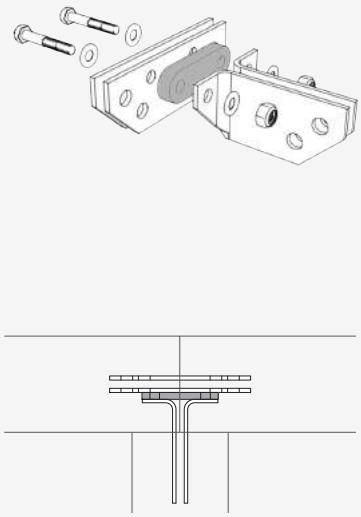
XPLATE MTS
n° 1 MTSPACER (1 MT150S)
n° 12 XBOLT1665
n° 4 XBOLT1275



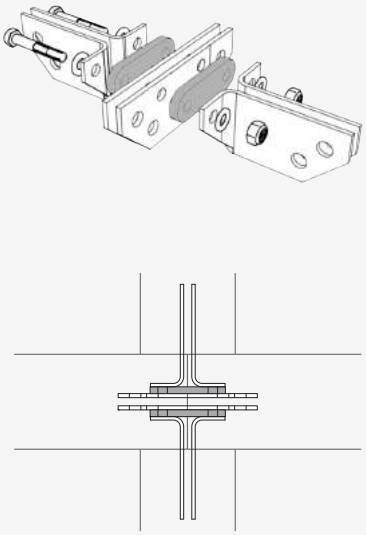
XPLATE MXS
n° 2 MTSPACER (2 MT150S)
n° 16 XBOLT1665
n° 4 XBOLT1290



XPLATE TJS
n° 2 TJSPACER (1 TJ50S + 1 TJ150S)
n° 2 XBOLT1675
n° 2 XBOLT1665



XPLATE TTS
n° 1 TTSPACER (1 TT150S)
n° 6 XBOLT1660
n° 2 XBOLT1275

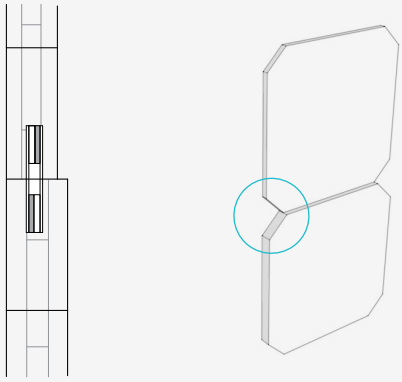


XPLATE TXS
n° 2 TTSPACER (2 TT150S)
n° 8 XBOLT1660
n° 2 XBOLT1290

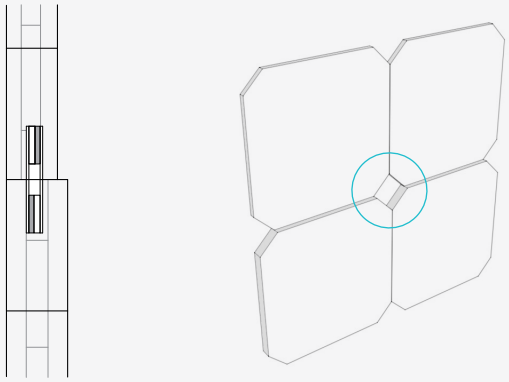
ACCESSOIRES : EXEMPLE DE SOLUTION AVEC PLAQUES X-PLATE POUR CHANGEMENTS D'ÉPAISSEURS DE PAROI AU NIVEAU D'ENTREPLAN

Toutes les configurations géométriques d'entreplan, où le changement de l'épaisseur de la paroi du plan inférieur au plan supérieur a une incidence sur la géométrie de la plaque X-PLATE, sont représentées ci-dessous. Sur le plan schématique, on comprend comment chaque variation d'épaisseur peut être résolue par les plaques universelles MID-S (ou MID-SS), en association aux cales SPACER spécifiques.

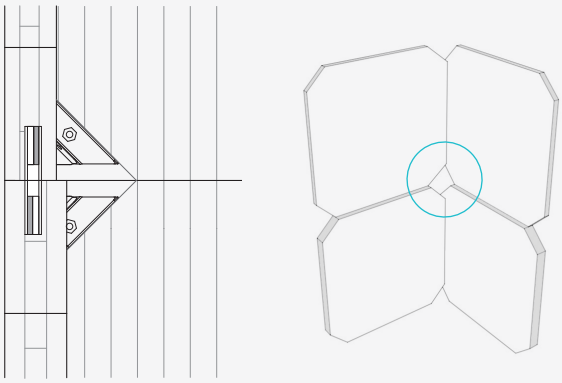
MO (2 TJSPACER)



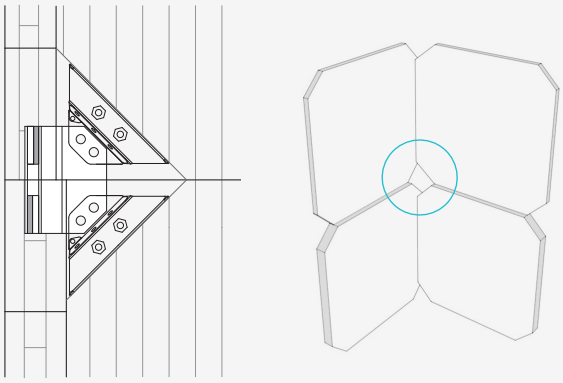
MI (4 TJSPACER)



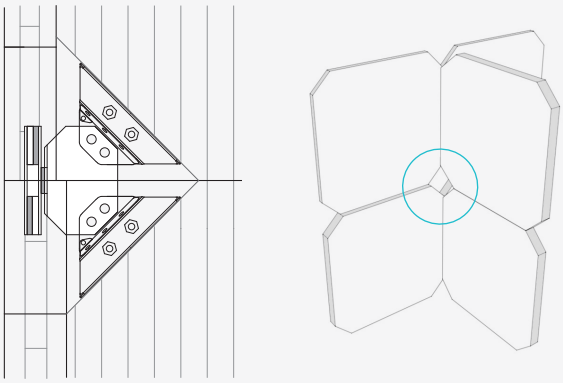
MG (4 TJSPACER)



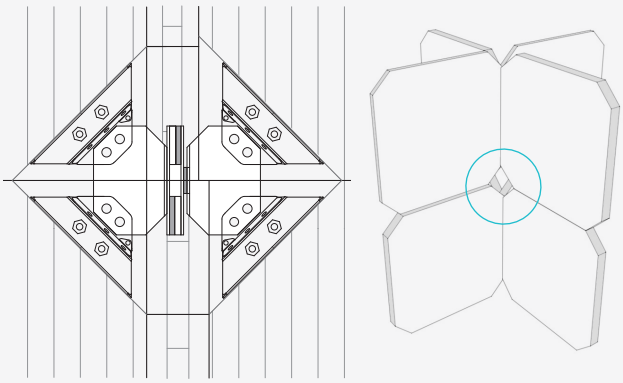
MJ (4 TJSPACER)



MT (4 TJSPACER + 1 MTSPACER)



MX (4 TJSPACER + 1 MTSPACER)



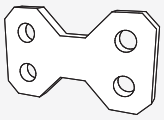
REMARQUE : En cas de doutes ou besoin d'assistance sur la définition des plaques X-PLATE et cales SPACER à utiliser dans des cas spécifiques, contacter le bureau technique rothoblaas.

ACCESSOIRES : CODES CALES SPACER ET PLAQUES UNIVERSELLES

MJSPACER

code	s [mm]
MJ25S	2
MJ50S	5
MJ75S	8
MJ100S	10
MJ125S	12
MJ150S	15
MJ175S	18
MJ200S	20
MJ225S *	22
MJ250S *	25
MJ275S *	28
MJ300S *	30

MTSPACER

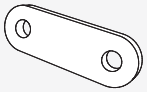


code	s [mm]
MT25S	2
MT50S	5
MT75S	8
MT100S	10
MT125S	12
MT150S	15
MT175S	18
MT200S	20
MT225S *	22
MT250S *	25
MT275S *	28
MT300S *	30

TJSPACER

code	s [mm]
TJ25S	2
TJ50S	5
TJ75S	8
TJ100S	10
TJ125S	12
TJ150S	15
TJ175S	18
TJ200S	20
TJ225S *	22
TJ250S *	25
TJ275S *	28
TJ300S *	30

TTSPACER



code	s [mm]
TT25S	2
TT50S	5
TT75S	8
TT100S	10
TT125S	12
TT150S	15
TT175S	18
TT200S	20
TT225S *	22
TT250S *	25
TT275S *	28
TT300S *	30

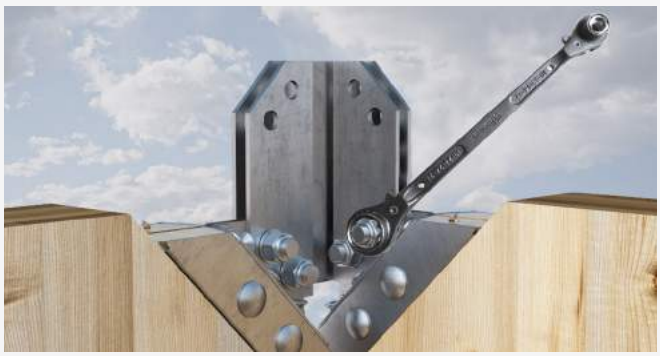
* peuvent être fournies sur demande

PLAQUES UNIVERSELLES

code	**épaisseur panneau** [mm]
MJS - MGS - MTS - MXS - TJS - TGS - TTS - TXS	100 - 140
MJSS - MGSS - MTSS - MXSS - TJSS - TGSS - TTSS - TXSS	140 - 200

PRODUITS LIÉS POUR LE MONTAGE DES PAROIS EN CLT ET DES PLAQUES X-PLATE

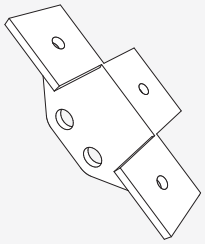
code	description	pcs/cond
GEKO	tire-plaques	1
GIR4000	support de montage 4000 mm	1
ANT	levier d'actionnement	1
CRICKET	clé à cliquet	1
PANIMP18	visseuse à impulsions 18 V	1
ATRE6040	manchon M16 - 24 mm - 1/2"	1
ATRE6050	manchon M20 - 30 mm - 1/2"	1



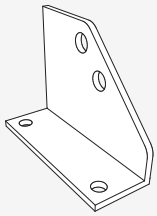
ACCESSOIRES : PLAQUES X-PLATE BASE EASY POUR FIXATIONS NON STRUCTURELLES

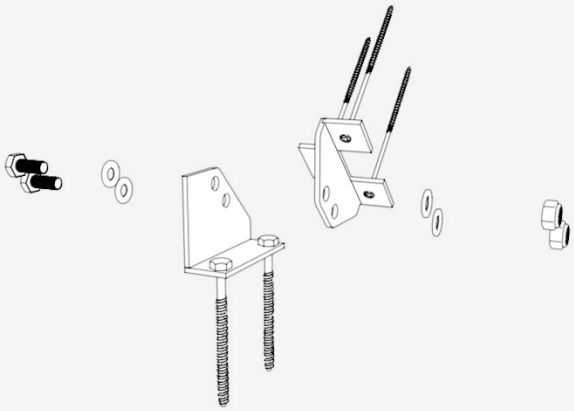
Au cas où une fixation en fondation serait requise pour des parois non structurelles ou une fixation temporaire pour le bon alignement de la paroi (ex. parois d'une longueur importante), il est possible d'installer sur l'angle inférieur du panneau en CLT (avec découpe à 45° simplifiée sans retraite horizontale), la plaque BEASYT (en alternative à X-ONE) et sur le radier, la plaque BEASYC (en alternative aux plaques X-PLATE BASE) [1].

BEASYT



BEASYC





La fixation s'effectue sur le panneau en CLT avec 3 vis HBS+ evo 8 x 200 mm et sur le socle en b.a. avec 2 SKR 12 x min 100 mm ou en alternative 2 AB1 M12 x 103 mm.

CODES ET DIMENSIONS

code	s [mm]	$Ø_{SUP}$ [mm]	n. $Ø_{SUP}$	$Ø_{INT}$ [mm]	n. $Ø_{INT}$	pcs/cond
BEASYT	5	9	3	17	2	1
BEASYC	5	17	2	13	2	1

PRODUITS LIÉS

code	description	pcs/cond
HBSP8200C	HBS+ evo : vis à tête tronconique	100
SKR12100	SKR : cheville à visser	25
FE210440	AB1 : cheville mécanique	25

REMARQUE : [1] Le montage de la plaque BEASYT s'effectue sur la surface inclinée, en position centrale, comme pour X-ONE, aussi bien par rapport à la longueur de la découpe que dans la direction de l'épaisseur du panneau.

INGÉNIERIE STRUCTURELLE

Ce paragraphe a pour objectif de fournir les spécifications de résistance liées aux plaques de raccordement X-PLATE.
Les plaques, d'une épaisseur variable en fonction du type, sont toutes réalisées en acier S355JR, marquées CE selon EN1090 en classe d'exécution EXC2. Chaque plaque a été conçue et vérifiée, en appliquant les sollicitations maximales transmises par le connecteur X-ONE, selon trois ordres de vérifications [1] :

1. VÉRIFICATIONS GLOBALES DE LA PLAQUE (par l'analyse FEM) :
- découpe ;
- traction pure ;
- compression pure ;
- flambage ou flexion sous tension.

2. VÉRIFICATIONS LOCALES :
- vérification au cisaillement du boulon (EN 1993-1-8 §3.6.1) ;
- vérification à la pression diamétrale de la plaque (EN 1993-1-8 §3.6.1) ;
- vérification au block tearing de la plaque (EN 1993-1-8 §8.10.2) ;
- vérification des soudures.

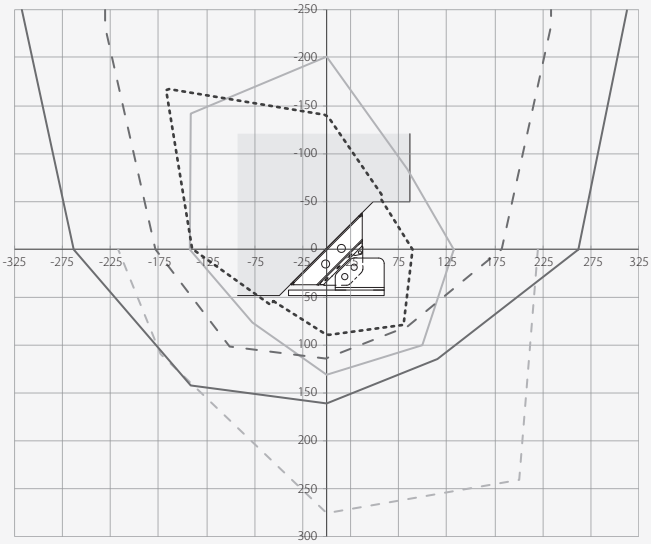
3. VÉRIFICATION DE LA FIXATION SUR LE SUPPORT DE FONDATION

PLAQUES X-PLATE BASE

Les plaques X-PLATE BASE prévoient les conditions d'utilisation suivantes :
- utilisation de cheville chimique vinylester et barres filetées de 20 mm de diamètre - classe 8.8
- classe minimale de résistance du béton C25/30

Les plaques X-PLATE BMINI et BMAXI sont à **rétablissement complet** de la résistance du connecteur X-ONE.
Les plaques X-PLATE BMINIL/R et BMAXIL/R sont à **rétablissement partiel** de la résistance du connecteur X-ONE.
Cet aspect résulte des domaines de résistance reportés ci-dessous [2].

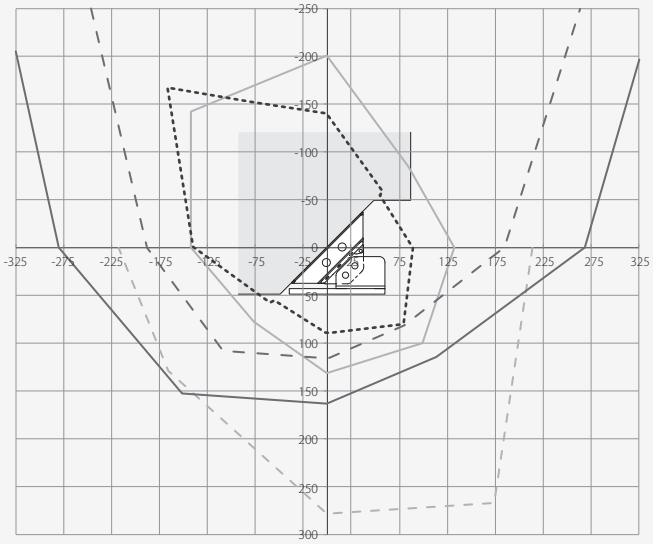
DOMAINES DE RÉSISTANCE DES PLAQUES -XPLATE COMPARÉS AU DOMAINE DE RÉSISTANCE DU CONNECTEUR X-ONE



- X-ONE
- X-PLATE BMINI vérifications locales
- X-PLATE BMINI vérifications globales
- X-PLATE BMINI vérification fixation fondation (béton non fissuré h_{ef} = 200)
- X-PLATE BMINI vérification fixation fondation (béton fissuré h_{ef} = 200)

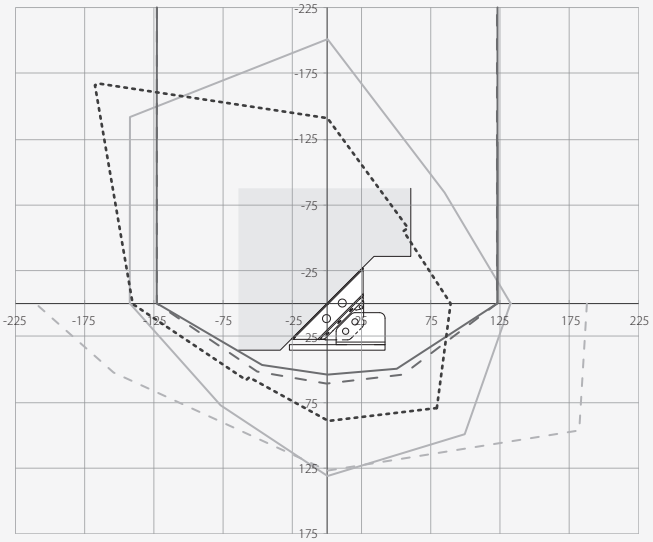
X-PLATE BMINI - Domaine de résistance de projet

REMARQUE : [1] Le rapport complet sur la conception structurelle des plaques X-PLATE peut être téléchargé depuis le site www.rothoblaas.com ou le logiciel MyProject.
[2] Les domaines illustrés sont représentés selon le système de référence du connecteur X-ONE. Pour se référer au système de référence des plaques X-PLATE, en exerçant sur les plaques X-PLATE des forces égales et opposées à celles exercées sur le connecteur X-ONE, il est nécessaire de refléter ces domaines par rapport à la bissectrice du premier cadran.



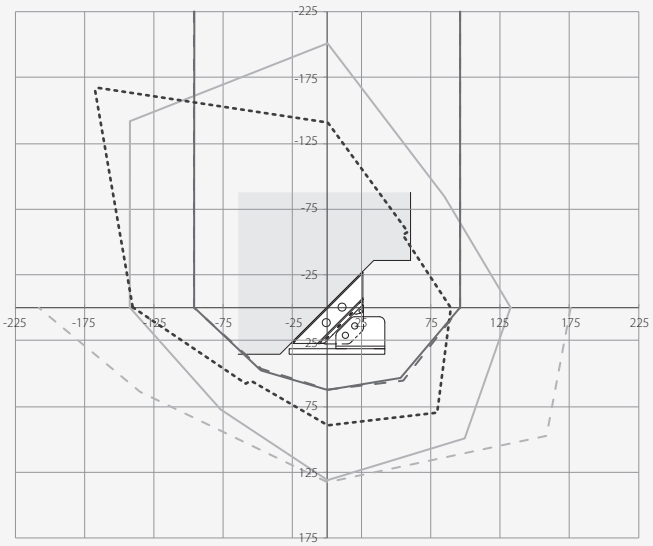
X-ONE
X-PLATE BMAXI vérifications locales
X-PLATE BMAXI vérifications globales
X-PLATE BMAXI vérification fixation fondation (béton non fissuré h_{ef} = 200)
X-PLATE BMAXI vérification fixation fondation (béton fissuré h_{ef} = 200)

X-PLATE BMAXI - Domaine de résistance de projet



X-ONE
X-PLATE BMINILR vérifications locales
X-PLATE BMINILR vérifications globales
X-PLATE BMINILR vérification fixation fondation (béton non fissuré h_{ef} = 200)
X-PLATE BMINILR vérification fixation fondation (béton fissuré h_{ef} = 350)

X-PLATE BMINIL/R - Domaine de résistance de projet



X-ONE
X-PLATE BMAXILR vérification locales
X-PLATE BMAXILR vérification globales
X-PLATE BMAXILR vérification fixation fondation (béton non fissuré h_{ef} = 200)
X-PLATE BMAXILR vérification fixation fondation (béton fissuré h_{ef} = 350)

X-PLATE BMAXIL/R - Domaine de résistance de projet

ANALYSES FEM DES PLAQUES X-PLATE BASE

Les analyses FEM suivantes, effectuées en contrôle de déplacement et en adoptant un déplacement ultime égal à 15 mm, ont été menées en examinant les 5 directions de charge principales (cisaillement pur positif/négatif, cisaillement-traction positif/négatif et traction pure). Les résultats de ces simulations sont :

- diagramme force-déplacement pour chaque direction de charge (0° ≤ α ≤ 180°)
- déformée 3D du système en contour de tensions (von Mises) pour α = + 90°

PLAQUE X-PLATE BMINI

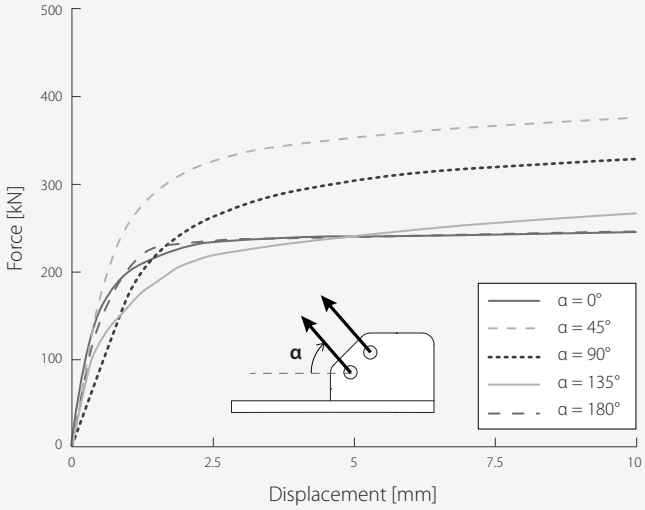
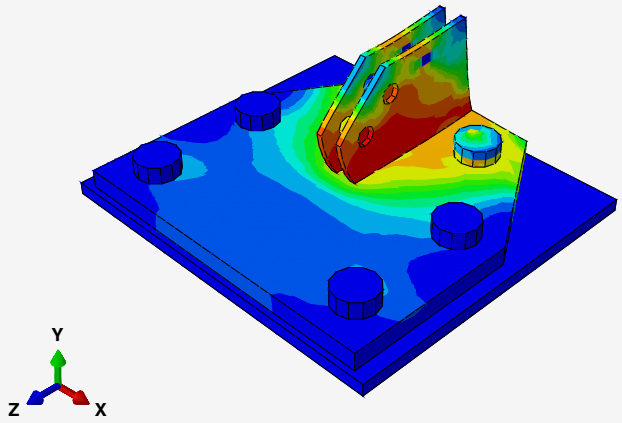


Diagramme force-déplacement



Déformée 3D en contour de tensions (von Mises) - α = + 90°

PLAQUE X-PLATE BMAXI

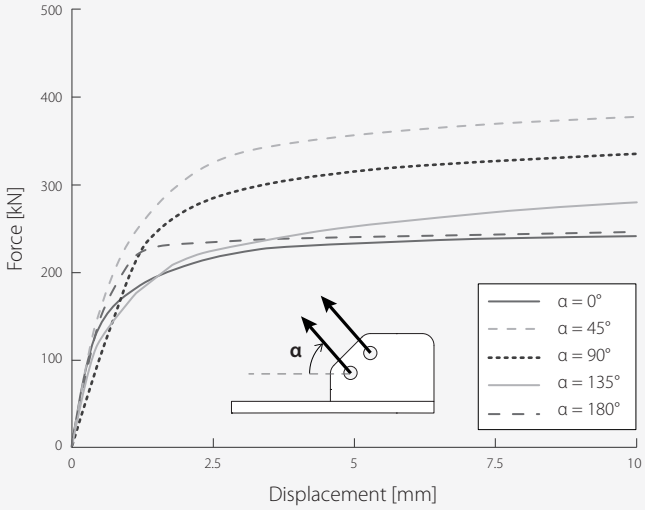
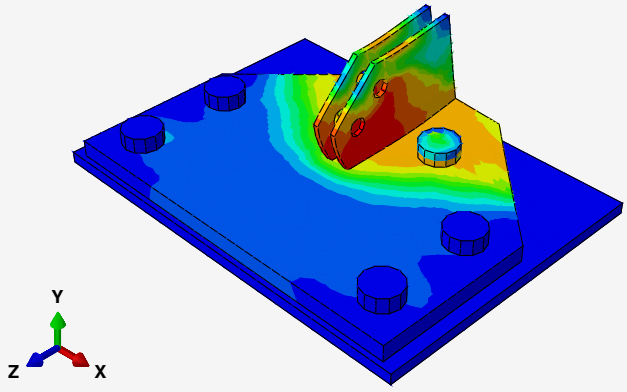


Diagramme force-déplacement



Déformée 3D en contour de tensions (von Mises) - α = + 90°

PLAQUE X-PLATE BMINIR

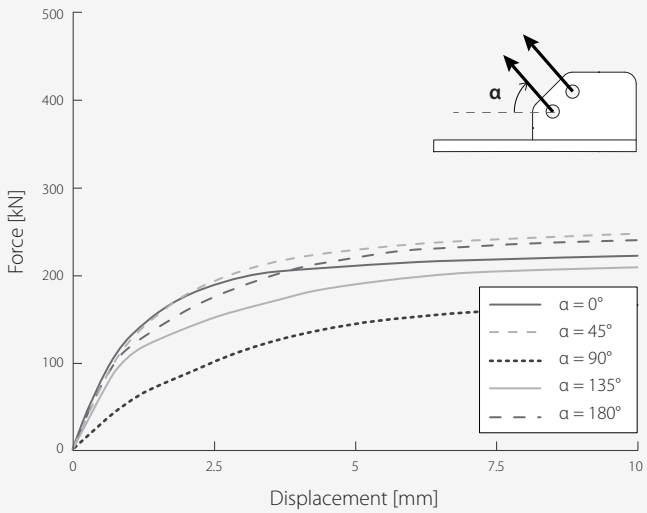
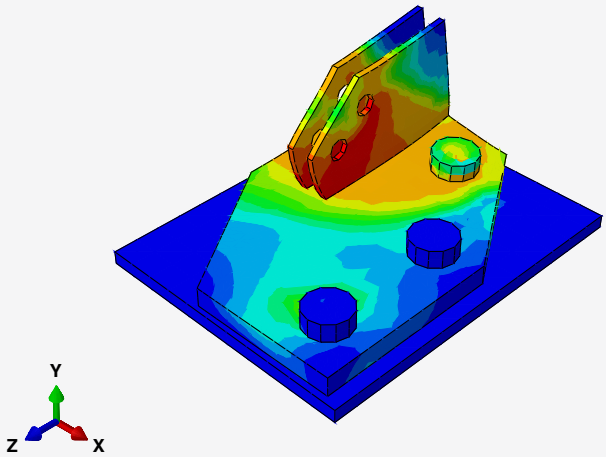


Diagramme force-déplacement



Déformée 3D en contour de tensions (von Mises) - α = + 90°

PLAQUE X-PLATE BMAXIR

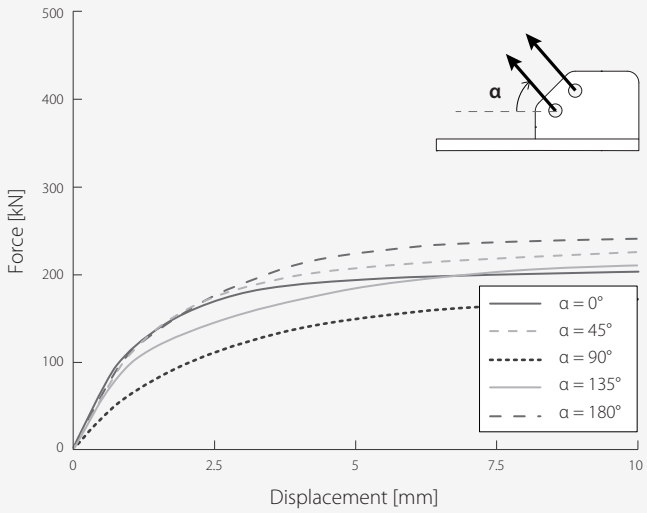
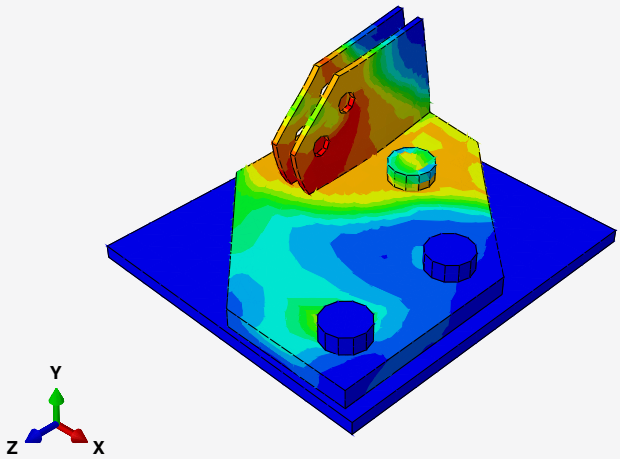
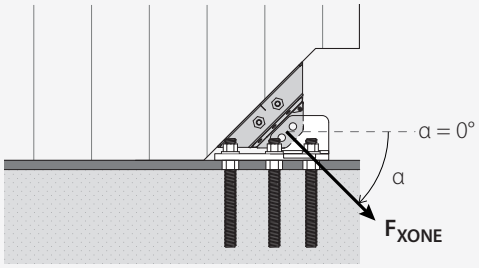


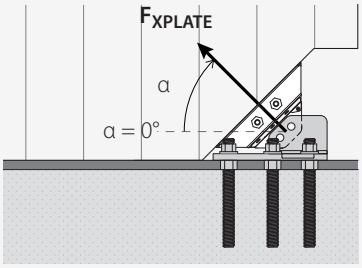
Diagramme force-déplacement



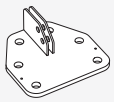
Déformée 3D en contour de tensions (von Mises) - α = + 90°

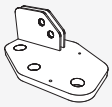
RÉSISTANCES DE PROJET - FIXATION AU SOL X-ONE / X-PLATE





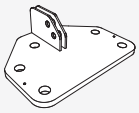
X-PLATE BMINI / BMINIL / BMINIR

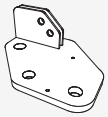




SOLLICITATION F	R_d XONE	R_d X-PLATE BMINI				R_d X-PLATE BMINIL / BMINIR			
		BÉTON NON FISSURÉ		BÉTON FISSURÉ		BÉTON NON FISSURÉ		BÉTON FISSURÉ	
α [°]	$R_{d,XONE}$ [kN]	cheville chimique Nr. - Ø x L [mm]	$R_{d,XPLATE}$ [kN]	cheville chimique Nr. - Ø x L [mm]	$R_{d,XPLATE}$ [kN]	cheville chimique Nr. - Ø x L [mm]	$R_{d,XPLATE}$ [kN]	cheville chimique Nr. - Ø x L [mm]	$R_{d,XPLATE}$ [kN]
0°	89,3	6 - M20 x 250 cl. 8.8 h_{ef} = 200 mm	132,4	6 - M20 x 250 cl. 8.8 h_{ef} = 200 mm	132,4	3 - M20 x 250 cl. 8.8 h_{ef} = 200 mm	123,0	3 - M20 x 400 cl. 8.8 h_{ef} = 350 mm	123,0
45°	112,8		140,8		116,0		65,8		73,5
90°	89,3		131,1		114,0		51,5		60,0
135°	77,6		109,1		109,1		62,9		71,4
180°	140,4		142,5		142,5		116,0		122,0

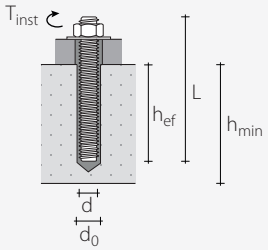
X-PLATE BMAXI / BMAXIL / BMAXIR





SOLLICITATION F	R_d XONE	R_d X-PLATE BMAXI				R_d X-PLATE BMAXIL / BMAXIR			
		BÉTON NON FISSURÉ		BÉTON FISSURÉ		BÉTON NON FISSURÉ		BÉTON FISSURÉ	
α [°]	$R_{d,XONE}$ [kN]	cheville chimique Nr. - Ø x L [mm]	$R_{d,XPLATE}$ [kN]	cheville chimique Nr. - Ø x L [mm]	$R_{d,XPLATE}$ [kN]	cheville chimique Nr. - Ø x L [mm]	$R_{d,XPLATE}$ [kN]	cheville chimique Nr. - Ø x L [mm]	$R_{d,XPLATE}$ [kN]
0°	89,3	6 - M20 x 250 cl. 8.8 h_{ef} = 200 mm	132,4	6 - M20 x 250 cl. 8.8 h_{ef} = 200 mm	132,4	3 - M20 x 250 cl. 8.8 h_{ef} = 200 mm	96,0	3 - M20 x 400 cl. 8.8 h_{ef} = 350 mm	96,0
45°	112,8		140,8		114,6		67,9		75,2
90°	89,3		131,1		116,0		54,0		59,0
135°	77,6		109,1		109,1		60,8		65,1
180°	140,4		142,5		142,5		94,0		96,0

PARAMÈTRES D'INSTALLATION DES CHEVILLES



TYPE DE CHEVILLE type	d x L [mm]	code-barre	classe acier	d_0 [mm]	h_{ef} [mm]	h_{min} [mm]	T_{inst} [Nm]	quantité résine [ml/barre]
chimique vinylester code 521431	M20 x 250	MGS12088 (1)	8.8	24	200	250	120	60
	M20 x 400			24	350	400	120	100

(1) Barres de 1000 mm de longueur à découper sur mesure et à coupler à l'écrou MUT et rondelle ULS (page 43).

PRINCIPES GÉNÉRAUX :

- Les valeurs de projet sont conformes à la norme EN 1995:2014 selon ETA-15/0632 et EN1993-1-8 et conformes aux certificats de produit.
- La valeur de résistance globale du raccordement s'obtient de la façon suivante :

$$R_d = \min \begin{cases} R_{d,XONE} \\ R_{d,XPLATE} \end{cases}$$

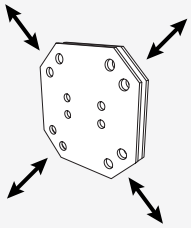
- Lors de la phase de calcul, une classe de résistance C24 a été prise en considération pour les lamelles du panneau en CLT et une classe de résistance C25/30 pour le béton. Aucun espace annulaire ne doit être présent entre le trou dans la plaque et la cheville (trous remplis).
- Le dimensionnement et la vérification des éléments en bois et en béton doivent être effectués à part.
- Les valeurs de résistance côté béton sont valables pour les hypothèses de calcul définies dans le tableau ; des conditions au contour différentes (ex. distance minimales des bords) doivent être constatées.

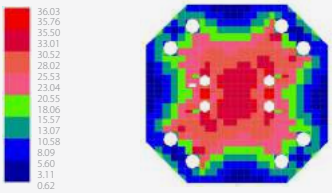
RÉSISTANCE RACCORDEMENTS EN ÉLÉVATION : PLAQUES X-PLATE MID ET TOP

Les nœuds d'entreplan sont réalisés au moyen des plaques X-PLATE MID, en partant des plaques élémentaires MI et MO jusqu'à arriver aux plaques plus complexes MT et MX, une évolution naturelle et association des plaques MI et MO.
Au niveau structurel :

PLAQUE MI : résistance au cisaillement et traction

- la plaque MI rétablit complètement la résistance au cisaillement et traction des 4 connecteurs X-ONE convergents dans le nœud et est vérifiée pour toute association possible de sollicitation transmise par les connecteurs



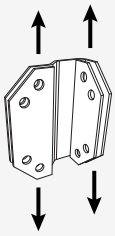


Tensions de Von Mises - traction et compression à 45°

$R_{MI} > R_{XONE}$

PLAQUES MO, MG, MJ : résistance à la traction

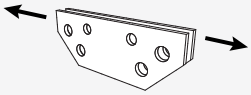
- les plaques MO et MG/MJ rétablissent la résistance à la traction (sollicitation verticale à 90°) de chaque connecteur X-ONE relié à celui-ci



$R_{MO,\ \alpha = 90°} > R_{XONE,\ \alpha = 90°}$

PLAQUES TI : résistance au cisaillement

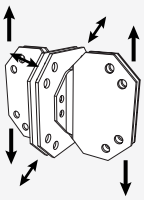
- la plaque TI rétablit la résistance au cisaillement (sollicitation horizontale à 0°) de chaque connecteur X-ONE relié à celui-ci

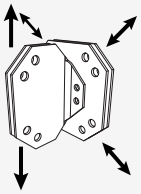


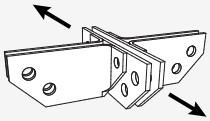
$R_{TI,\ \alpha = 0°} > R_{XONE,\ \alpha = 0°}$

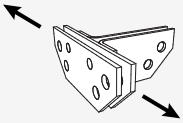
PLAQUES MX, MT, TX, TT

- les plaques MX, MT, TX et TT résultent la simple composition des plaques simples MI, MO et TI, où chaque plaque maintient le comportement structurel d'origine





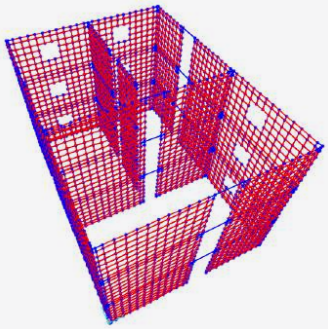




DU MODELAGE AU CHANTIER

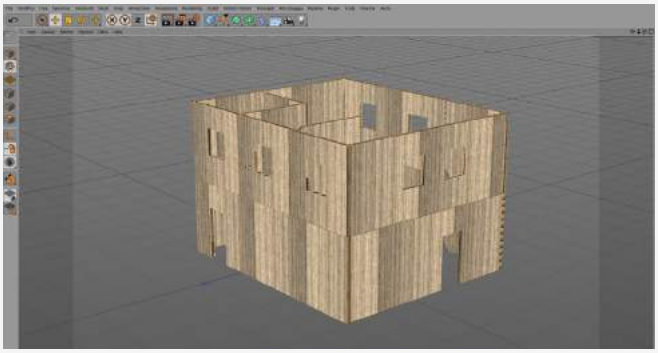
ÉTAPE 1

Conception structurelle et vérification des raccordements X-ONE et des plaques X-PLATE (page 32).



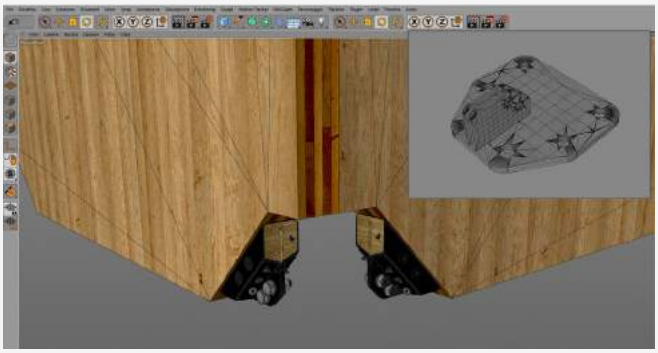
ÉTAPE 2

Réalisation du plan d'exécution des panneaux CLT qui constituent la structure avec logiciel 3D CAD/CAM.



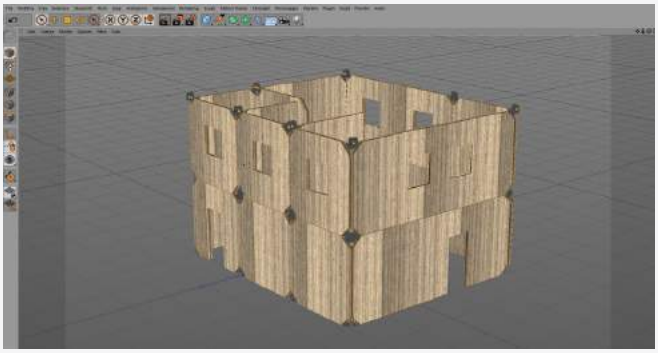
ÉTAPE 3

À partir de la base de données du logiciel de dessin importation automatique de la géométrie de découpe/usinage, du modèle X-ONE et X-PLATE.



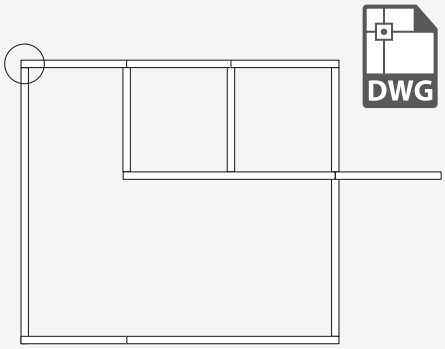
ÉTAPE 4

Exportation depuis le logiciel de dessin de la liste complète des raccordements (X-ONE, X-PLATE).



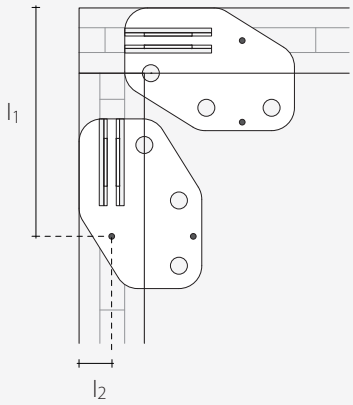
ÉTAPE 5

Positionnement des plaques X-PLATE BASE sur le plan des parois au rez-de-chaussée par l'importation d'un fichier CAD depuis le site rothoblaas ou à travers la base de données depuis le logiciel CAD-CAM.



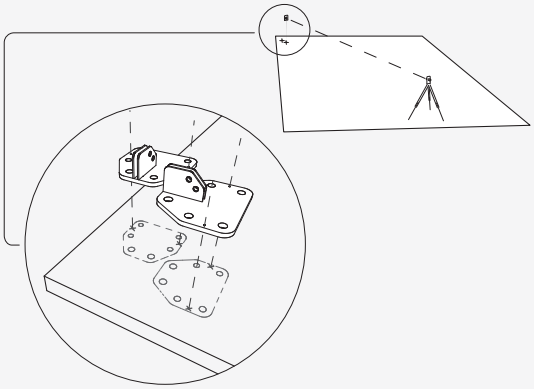
ÉTAPE 6

Identification des trous de traçage (l_1, l_2) des plaques X-PLATE pour positionner les points de référence à tracer sur le chantier.



ÉTAPE 7

Traçage sur le chantier des trous de positionnement des plaques X-PLATE.

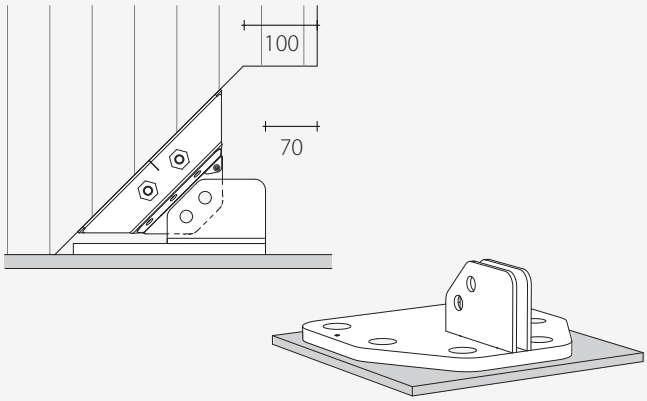


ÉTAPE 8

Positionnement des plaques X-PLATE sur le soubassement de fondation en b.a.

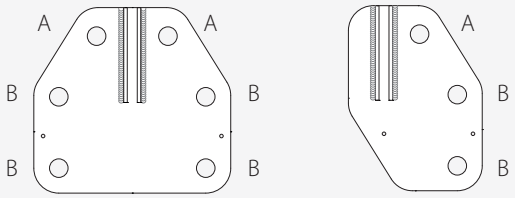
ÉTAPE 9

Les plaques X-PLATE sont placées et nivelées entre elles à la valeur prévue. Le panneau CLT, avec le bord inférieur aligné sur l'intrados de la plaque, prendra appui continuellement sur la fondation.



ÉTAPE 10

Une fois les plaques positionnées, l'opérateur réalisera le trou Ø24 mm dans le support en b.a. pour l'insertion suivante des chevilles chimiques Ø20 mm. Les fixations adjacentes aux ailes verticales des plaques (A) devront être installées avant le montage des parois en CLT, celles plus éloignées (B) pourront être installées successivement. La tolérance entre le diamètre de la cheville et le trou plaque, à combler avec des résines structurelles, permet de régler davantage la position des plaques.

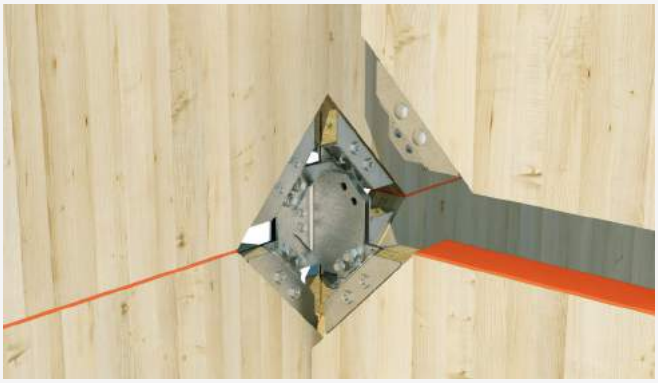


ÉTAPE 11

Positionnement des parois de base : logement des X-ONE dans les plaques X-PLATE et raccordement avec boulons, écrous et rondelles.

ÉTAPE 12

Positionnement des parois d'entreplan et toiture : logement des X-ONE dans les plaques X-PLATE et raccordement avec boulons, écrous et rondelles.



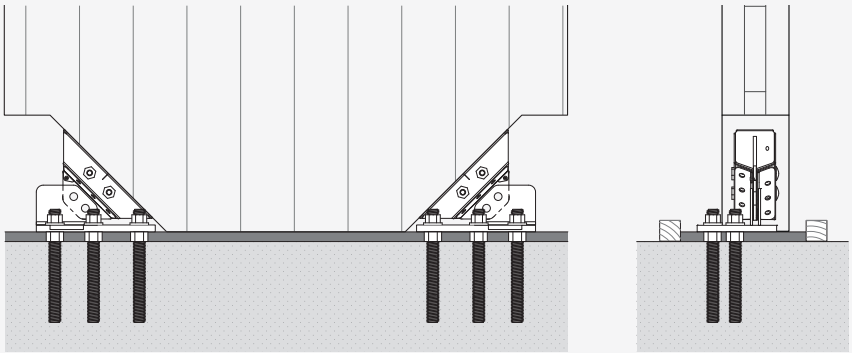
REMARQUE : Vidéos de montage du système disponibles sur le site www.rothoblaas.com.

SOLUTIONS ALTERNATIVES PERFORMANTES POUR LA FIXATION AU SOL

PLAQUES X-PLATE PRÉ-INSTALLÉES ET CHEVILLES PRÉ-ANCRÉES

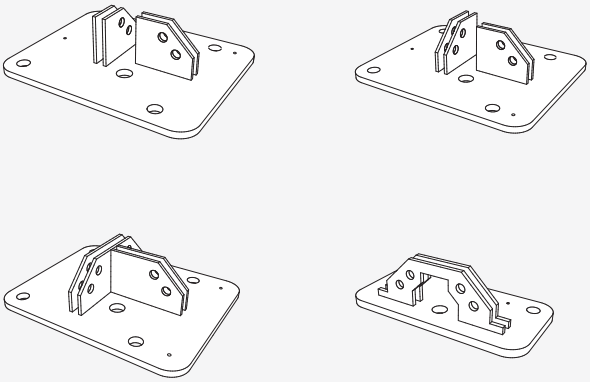
Vitesse maximale de montage et préfabrication à travers le traçage et l'installation de fixations pré-ancrées dans la coulée du radier et le montage suivant de la paroi en CLT avec les plaques X-PLATE déjà pré-assemblées aux X-ONE. Il est conseillé dans ce cas d'utiliser des contreplaques ou gabarits noyés dans la coulée pour le bon positionnement des barres d'ancrage.

Pour garantir un parfait nivellement, une bonne transmission des charges verticales et une protection contre la remontée d'humidité du plan de fondation, il est conseillé d'épaissir les parois en CLT et les plaques X-PLATE de quelques centimètres et la coulée suivante par le remplissage avec des mortiers de ciment structurels expansifs ayant un haut degré d'imperméabilité.



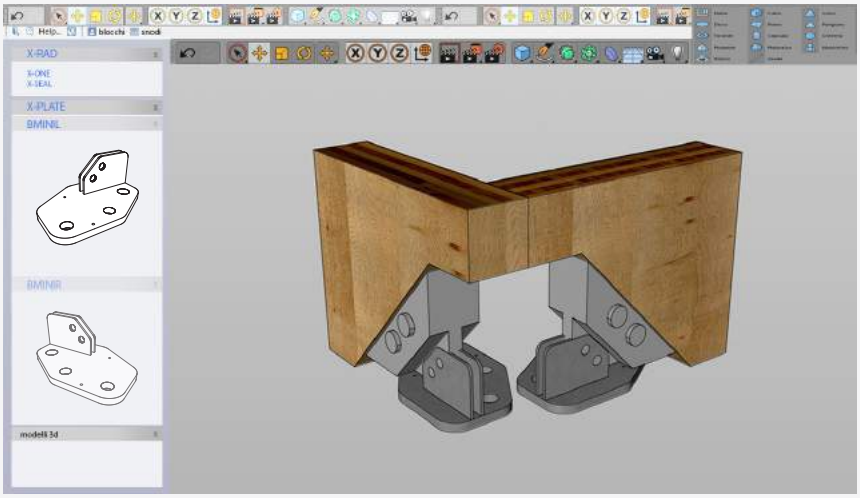
PLAQUES X-PLATE NON STANDARDS

En cas de demandes de plaques X-PLATE ayant des géométries (voir exemples ci-dessous) et des portées différentes de celles standards, contacter le bureau technique rothoblaas.



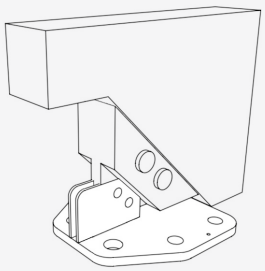
CONCEPTION DE CONSTRUCTION CAD/CAM

À l'aide des logiciels 3D CAD/CAM les plus courants, il est possible de définir automatiquement la géométrie des usinages nécessaires sur les panneaux en CLT et d'insérer automatiquement le système X-RAD au sein du modèle de structure. L'affichage de l'avant-première de l'encombrement de X-ONE et X-PLATE, leur bon positionnement et enfin la liste et le calcul des composants résultent donc immédiats.

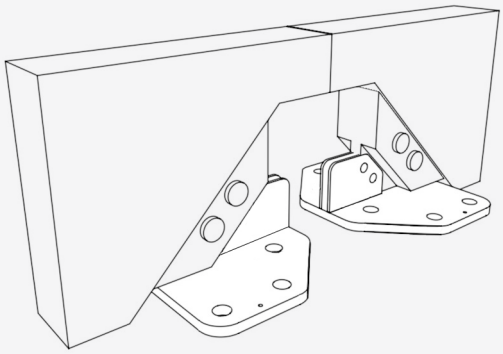


NOEUDS DE BASE

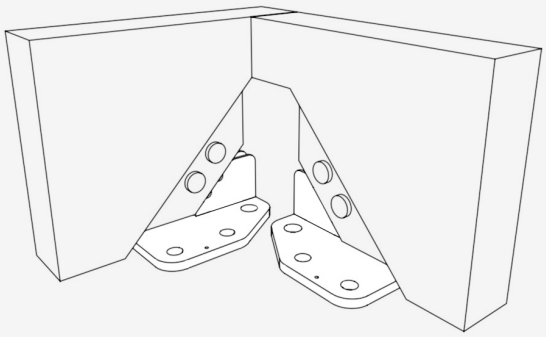
BMINI (NOEUD « O »)



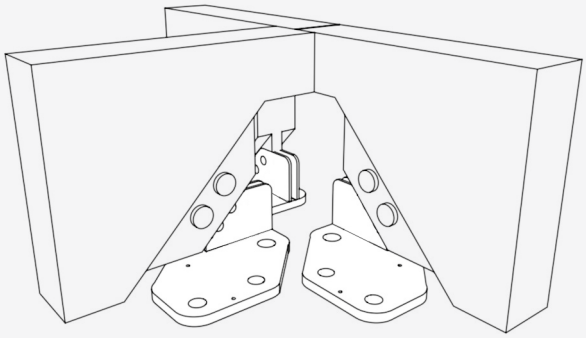
BMAXI (NOEUD « I »)



BMINIL/R (NOEUD « J »)

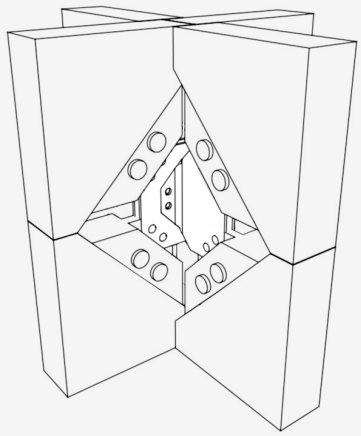


BMAXIL/R (NOEUD « T »)

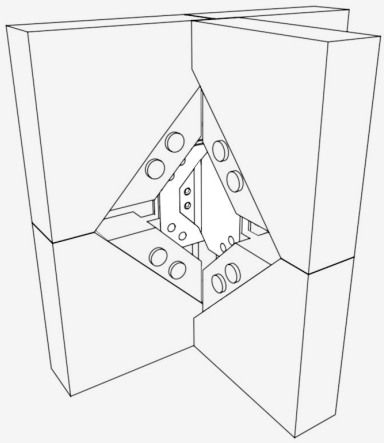


NOEUDS MID

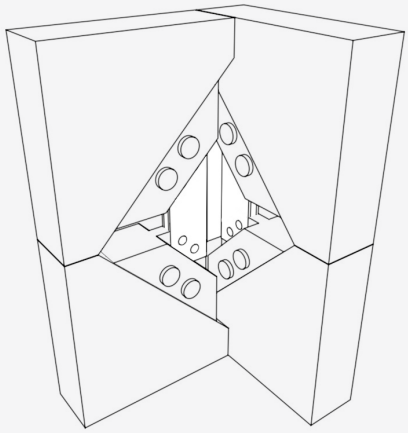
MX100



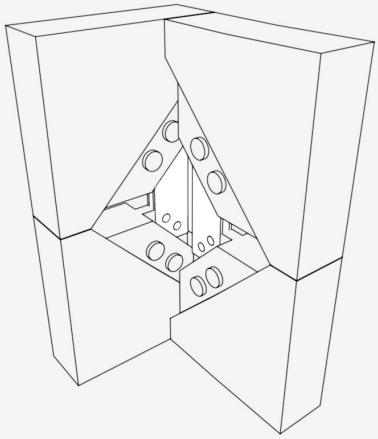
MT100



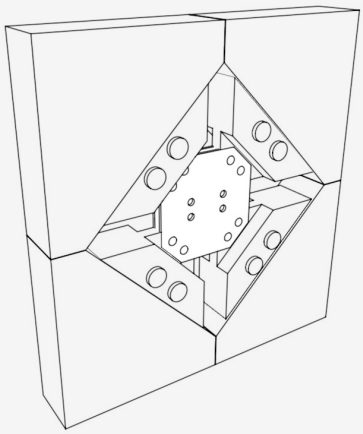
MG100



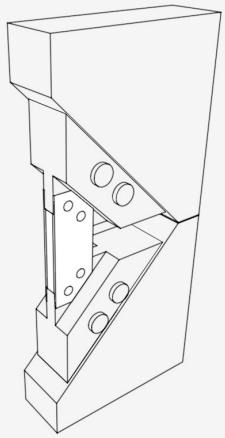
MJ100



MI100

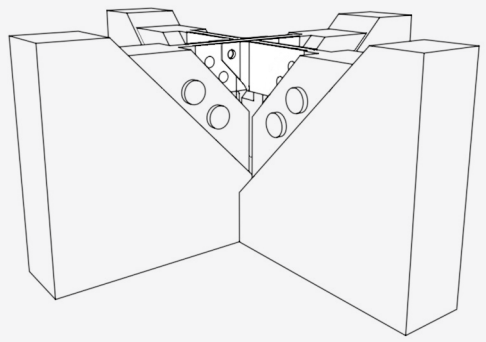


MO100

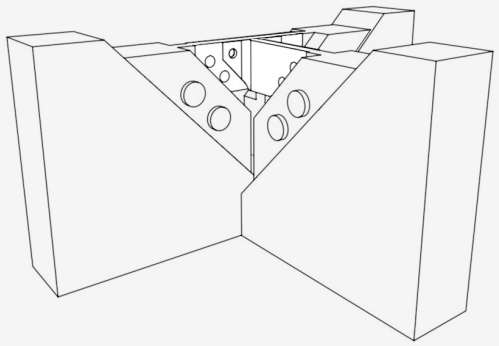


NOEUDS TOP

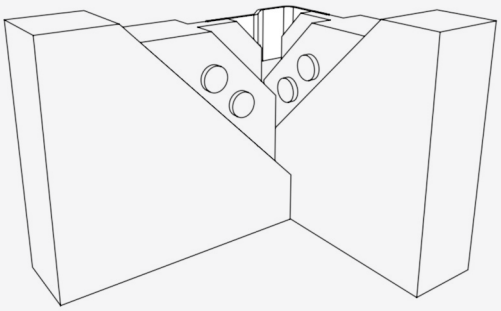
TX100



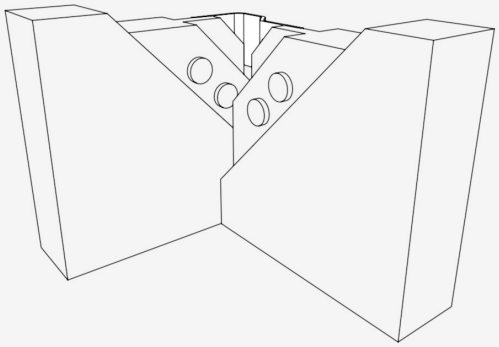
TT100



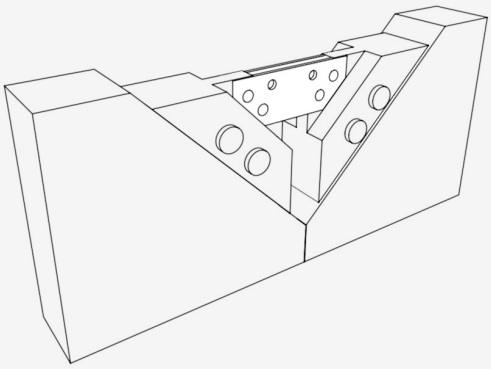
TG100

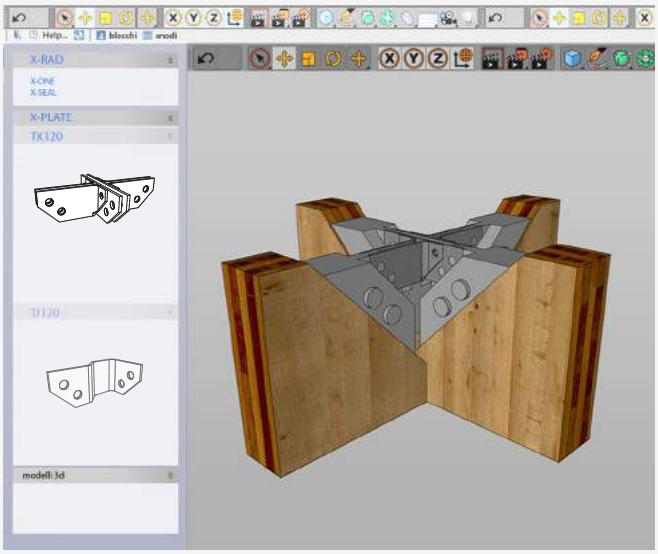


TJ100



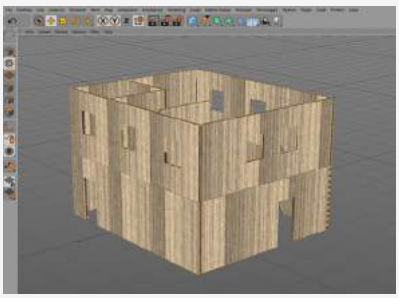
TI100



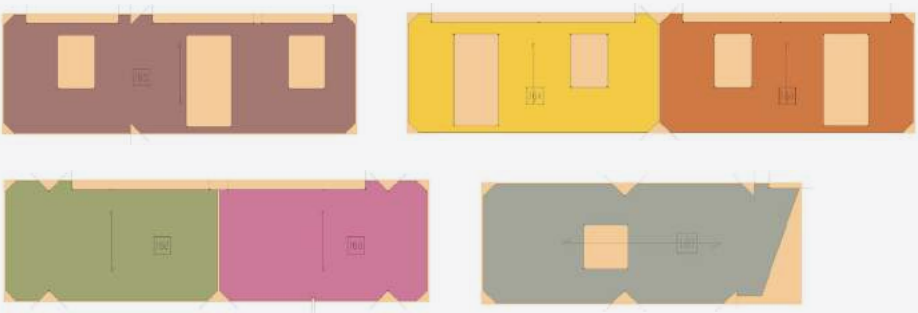


DE LA PHASE DU DESSIN DE FABRICATION À L'USINAGE DES PANNEAUX CLT

ÉTAPE 1 : MODÈLE DE LOGICIEL



ÉTAPE 2 : PHASE DE NESTING



Optimisation du panneau brut, sur lequel tous les usinages nécessaires pour les ouvertures, le logement des planchers et l'insertion des raccordements X-ONE ont déjà été identifiés.

ÉTAPE 3 : USINAGES AVEC MACHINES CNC

Opérations de découpage à l'aide d'une scie circulaire et fraise crayon pour la réalisation de la géométrie nécessaire au positionnement de l'X-ONE.

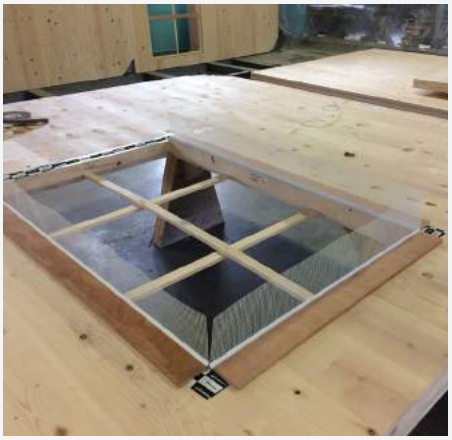
ÉTAPE 4 : PANNEAUX CLT AU TERME DES OPÉRATIONS DE DÉCOUPAGE ET USINAGE

fig. 1

fig. 2

Exemples d'usinages complets avec détail sur le découpage incliné pour le montage d'1 raccordement X-ONE (fig. 1) et sur le panneau intégral avec entaille aux angles et logement pour l'insertion du plancher (fig. 2).

POSSIBILITÉ DE PRÉFABRICATION AVANCÉE EN USINE



EXEMPLES DE RÉALISATION DE DÉTAILS DE CONSTRUCTION

Le système X-RAD est extrêmement flexible, en mesure de fournir un large éventail de solutions conceptuelles et de s'adapter à des configurations structurelles également complexes et articulées.

Raccordement de panneaux de plancher pour la réalisation de plans rigides

Demi-usinages pour l'insertion d'un simple raccordement X-ONE

Dépassement de la différence de niveau avec panneaux détachés et double raccordement X-ONE

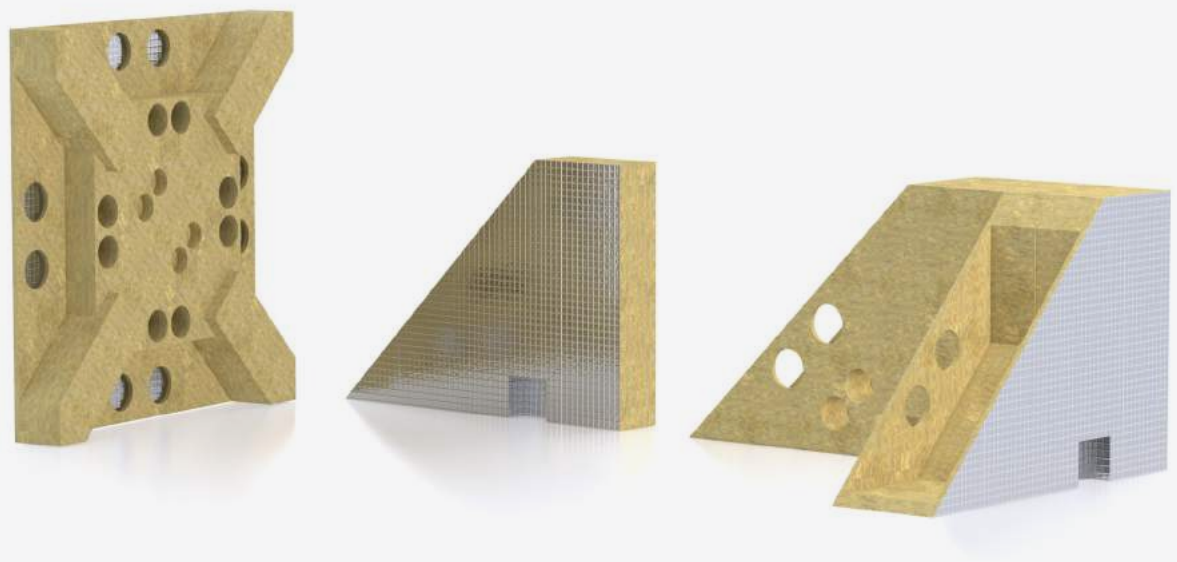
Raccordement rigide vertical entre parois frontales pour la réalisation d'une paroi unique monolithique

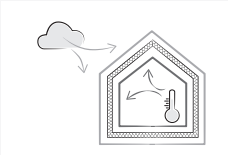
Appui continu de panneaux de toiture sans usinages spécifiques sur les parois verticales

Exemples d'usinage et disposition du raccordement X-ONE au niveau de nœuds au sol, de plancher et toiture

X-SEAL

Système complet pour l'étanchéité à l'air et le confort thermique-acoustique





CONFORT ET DURABILITÉ

La structure en laine de roche et le revêtement en aluminium assurent des performances acoustiques et hermétiques, en protégeant le cœur du système X-RAD

PRÉ-PROFILÉ

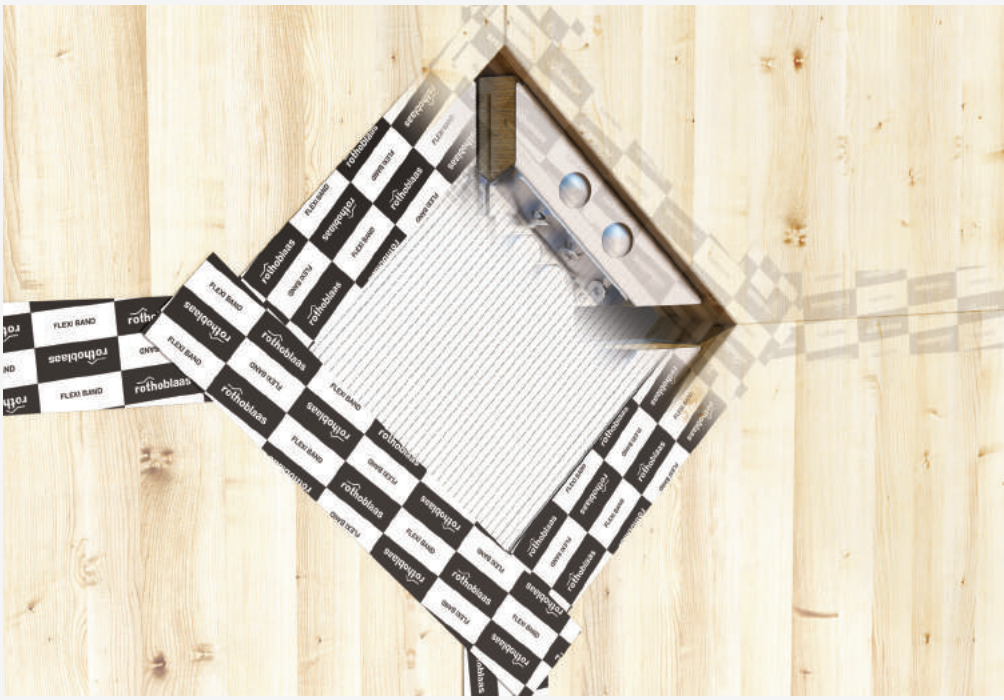
Grâce à la forme parfaitement adhérente à X-ONE et X-PLATE, la fermeture rapide du nœud de construction est optimale et ne nécessite pas de matériaux de colmatage complémentaires

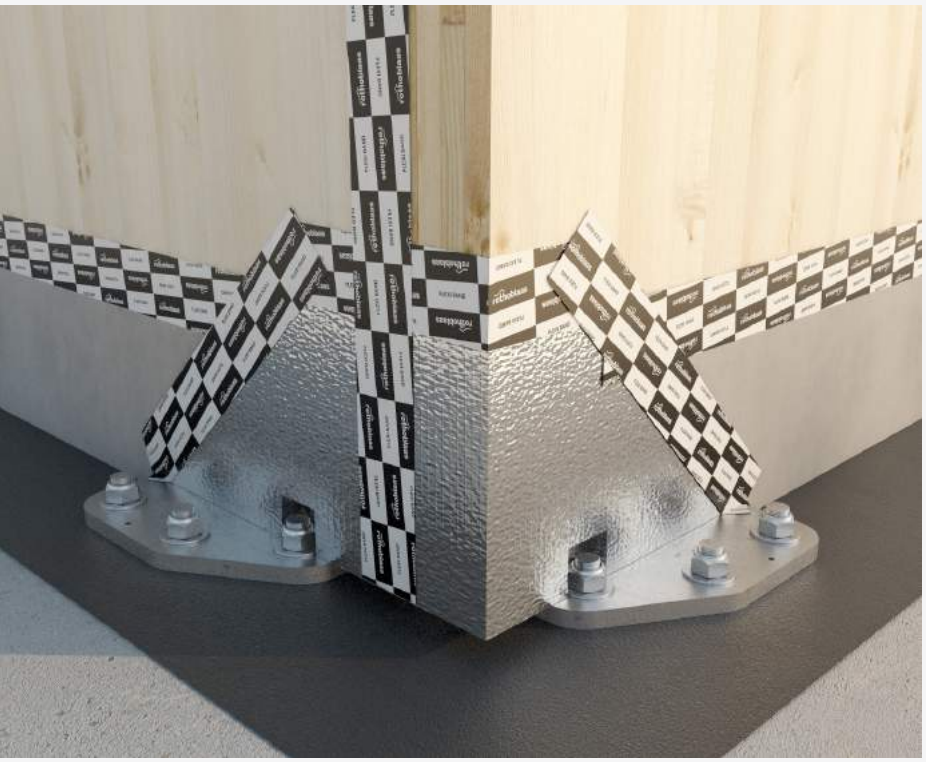
PRATIQUE

L'utilisation de X-SEAL en combinaison avec la série des rubans acryliques rothoblaas assure la rapidité de l'exécution et une parfaite étanchéité à long terme aux couches d'étanchéité à l'air et au vent

SAVIEZ-VOUS QUE ...?

X-RAD est un système innovant qui nécessite des solutions intelligentes, rapides et pratiques également pour optimiser les comportements thermo-hygrométrique et acoustique. C'est la raison pour laquelle X-SEAL a été développé, une fermeture pré-profilée qui s'adapte à la morphologie des composants X-ONE et X-PLATE. X-SEAL garantit l'étanchéité à l'air et au vent, réduit la transmission des vibrations acoustiques par voie aérienne et atténue le pont thermique ponctuel.





ISOLEMENT

La densité spécifique de la laine de roche du système X-SEAL résout très bien le pont thermique ponctuel

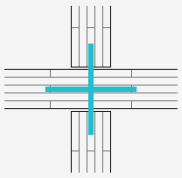
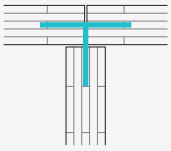
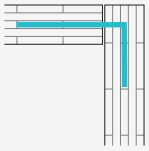
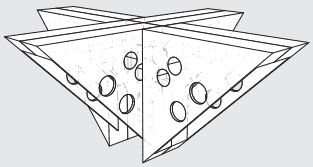
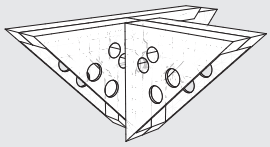
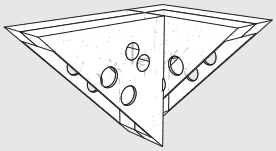
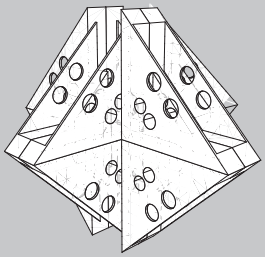
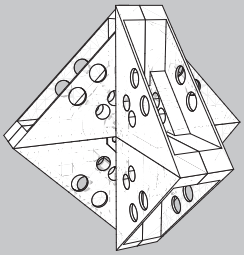
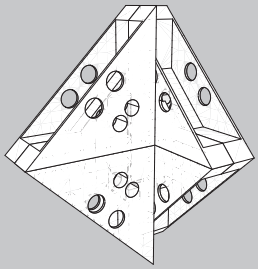
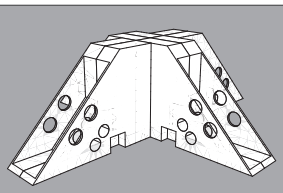
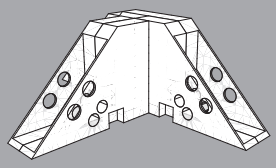
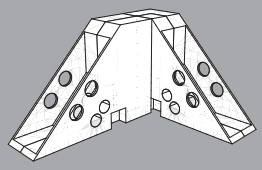
HERMÉTICITÉ

Les composants du système sont tous parfaitement pré-profilés, garantissant ainsi, avec le scellage avec des rubans acryliques, la parfaite étanchéité à l'air du nœud

PROTECTION

Au niveau de la fixation au sol, l'emploi de X-SEAL et de membranes autoadhésives de protection pour les parois en CLT, garantit une certaine durabilité à la structure

COMPOSANTS DU SYSTÈME X-SEAL

FORME X	FORME T	FORME G
		
X-SEAL TOP		
 code **XSEALTX100 / TX120 / TX140** n° 8 composants	 code **XSEALTT100 / TT120 / TT140** n° 5 composants	 code **XSEALTG100 / TG120 / TG140** n° 4 composants
X-SEAL MID		
 code **XSEALMX100 / MX120 / MX140** n° 16 composants	 code **XSEALMT100 / MT120 / MT140** n° 9 composants	 code **XSEALMG100 / MG120 / MG140** n° 6 composants
X-SEAL BASE		
 code **XSEALBX100 / BX120 / BX140** n° 8 composants	 code **XSEALBT100 / BT120 / BT140** n° 5 composants	 code **XSEALBG100 / BG120 / BG140** n° 4 composants

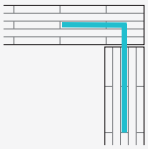
Le système X-SEAL reprend la même logique que celle des plaques X-PLATE. Chaque configuration st caractérisée et décrite par :

- NIVEAU : indique s'il s'agit du niveau de base B (BASE), entreplan M (MID) ou toiture T (TOP)
- NOEUD : indique le type du nœud (X, T, G, J, I, O)
- ÉPAISSEUR : indique l'épaisseur de panneau utilisable. Il existe trois familles d'épaisseurs standards : 100 mm - 120 mm - 140 mm. Il est possible d'utiliser toutes les épaisseurs de panneaux comprises entre 100 mm et 200 mm, en associant les composants de base pour les épaisseurs standards avec des éléments SPACER, ayant des épaisseurs comprises entre 5 et 10 mm.

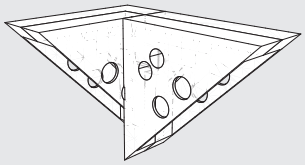
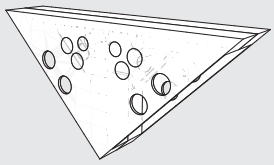
X-SEAL BASE X-SEAL MID X-SEAL TOP

MANUEL DE POSE DU SYSTÈME X-SEAL

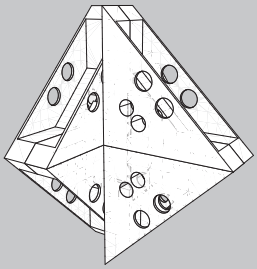
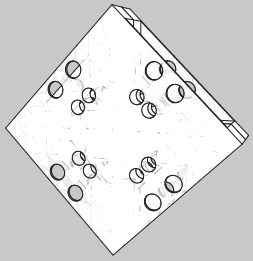
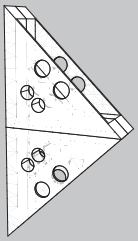
À télécharger depuis le site www.rothoblaas.com ou à travers le QR-CODE apposé sur l'emballage.

FORME J	FORME I	FORME O
		

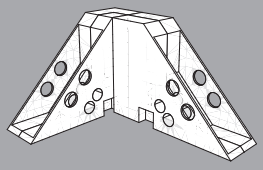
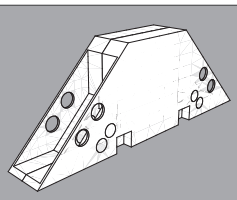
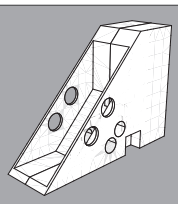
X-SEAL TOP

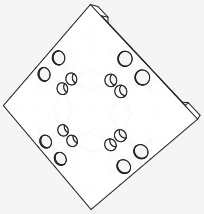
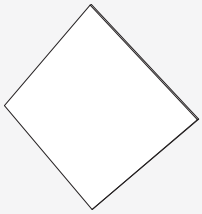
 code **XSEALTJ100 / TJ120 / TJ140** n° 4 composants	 code **XSEALTI100 / TI120 / TI140** n° 2 composants	

X-SEAL MID

 code **XSEALMJ100 / MJ120 / MJ140** n° 6 composants	 code **XSEALMI100 / MI120 / MI140** n° 3 composants	 code **XSEALMO100 / MO120 / MO140** n° 3 composants

X-SEAL BASE

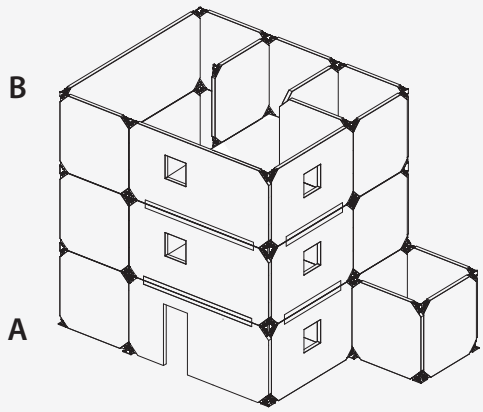
 code **XSEALBJ100 / BJ120 / BJ140** n° 4 composants	 code **XSEALBI100 / BI120 / BI140** n° 2 composants	 code **XSEALBO100 / BO120 / BO140** n° 2 composants

X-SEAL SPARE 50 / 60 / 70	X-SEAL SPACER 5 / 10
 code **XSEALSPARE50 / 60 / 70**	 code **XSEALSPACER5 / 10**

REMARQUES : Au moyen des éléments X-SEAL SPARE, ayant des épaisseurs égales à 50 - 60 - 70 mm, il est possible d'obtenir tous les composants du système X-SEAL.
LES composants X-SEAL MID appartenant aux parois du plan inférieur doivent toujours être montés avant la pose des panneaux de plancher.

COMPORTEMENT THERMO-HYGROMÉTRIQUE

L'analyse thermique du système X-RAD est effectuée afin de quantifier et de vérifier le pont thermique associable à l'élément ponctuel pour le rendre utilisable à l'intérieur du calcul thermique de performance de l'édifice.
Les conditions les plus défavorables sur lesquelles doivent se concentrer l'étude et le contrôle sont la fixation au sol de l'élément BASE G à proximité de l'angle **(A)** et le nœud de la fixation du mur et du plancher de la couverture, TOP G **(B)**.
L'étude est exécutée au moyen du modèle FEM - 3D en se servant du logiciel de calcul Psi-Therm 3D.
Une vue d'ensemble de l'étude est présentée ci-dessous avec quelques résultats obtenus.
Pour obtenir le rapport complet de l'étude ou avoir d'autres informations, contacter le bureau technique de rothoblaas.



La stratigraphie de référence considérée représente une situation standard qui pourrait se présenter dans les travaux de bâtiment actuels. La simulation en 3D du pont thermique est effectuée avec X-RAD dans la configuration sans X-SEAL et avec X-SEAL.
L'image **(fig. 1)** permet d'observer l'ensemble de la construction et les matériaux considérés.
Le choix des matériaux spécifiques permet de contextualiser les contrôles et il n'exclut pas l'utilisation de produits différents.
Il est possible de se référer au rapport d'essai complet pour évaluer les différents choix d'exécution.

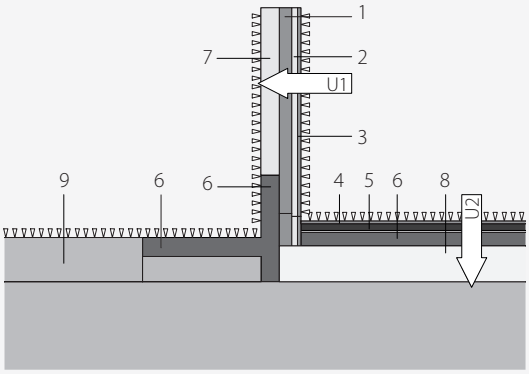
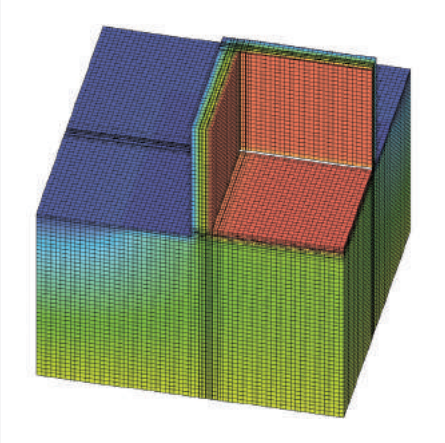


fig. 1



1. CLT 10 cm
2. Isolant fibre de bois 5 cm
3. Placoplâtre
4. Sol en bois
5. Chape en béton
6. Polystyrène XPS extrudé 12 cm
7. Isolant fibre de bois 12 cm
8. Béton
9. Terrain

Les simulations thermiques sont menées en variant les épaisseurs d'isolant (12 cm, 16 cm et 24 cm), en essayant de trouver les valeurs susceptibles d'identifier, dans les grandes lignes, les possibles classes énergétiques et les performances respectives.
Les simulations sont effectuées dans 3 contextes climatiques différents qui reflètent les conditions climatiques les plus fréquentes dans la zone tempérée boréale et australe, en se référant à la température moyenne minimale du mois le plus froid (Te).

L'analyse a fourni différentes données et informations, dont les isothermes, la valeur X (Chi) et la valeur fRsi.

- X (Chi) représente le flux thermique complémentaire du pont thermique tridimensionnel par rapport à la transmittance des éléments de construction impliqués et les ponts thermiques bidimensionnels des fixations entre eux. La valeur est universelle et indépendante des données climatiques, Toutefois, elle subit l'effet de l'isolation des éléments de construction (voir le rapport final conservé au bureau technique de rothoblaas).
  Norme de référence : EN 10211
- fRsi représente l'instrument universel pour le calcul de la température superficielle intérieure Tsi dans n'importe quel lieu. Alors que le fRsi est universel pour le nœud calculé, la température superficielle intérieure dépend du climat extérieur. À travers la Tsimin, il est possible d' évaluer le risque de moisissure et de condensation.
  Norme de référence : EN 13788

NOEUD 1 : FIXATION AU SOL

coefficient	description	valeur
X Chi (16 cm)	flux thermique	- 0,330 W/nœud
fRsi (Te = - 5 °C)	facteur de température	0,801

Nœud 1 flux thermique : valeur Chi

isolant	transmittance de la paroi	valeur
12 + 5 cm	0,190 W/m²K	- 0,380 W/nœud
16 + 5 cm	0,160 W/m²K	- 0,330 W/nœud
24 + 5 cm	0,121 W/m²K	- 0,260 W/nœud

Nœud 1 risque de moisissure : Tsi

température (te)	Tsi isolante 12 cm	Tsi isolante 16 cm	Tsi isolante 24 cm
fRsi-average	*0,801*	*0,811*	*0,824*
- 5,0 °C	15,2 °C	15,5 °C	15,8 °C
0,0 °C	16,0 °C	16,2 °C	16,5 °C
5,0 °C	16,8 °C	16,9 °C	17,1 °C

NOEUD 1 : FIXATION PLANCHER - TOIT

coefficient	description	valeur
X Chi (16 cm)	flux thermique	- 0,142 W/nœud
fRsi (Te = - 5 °C)	facteur de température	0,744

Nœud 1 flux thermique : valeur Chi

isolant	transmittance de la paroi	valeur
12 + 5 cm	0,190 W/m²K	- 0,380 W/nœud
16 + 5 cm	0,160 W/m²K	- 0,330 W/nœud
24 + 5 cm	0,121 W/m²K	- 0,260 W/nœud

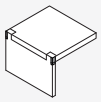
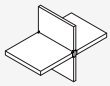
Nœud 1 risque de moisissure : Tsi

température (te)	Tsi isolante 12 cm	Tsi isolante 16 cm	Tsi isolante 24 cm
fRsi-average	*0,744*	*0,766*	*0,800*
- 5,0 °C	13,6 °C	14,1 °C	15,0 °C
0,0 °C	14,9 °C	15,3 °C	16,0 °C
5,0 °C	16,2 °C	16,5 °C	17,0 °C

COMPORTEMENT ACOUSTIQUE

Avec X-RAD, les nœuds structurels se concentrent dans des points uniques et distincts. Concernant l'acoustique, une étude ciblée et calibrée au sein du Flanksound Project sur ce nouveau concept de construction a été effectuée afin d'atteindre la caractérisation acoustique des nœuds structurels réalisés avec X-RAD.
Rothoblaas a donc promu une recherche visant au mesurage de l'indice de réduction des vibrations K_{ij} pour une variété d'assemblages entre panneaux en CLT, ayant pour objectif aussi bien de fournir des données expérimentales spécifiques pour la conception acoustique d'édifices en CLT que de contribuer au développement des méthodes de calcul.
Les mesurages de l'indice de réduction des vibrations ont été effectués conformément à la EN ISO 10848. Pour toute information supplémentaire et approfondissement sur le projet et sur les méthodes de mesure, consulter la section « Catalogues / Acoustique » sur le site www.rothoblaas.com. X-SEAL inhibe la transmission acoustique directe par voie aérienne provoquée par le « vidage » de la masse du nœud due à la découpe à 45° sur le panneau en CLT.

RÉSUMÉ DES CONFIGURATIONS TESTÉES AU SEIN DU FLANKSOUND PROJECT

		SCHÉMA DE FIXATION						ISOLATION ACOUSTIQUE			
	DÉTAIL	X-PLATE BASE T	X-PLATE TOP T	X-PLATE BASE X	X-PLATE TOP X	X-PLATE BASE O	X-PLATE MID O	CONSTRUCTION SEALING	XYLOFON	ALADIN STRIPE	TITAN SILENT
	45	●	●	-	-	-	-	-	-	-	-
	46	-	-	●	●	-	-	-	-	-	-
	47	-	-	-	-	●	-	-	-	-	-
	48	-	-	-	-	●	-	-	●	●	-
	49	-	-	-	-	●	●	-	-	-	-
	50	-	-	-	-	●	●	-	●	-	-
	51	-	-	-	-	●	●	-	-	-	-
	52	-	-	-	-	●	●	-	●	-	-

LÉGENDE

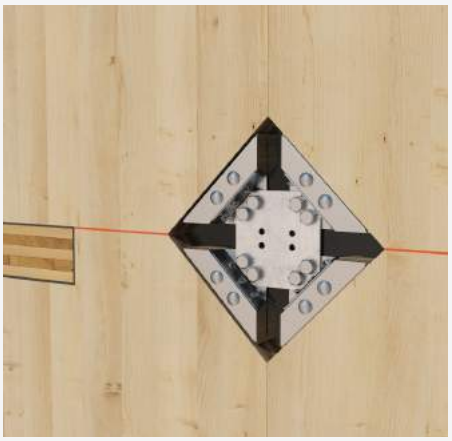
Données estimées à partir des mesures expérimentales

POUR DES PLUS AMPLES INFORMATIONS

- A. Speranza, L. Barbaresi, F. Morandi, "*Experimental analysis of flanking transmission of different connection systems for CLT panels*" in Proceedings of the World Conference on Timber Engineering 2016, Vienna, August 2016.
- L. Barbaresi, F. Morandi, M. Garai, A. Speranza, "*Experimental measurements of flanking transmission in CLT structures*" in Proceedings of the International Congress on Acoustics 2016, Buenos Aires, September 2016.
- L. Barbaresi, F. Morandi, M. Garai, A. Speranza, "*Experimental analysis of flanking transmission in CLT structures*" of Meetings on Acoustics (POMA), a serial publication of the Acoustical Society of America - POMA-D-17-00015.

ATTENTION AUX DÉTAILS

Grâce à l'emplacement précis des nœuds structurels aux sommets des parois en CLT, X-RAD fait en sorte qu'il n'y ait pas d'interposition des planchers entre les parois. Cela comporte des avantages importants en matière d'acoustique, qui augmentent avec l'adoption de profils prévus à cet effet, en prévoyant les interstices indiqués sur la fig. 1.



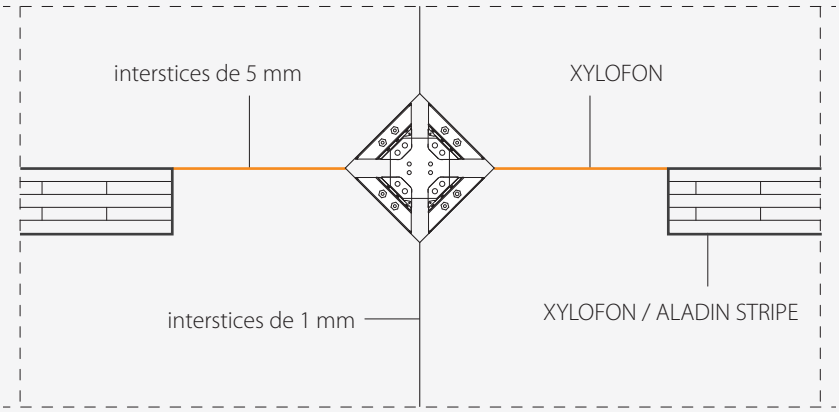


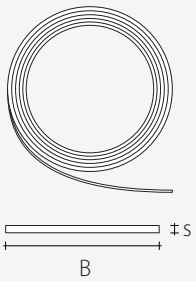
fig. 1

Il est toujours conseillé d'interposer entre les parois et planchers les profils acoustiques suivants :

- **profils acoustiques résilients en PUR : XYLOFON** (fig. 1)
  Fermeture hermétique de la fixation entre les éléments structurels et amortissement des vibrations sonores indépendamment de la charge statique ou dynamique appliquée, en conservant une grande élasticité et des performances au fil du temps.
- **profils acoustiques résilients en EPDM : ALADIN STRIPE** (fig.1)
  Fermeture hermétique de la fixation entre les éléments structurels et amortissement des vibrations acoustiques entre le plancher -et la paroi. La couche résiliente qui se crée amortit l'onde sonore qui, autrement, serait transmise verticalement ou horizontalement par la structure.

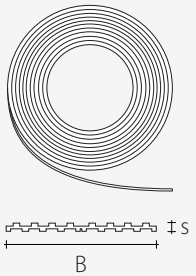
Tous ces matériaux doivent être prévus lors de la préparation du plan et la découpe des panneaux.

XYLOFON



code	ex code	version	B [mm]	L [m]	s [mm]	pcs/cond
XYL35100	D82411	**35**	100	3,66	6	1
XYL50100	D82412	**50**	100	3,66	6	1
XYL70100	D82413	**70**	100	3,66	6	1
XYL80100	D82414	**80**	100	3,66	6	1
XYL90120	D82415	**90**	120	3,66	6	1

ALADIN STRIPE



code	ex code	version	B [mm]	L [m]	s [mm]	pcs/cond
ALADIN95	D82113	soft	95	50	5	1
ALADIN115	D82123	extra soft	115	50	7	1

FLANKSOUND PROJECT: ANALYSE DU COMPORTEMENT ACOUSTIQUE DE STRUCTURES EN CLT AVEC RACCORDEMENTS X-RAD

ASSEMBLAGES PAROI - PAROI

DÉTAIL 45 | ASSEMBLAGE EN T VERTICAL

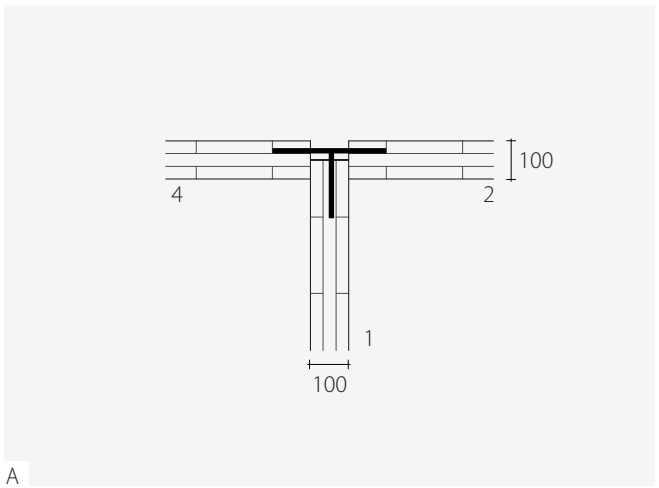
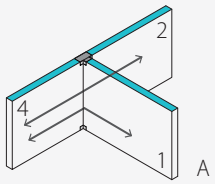


SCHÉMA DE FIXATION

X-PLATE BASE T, X-PLATE TOP T

PROFIL RÉSILIENT

non



Fréquence (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	$AVG_{200-1250}$
K_{14} (dB)	10.2	7.0	8.1	6.4	6.4	5.1	6.7	7.6	7.3	7.9	8.2	9.7	12.7	12.9	12.6	15.5	**7.3**
K_{24} (dB)	15.7	16.0	13.6	6.5	6.4	8.8	9.5	15.2	18.4	17.7	20.2	18.9	24.7	24.7	23.4	28.5	**13.5**

DÉTAIL 46 | ASSEMBLAGE EN X VERTICAL

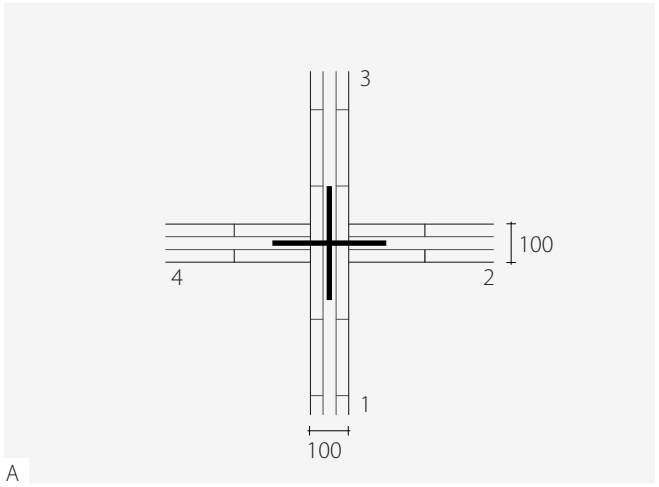
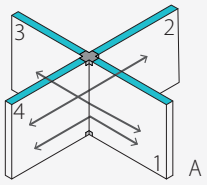


SCHÉMA DE FIXATION

X-PLATE BASE X, X-PLATE TOP X

PROFIL RÉSILIENT

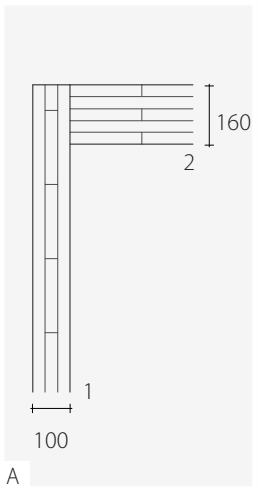
non



Fréquence (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	$AVG_{200-1250}$
K_{14} (dB)	12.7	11.4	10.2	8.5	8.5	7.0	8.1	10.7	11.5	9.5	11.1	12.5	15.8	17.5	17.5	21.6	**9.7**
K_{24} (dB)	18.9	12.0	13.3	9.7	8.7	8.8	6.6	11.1	13.1	11.7	13.4	12.6	13.8	14.4	12.4	16.9	**10.6**
K_{13} (dB)	15.0	13.7	13.6	12.0	11.8	9.3	8.2	12.6	15.4	13.3	12.6	13.2	19.0	21.6	24.0	31.4	**12.0**

ASSEMBLAGES PAROI - PLANCHER

DÉTAIL 47 | ASSEMBLAGE EN L HORIZONTAL



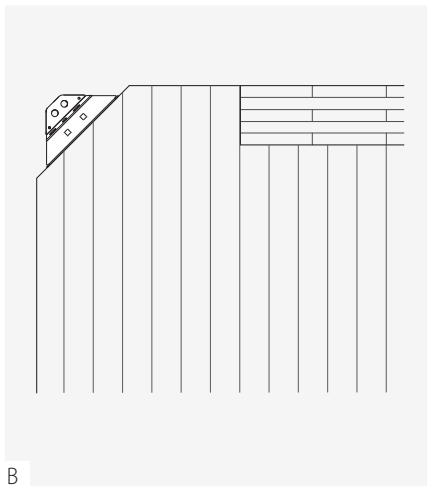
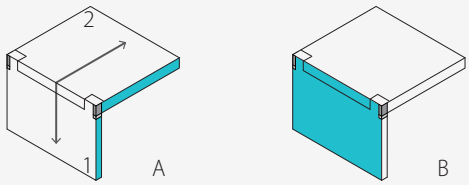


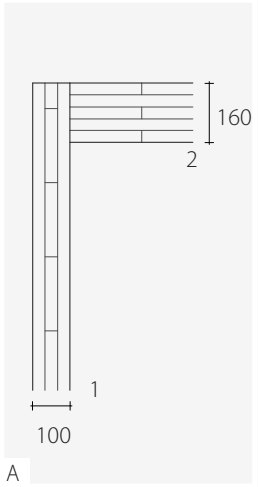
SCHÉMA DE FIXATION
X-PLATE BASE O

PROFIL RÉSILIENT
non



Fréquence (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	$AVG_{200-1250}$
K_{12} (dB)	13.1	13.8	14.2	10.6	11.6	12.8	12.2	10.6	12.2	9.7	8.1	11.2	9.9	10.2	11.2	13.5	**11.0**

DÉTAIL 48 | ASSEMBLAGE EN L HORIZONTAL



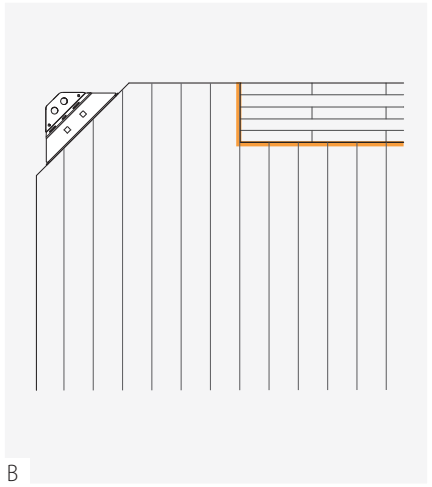
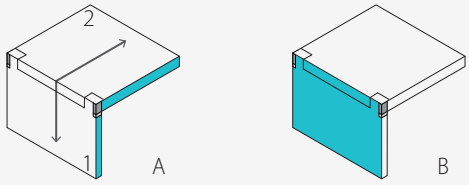


SCHÉMA DE FIXATION
X-PLATE BASE O

PROFIL RÉSILIENT
XYLOFON*, ALADIN STRIPE**



Fréquence (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	$AVG_{200-1250}$
K_{12} (dB) *	12.0	14.6	11.8	13.2	12.8	15.2	15.9	14.9	15.7	15.9	13.9	12.6	16.2	18.5	17.8	17.5	**14.4**
K_{12} (dB) **	16.3	13.7	14.4	13.8	13.4	12.7	11.4	10.0	13.3	14.3	13.3	14.3	15.9	13.9	16.2	21.9	**13.0**

ASSEMBLAGES PAROI - PLANCHER

DÉTAIL 49 | ASSEMBLAGE EN T HORIZONTAL

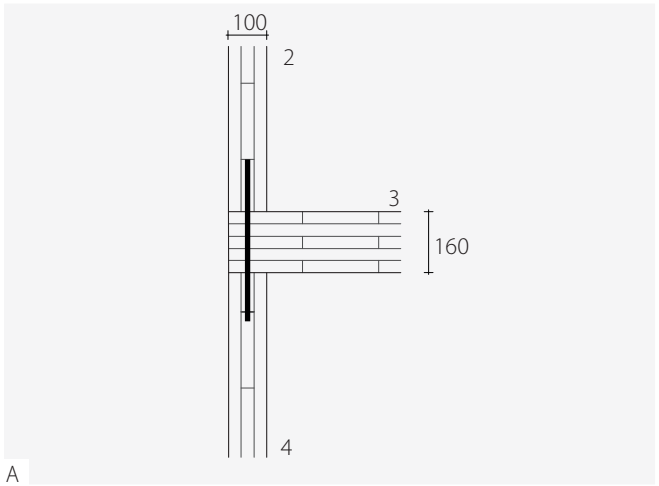
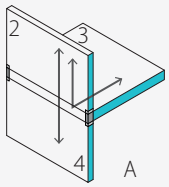


SCHÉMA DE FIXATION

X-PLATE BASE O, X-PLATE MID O

PROFIL RÉSILIENT

non



Fréquence (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	$AVG_{200-1250}$
K_{23} (dB)	17.2	13.0	13.1	10.4	9.5	7.1	7.7	7.6	8.3	9.9	11.3	13.7	17.8	18.9	19.6	23.5	**9.5**
K_{24} (dB)	24.2	20.0	20.1	17.4	16.5	14.1	14.7	14.6	15.3	16.9	18.3	20.7	24.8	25.9	26.6	30.5	**16.5**

DÉTAIL 50 | ASSEMBLAGE EN T HORIZONTAL

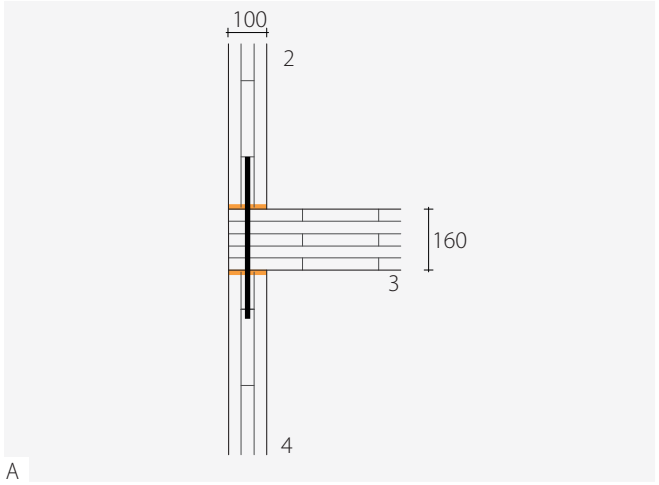
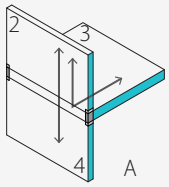


SCHÉMA DE FIXATION

X-PLATE BASE O, X-PLATE MID O

PROFIL RÉSILIENT

XYLOFON



Fréquence (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	$AVG_{200-1250}$
K_{23} (dB)	16.0	13.8	10.7	13.0	10.6	9.5	11.4	11.9	11.9	16.1	17.1	15.0	24.1	27.2	26.3	27.4	**12.9**
K_{24} (dB)	23.0	20.8	17.7	20.0	17.6	16.5	18.4	18.9	18.9	23.1	24.1	22.0	31.1	34.2	33.3	34.4	**19.9**

ASSEMBLAGES PAROI - PLANCHER

DÉTAIL 51 | ASSEMBLAGE EN X HORIZONTAL

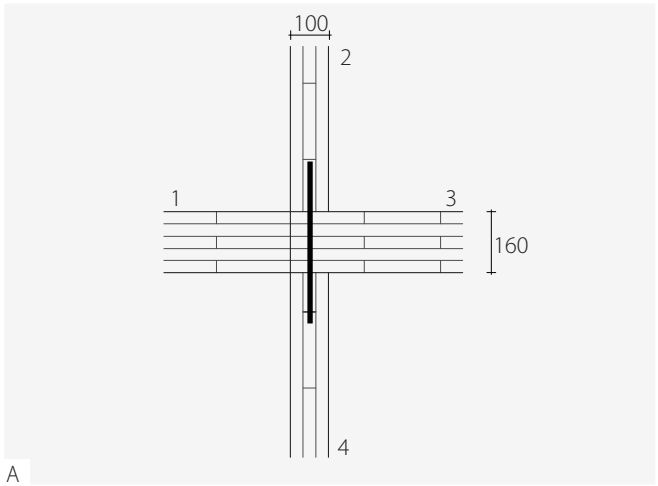
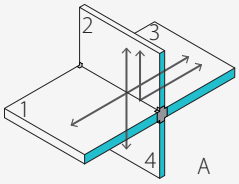


SCHÉMA DE FIXATION

X-PLATE BASE O, X-PLATE MID O

PROFIL RÉSILIENT

non



Fréquence (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	AVG
K_{23} (dB)	19.7	17.4	15.1	12.4	11.5	9.0	9.1	10.7	12.5	11.6	14.1	16.5	20.8	23.5	24.5	29.6	**11.9**
K_{13} (dB)	13.0	11.7	11.5	10.0	9.7	7.2	6.2	10.6	13.4	11.3	10.6	11.1	17.0	19.6	22.0	29.3	**10.0**
K_{24} (dB)	19.9	13.0	14.3	10.7	9.7	9.8	7.6	12.1	14.1	12.7	14.4	13.6	14.8	15.4	13.4	17.9	**11.6**

DÉTAIL 52 | ASSEMBLAGE EN X HORIZONTAL

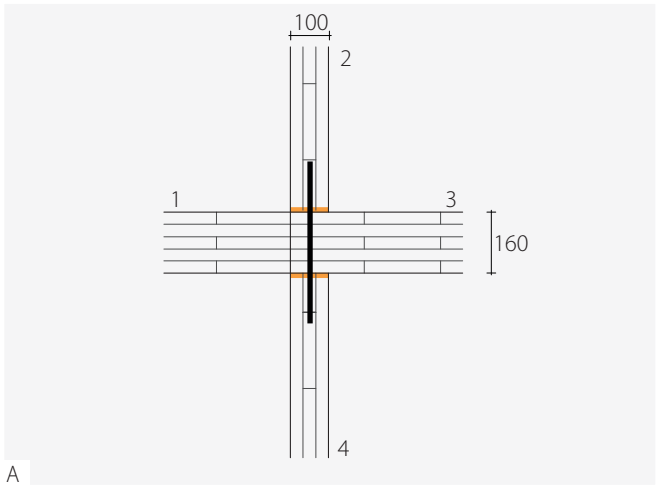
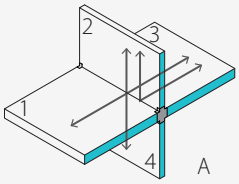


SCHÉMA DE FIXATION

X-PLATE BASE O, X-PLATE MID O

PROFIL RÉSILIENT

XYLOFON



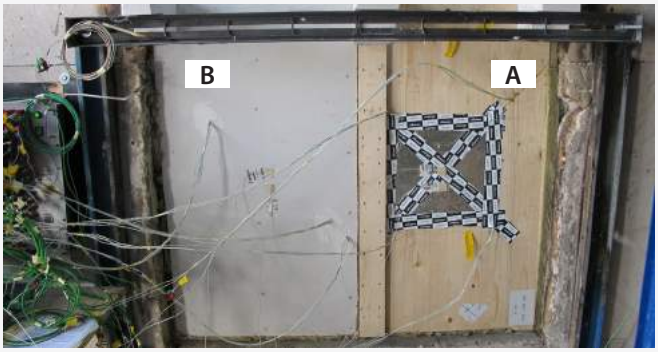
Fréquence (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	AVG
K_{23} (dB)	18.6	18.2	12.7	15.1	12.7	11.4	12.8	15.1	16.0	17.8	19.9	17.8	27.1	31.8	31.1	33.5	**15.4**
K_{13} (dB)	13.0	11.7	11.5	10.0	9.7	7.2	6.2	10.6	13.4	11.3	10.6	11.1	17.0	19.6	22.0	29.3	**10.0**
K_{24} (dB)	18.8	13.8	11.9	13.4	10.8	12.2	11.3	16.4	17.7	18.9	20.2	15.0	21.2	23.7	20.1	21.8	**15.1**

COMPORTEMENT AU FEU DU RACCORDEMENT X-RAD AVEC PROTECTION X-SEAL

Le système X-RAD prévoit le positionnement dans l'axe à la paroi du raccordement structurel, composé de X-ONE et X-PLATE. Cela permet aux composants du système X-SEAL, parfaitement pré-profilés d'adhérer aux composants métalliques du raccordement, en garantissant une herméticité et un isolement thermo-acoustique. Afin de comprendre le comportement au feu de ce système et vérifier le degré de protection au feu offert par les composants X-SEAL au système X-RAD, un programme de recherche a été lancé auprès de l'**Université Technique de Munich (TUM)**.

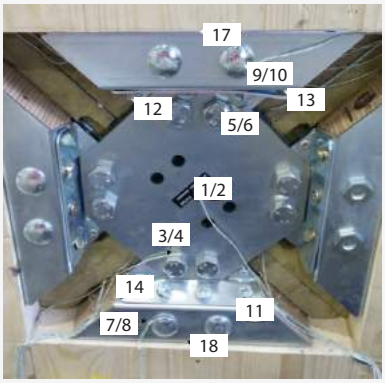
Au cours de cette phase, un nœud d'entreplan MI, équipé de ONE, X-PLATE et X-SEAL et scellage correspondant avec un ruban acrylique, assemblé à l'intérieur d'un panneau CLT à 5 couches, a été étudié. Deux types différents d'échantillon ont été soumis à des tests :

- paroi structurelle avec système X-RAD sans aucun revêtement côté incendie (A)
- paroi structurelle avec système X-RAD revêtue avec des plaques en plâtre revêtu type A selon DIN EN520 montées en adhérence (B)



Disposition des thermocouples sur les surfaces des échantillons

Montage des composants X-SEAL

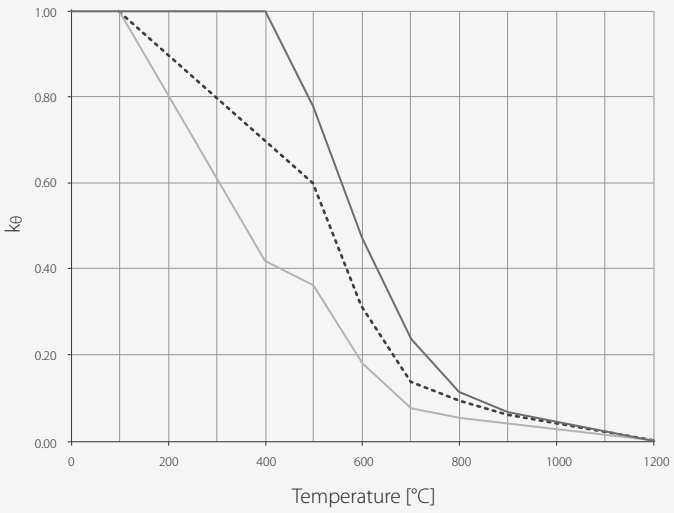


Disposition des thermocouples sur X-ONE et X-PLATE

Pour contrôler l'évolution des températures durant le test, des thermocouples ont été installés au niveau de :

- la surface externe plaque centrale MI
- la surface latérale et supérieure X-ONE
- la tête des vis VGS du connecteur X-ONE
- la tête externe des boulons du connecteur X-ONE
- la surface de tête de l'insert en LVL du connecteur X-ONE

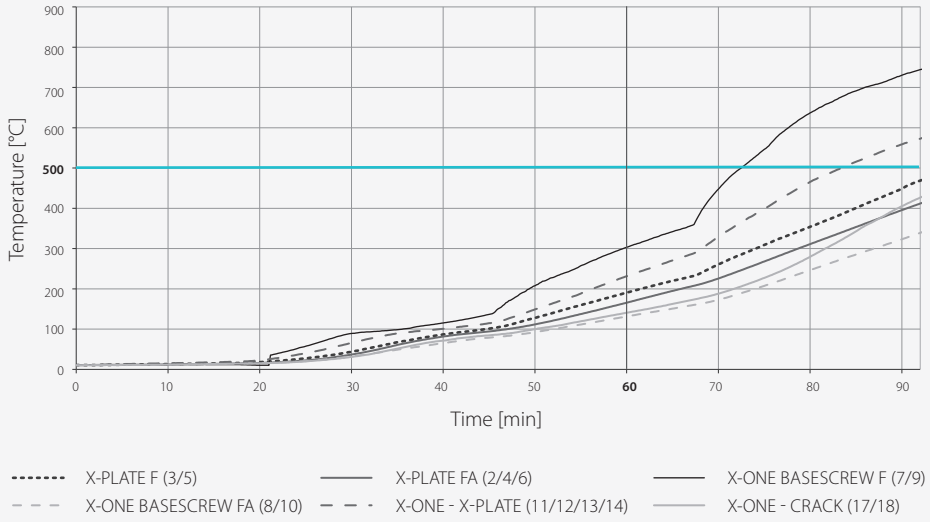
Le test a été réalisé conformément à la norme européenne EN 1363-1, qui spécifie les principes généraux pour déterminer la résistance au feu de différents éléments de fabrication soumis à des conditions normalisées d'exposition au feu.



À ce propos, il peut être utile de rappeler la déchéance des caractéristiques mécaniques de l'acier en cas d'augmentation de la température, comme décrit par l'Eurocode EN 1993:1-2. En particulier, on remarque une sensible réduction de la tension d'élasticité du module élastique et de la limite de proportionnalité, dépassés les 400°C. Atteints les 500°C, la tension d'élasticité s'est réduite de 20 % et le module élastique de 40 %. Cette valeur de température sera considérée comme valeur de référence durant le test.

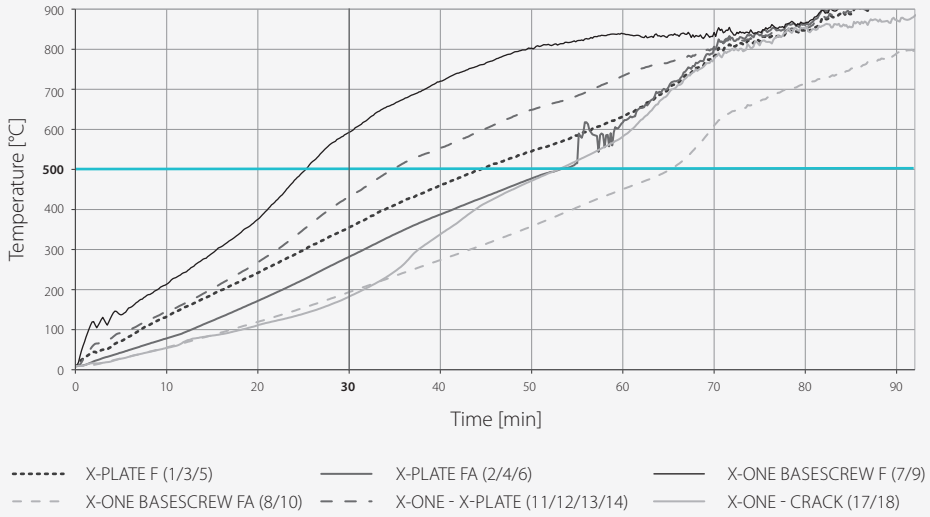
- tension d'élasticité $k_{y,\theta} = f_{y,\theta} / f_y$
- module élastique $k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a$
- limite de proportionnalité $k_{p,\theta} = f_{p,\theta} / f_y$

Évolution des températures moyennes enregistrées dans l'échantillon (B) revêtu (côté exposé au feu)



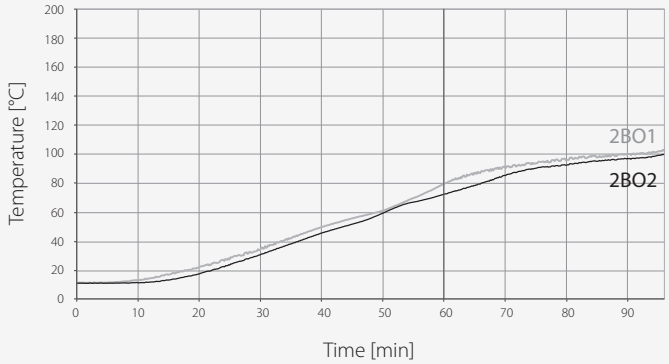
L'analyse des résultats met en évidence comment tous les composants du système X-RAD maintiennent une **T° inférieure à 500°C jusqu'à plus de 60 min**, en montrant donc un excellent comportement au feu, grâce à la protection offerte par le système X-SEAL et par les plaques en plâtre revêtu

Évolution des températures moyennes enregistrées dans l'échantillon (A) non revêtu (côté exposé au feu)



L'analyse des résultats met en évidence comment une bonne partie des composants du système X-RAD (sauf les parties les plus externes de X-ONE) maintiennent une **T° inférieure à 500°C pendant au moins 30 min**, en montrant quoi qu'il en soit un bon comportement au feu, grâce à la protection offerte par le système X-SEAL

Évolution des températures moyennes enregistrées dans l'échantillon (A) non revêtu (côté non exposé au feu)



Il convient de souligner la différence notable de T° enregistrée à **t = 60 min** entre le côté opposé au feu (T° ≈ 600°C) et celui non exposé **(T° ≈ 80°C)**

Comportement au feu du système X-RAD en chambre d'essai (échantillon A non revêtu)

t = 24 min

t = 101 min

REMARQUES

REMARQUES

e-mail : support-xrad@rothoblaas.com

Les quantités d'emballage peuvent varier. La société décline toute responsabilité en cas d'erreurs d'impression, de données techniques et de traductions erronées.

Illustrations partiellement achevées avec accessoires non inclus. Images à titre indicatif.

Le présent catalogue est la propriété exclusive de Rotho Blaas srl et ne peut être copié, reproduit ou publié, même partiellement, sans autorisation préalable écrite. Toute violation fait l'objet de poursuites en justice.

Les valeurs fournies doivent être vérifiées par le concepteur responsable.

Tous droits réservés.
Copyright © 2017 by rothoblaas

rothoblaas

Rotho Blaas srl - I-39040 Cortaccia (BZ) - Via Dell'Adige 2/1

Tel. +39 0471 81 84 00 - Fax +39 0471 81 84 84

info@rothoblaas.com - www.rothoblaas.com

801XRAD2FR

8 058776 178951

07_2017