TS3 Pour les projets d'envergure en bois

À vos piliers, prêts, plaquez !

Construire de manière rapide et écologique grâce à la technologie TS3 – Trame de poteaux de huit mètres sur huit

Fiche technique d'exécution

TS3
Timber Structures 3.0

Sommaire

1 Description générale 4
1.1 Qu’est-ce que TS3 ? 4
1.2 Domaines d’application 5

2 Ingénierie et planification 7
2.1 Comportement au feu 7
2.2 Isolation acoustique 7
2.3 Transmission verticale des charges 8
2.4 Coûts et appel d’offres 9

3 Processus de construction et détails 10
3.1 Brève description 10
3.2 Géométrie 11
3.3 Perforations de remplissage 12
3,4 Mesures à prendre pour les travaux hivernaux 12
3.5 Modèle de licence 12
3.6 Assurance qualité 13
3.7 Éléments de construction complémentaires 13
3.8 Processus de construction 14
3.9 Étapes de processus et responsabilités 15

4 Économie circulaire 16

5 Résine de coulée 17
5.1 Fabrication 17
5.2 Émissions 17
5.3 Déchets 17

6 Formations 18
6.1 E-learning 18
6.2 Formation à la technique d’application 18

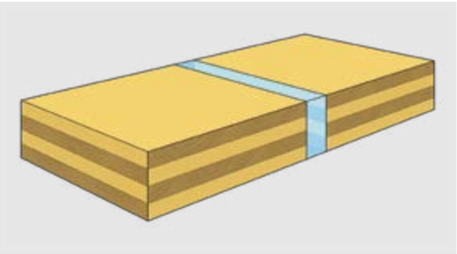
7 Informations complémentaires 19

1.1 Qu’est-ce que TS3 ?

La technologie TS3 est un nouveau système de construction avec un assemblage rigide à la flexion de panneaux lamellé-croisé. Grâce au scellement des joints, l’assemblage TS3 permet de créer des ossatures en bois sans poutres, avec des panneaux fins soutenus par une trame de poteaux à appui ponctuel.

En activant la direction porteuse secondaire, il est possible de construire en bois les mêmes dalles qu’avec le béton armé, et ce, uniquement avec du bois lamellé-croisé ordinaire et la technologie d’assemblage TS3.

Il est désormais possible de construire en bois des ouvrages habituellement en béton armé



La technologie Timber Structures 3.0 (TS3) assemble des éléments en bois lamellé-croisé par la face

Grâce à la technologie d’assemblage TS3, il est aussi simple de construire en bois qu’en béton armé. Le bois offre ainsi une grande liberté architecturale et permet des plans aux dimensions généreuses avec une qualité atmosphérique élevée dans la pièce

1.2 Domaines d’application

Bâtiment résidentiel classique sans murs intérieurs porteurs et sans poutres pour une flexibilité totale

Bâtiment commercial avec trame de poteaux pouvant aller jusqu’à env. 8,5 m × 8,5 m

Constructions spéciales comme des objets d’art, des marquises de quais ou des structures plissées de toutes tailles

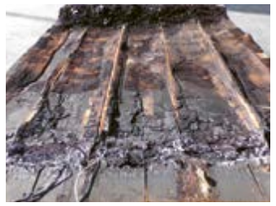
Bâtiments commerciaux avec de grandes trames de poteaux

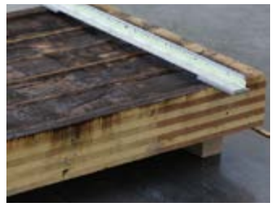
Logements avec plans ouverts

Couvertures avec des toitures à l'aspect léger, presque « flottantes », et des bordures de toit effilées

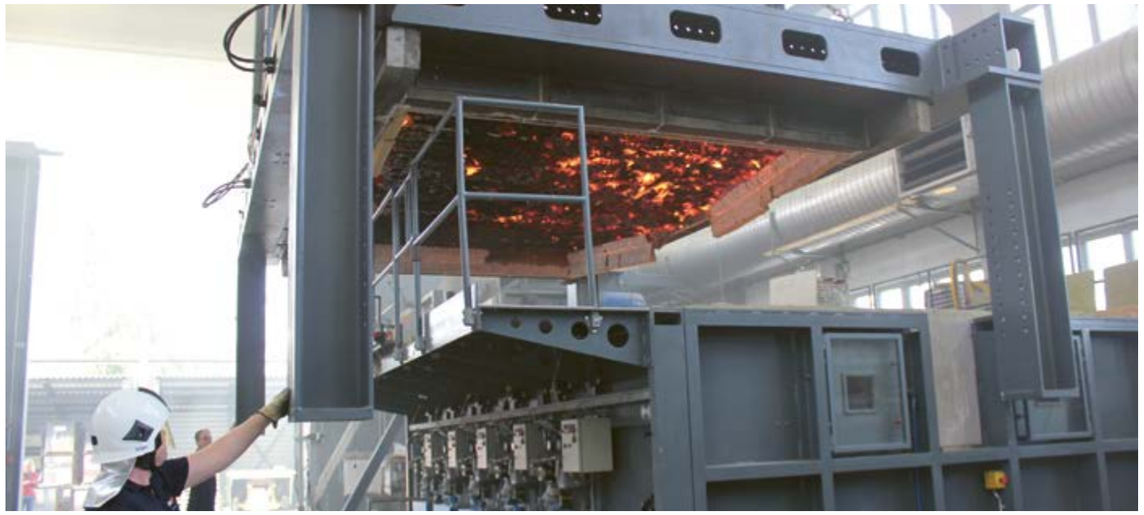
2.1. Comportement au feu

Caractéristiques principales	Performance	Spécification technique harmonisée
Comportement au feu	D-s2, d0 (assemblage comme le bois lamellé-croisé)	EN 13501-1
Classe de réaction au feu	RF3	
Résistance au feu	Selon le calcul de combustion avec $d_{0,TS3}$ = 25 mm	EN 13501-2





Une comparaison visuelle de tous les objets de test a permis de constater clairement que l'assemblage TS3 avait été nettement moins consumé que le bois lui-même. Plus l'exposition au feu de l'objet a duré longtemps, plus cette influence a été importante. Une attestation établie par examen de la section transversale restante est aussi admissible pour l'assemblage TS3.



2.2 Isolation acoustique

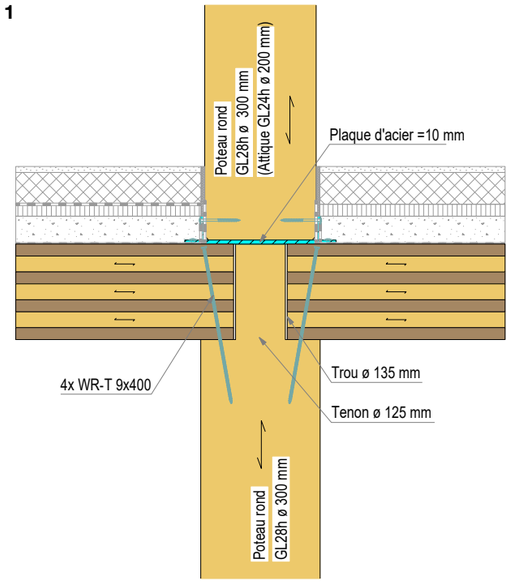
Les performances acoustiques des structures de plancher dans le configurateur TS3 en ligne satisfont aux exigences minimales de la norme SIA SN 520 181:2020 ($D_i \geq 52$ dB, $L' \leq 53$ dB). Il est tout à fait possible de satisfaire à des exigences encore plus strictes. La structure porteuse TS3 est compatible avec toutes les structures de plancher couramment disponibles dans le commerce pour la construction en bois. En cas de questions concernant la physique du bâtiment, nous vous conseillons volontiers. À cette fin, nous collaborons étroitement avec notre société sœur Timbatec ingénieurs bois. Timbatec présente plus en détail son activité en physique du bâtiment dans son magazine.

2.3 Transmission verticale des charges

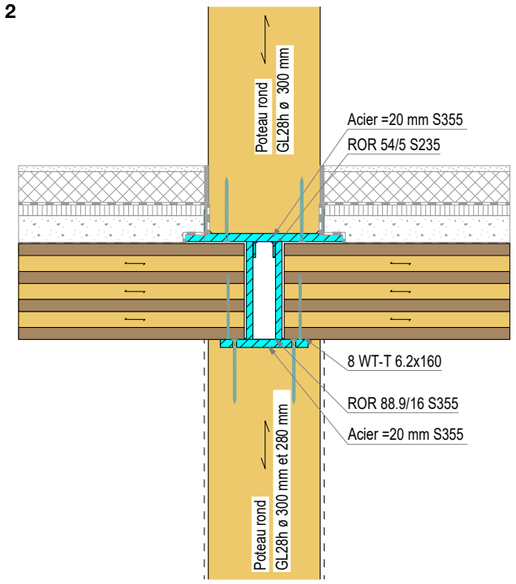
La déviation des charges verticales depuis les étages supérieurs à travers la dalle, sans que les panneaux de bois lamellé-croisé soient comprimés par la pression de manière verticale par rapport aux fibres, a une grande importance. La solution se présente différemment selon le matériau de transfert utilisé. Les illustrations ci-après exposent des solutions possibles pour transmettre les charges verticales par le biais du panneau. Les vues détaillées 1 et 3 présentent l'option la plus simple. Deux poteaux de contreplaqué directement couplés sont reliés par une ouverture. Une fine plaque d'acier intercalée permet de tirer parti de la pleine résistance à la compression parallèlement aux fibres du bois.

La vue détaillée 2 présente l'option la plus solide. Deux tubes d'acier imbriqués, qui sont soudés sur des plaques d'acier, assurent une capacité de charge élevée tout en réduisant l'ouverture au minimum.

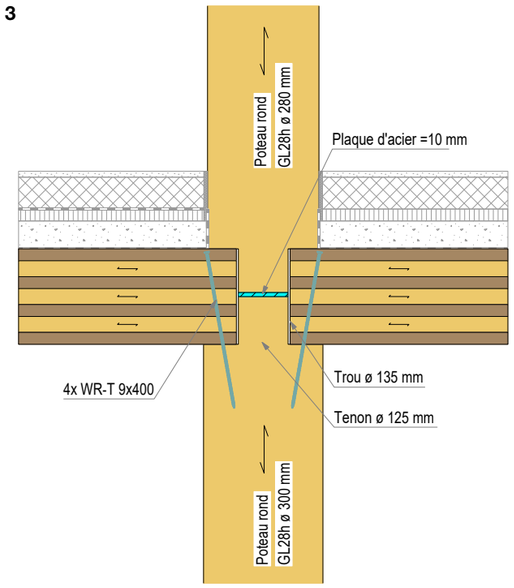
1



2



3

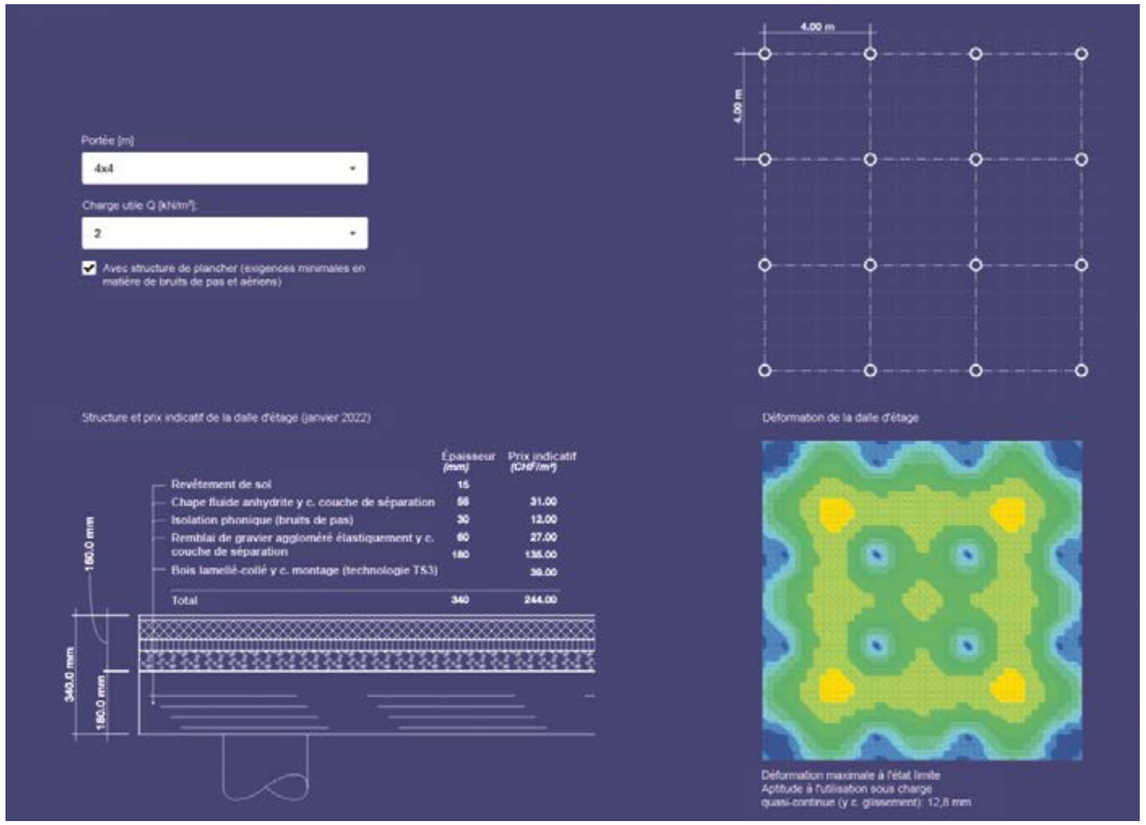


2.4 Coûts et appel d'offres

Notre configurateur en ligne vous donne des prix indicatifs pour différentes épaisseurs de panneaux.
www.ts3.biz/configurator

Des modèles de textes pour des appels d'offres vous sont proposés au téléchargement sur notre site web.
www.ts3.biz/fr/Telechargements/

Pour toute demande concernant des projets concrets, l'équipe TS3 est à votre écoute.
www.ts3.biz/fr/notre-equipe/



De plus, un configurateur Dynamic TS3 est mis à disposition pour dessiner les plans, définir les charges utiles, sélectionner des structures de plancher et définir la disposition des joints. On obtient ainsi un prédimensionnement des panneaux de contreplaqué.
https://ts3-preview.d2p.ch/new

3.1 Brève description

Les faces des panneaux de bois lamellé-croisé à relier sont mises à niveau, puis l'assemblage TS3 est obtenu en remplissant le joint (4 mm de large) entre les panneaux avec de la résine de coulée TS3. Le fait d'effectuer le prétraitement des surfaces d'assemblage directement après leur production garantit la capacité de charge de l'assemblage TS3, scelle les surfaces et empêche les problèmes liés aux changements du taux d'humidité jusqu'à ce que les panneaux soient assemblés sur le chantier avec la résine TS3.

Les assemblages TS3 sont divisés en cavités d'un mètre de long afin de garantir que chaque segment est rempli avec la bonne quantité de résine de coulée. Après l'injection, la colle a besoin d'environ 10 jours pour durcir dans un environnement à 17 °C. Pendant ces 10 jours, les panneaux doivent être étayés tout au long de l'assemblage TS3 selon les indications de l'ingénieur. Après ces 10 jours, l'assemblage TS3 atteint une résistance de 100 %, ce qui correspond à environ 35 % de la résistance du bois avoisinant. L'assemblage TS3 présente toutefois la même rigidité que le bois avoisinant. La rigidité étant souvent le reproche majeur adressé à la construction en bois (à cause des déformations), l'avantage du TS3 en la matière est donc considérable. Si l'on ne peut pas garantir que l'élément de construction aura une température de 17 °C (du 1er octobre au 31 mars), des mesures supplémentaires doivent être prises. On peut soit attendre que l'enveloppe du bâtiment soit fermée pour réaliser le scellement, soit placer un fil chauffant dans l'assemblage TS3.

Ordre de prétraitement à l'usine

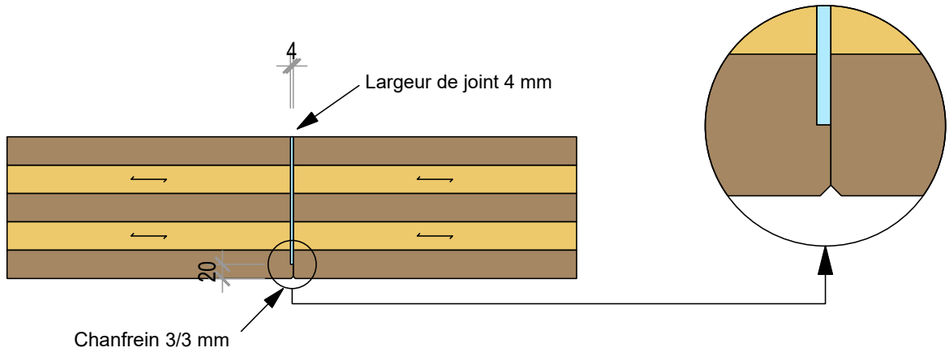
Étanchéité et segmentation

Cintre pour le montage de la dalle TS3

Scellement des joints

3.2 Géométrie

La méthode d'assemblage standard est ce qu'on appelle l'assemblage AP (en parallèle décalé) :



Descriptif technique

Avec l'assemblage TS3, les panneaux en bois lamellé-croisé sont assemblés les uns aux autres avec la plus grande précision. Afin d'obtenir une largeur de joint de 4 mm, les panneaux sont taillés, au cours d'une seconde étape de formatage, de 4 mm jusqu'à atteindre la couche inférieure (hauteur restante d'au moins 20 mm). Les joints sont confectionnés dans l'usine de bois lamellé-croisé avec des bandes d'étanchéité blanches et des bandes de segmentation anthracites.

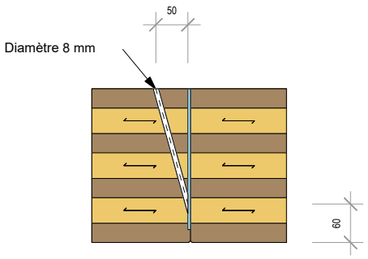
Esthétique

L'assemblage TS3 est réalisé par le dessous avec un chanfrein, ce qui le rend à peine visible. Le chanfrein forme un joint creux, ce qui permet aussi d'envisager de faibles tolérances de hauteur.

Lorsque les dalles sont terminées, l'assemblage TS3 est à peine visible

3.3 Perforations de remplissage

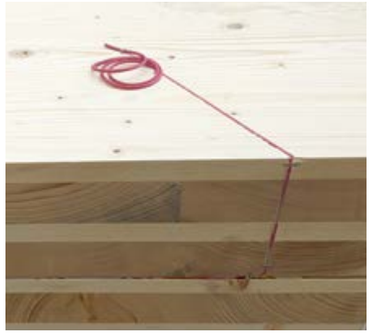
Des segments d'un mètre environ sont formés (rubans noirs) pour le scellement des joints. La taille maximum de segment, qui se monte à 1,2 m, ne doit en aucun cas être dépassée. Une perforation de remplissage est réalisée sans foret au centre de chaque segment. La perforation est effectuée sur la face supérieure du panneau à 50 mm du chant jointé. La sortie dans le joint est située 60 mm au-dessus du bord inférieur du panneau (pour des épaisseurs de panneaux ≤ 200 mm, cette valeur est réduite à 50 mm). Respecter les distances d'un mètre entre les perforations de remplissage et le trou de sortie au-dessous dans le joint garantit un scellement des joints sûr. Le trou percé doit avoir un diamètre de 8 mm.



3.4 Mesures à prendre pour les travaux hivernaux

Si le chantier se déroule entre le 1er octobre et le 31 mars, des mesures doivent être prévues pour assurer une température suffisante. On peut soit réaliser le scellement après que le bâtiment, y c. les murs extérieurs, a été édifié et qu'une température de ≥ 17 °C peut être garantie, soit prévoir un chauffage des joints. Si on opte pour cette deuxième méthode, un câble de chauffe est intégré au joint par TS3 et raccordé à un élément de contrôle après la mise en place.

Il faut également recourir à un chauffage des joints en cas d'assemblages TS3 traversants l'espace extérieur (balcons), même si le reste du bâtiment présente une chaleur suffisante grâce à une façade fermée.



3.5 Modèle de licence

La technologie TS3 est protégée par plusieurs brevets en Europe et en Amérique. Ceux-ci sont détenus par TS3 AG. La technologie TS3 est à disposition de toute entreprise intéressée dans le monde entier. Nous formons des techniciens d'application au prétraitement, à la mise en place et au scellement d'éléments de construction TS3.

Le prétraitement est effectué soit par le fabricant de bois lamellé-croisé, soit par le prestataire d'usinage. Le bois lamellé-croisé est obtenu auprès des fabricants, qui doivent satisfaire aux exigences qualitatives requises.

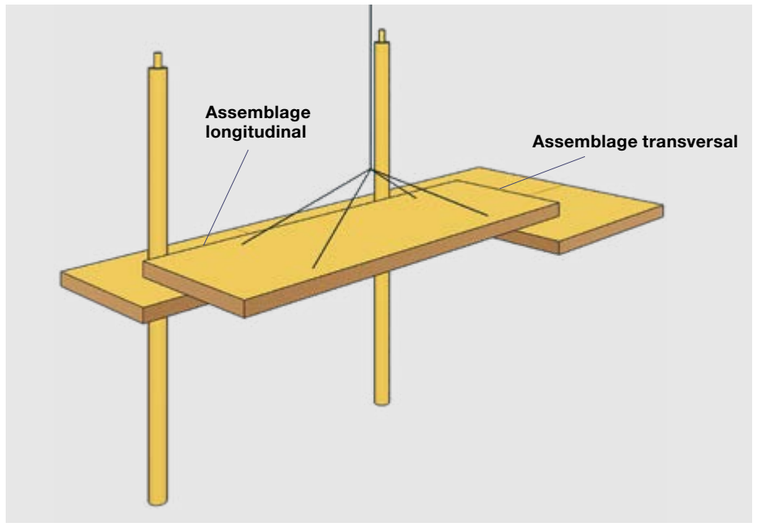
3.6 Assurance qualité

TS3 effectue un contrôle d'assurance qualité complet du prétraitement des surfaces jointées jusqu'au scellement et au durcissement de la résine de coulée. Les paramètres ci-après sont vérifiés au cours d'un processus continu :

- Surfaces des joints après découpe des panneaux de bois lamellé-croisé
- Surfaces après prétraitement
- Volume de résine de coulée utilisé
- Températures régnant lors du scellement et du processus de durcissement
- Réalisation d'un objet de test pendant le scellement des joints et test en laboratoire

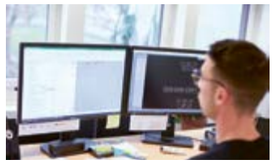
3.7 Éléments de construction complémentaires

Pour que les panneaux puissent être assemblés efficacement à la bonne distance sur le chantier, des connecteurs X-fix sont utilisés. Deux connecteurs au minimum sont insérés (écart de 3 mètres) pour chaque assemblage longitudinal. Un à deux connecteurs X-fix sont toujours placés dans les assemblages transversaux.

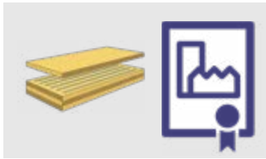


3.8 Processus de construction

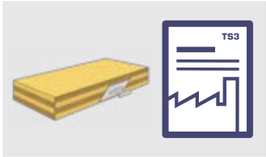
Architecture
Concevoir en béton, construire en bois : la conception et la planification des éléments de construction TS3 sont les mêmes que pour les ouvrages en béton armé, car les surfaces d'étage TS3 sont porteuses sur plusieurs axes.



Ingénierie
(À réaliser par les concessionnaires TS3)
Le dimensionnement des éléments de construction TS3 est réalisé par un ingénieur en construction de bois ou un ingénieur civil titulaire d'une licence (concessionnaire). En règle générale, il lance un appel d'offres pour les éléments de construction en bois TS3.

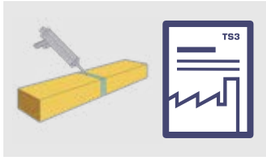


Production du bois lamellé-croisé
(À réaliser par l'entreprise partenaire TS3)
Les panneaux de bois lamellé-croisé sont produits selon les indications de l'ingénieur. Le prétraitement est effectué directement après la production.



Prétraitement TS3
(À réaliser par les concessionnaires TS3)
Le prétraitement permet de transformer un panneau de bois lamellé-croisé que l'on trouve ordinairement dans le commerce en un panneau TS3. Cette étape est donc réalisée par un concessionnaire TS3.

Montage
(À réaliser par les concessionnaires TS3)
Un constructeur bois de votre choix effectue les travaux de montage et d'assemblage. Les processus sont identiques à ceux de projets en bois lamellé-croisé habituels et font l'objet d'un accompagnement par TS3.



Scellement des joints TS3
(À réaliser par les concessionnaires TS3)
Un technicien d'application TS3 assemble les panneaux en bois lamellé-croisé par scellement des joints. La méthode d'application adéquate est choisie en fonction de la taille du projet.

Assurance qualité
(À réaliser par les concessionnaires TS3)
TS3 effectue un contrôle d'assurance qualité complet du prétraitement des surfaces jointées jusqu'au scellement et au durcissement de la résine de coulée.

3.9 Étapes de processus et responsabilités

Étape de processus	Conditions marginales admissibles	Responsabilité
Prétraitement	Humidité du bois ≤ 12% Température 17 °C – 50 °C	TS3-AWT (technique d'application)*
Transport sur le chantier	Humidité du bois 12 ± 3 % Température : libre	Constructeur bois / entrepreneur
Mise en place	Humidité du bois 12 ± 3 % Température : libre Les panneaux doivent être couverts et protégés de l'humidité et de la pluie.	Constructeur bois / entrepreneur
Scellement	Humidité du bois 12 ± 3 % Température 17 °C – 50 °C	TS3-AWT*
Durée de durcissement : selon les consignes de TS3	Humidité du bois 12 ± 3 % Température ≥ 17 °C	Sous-étayage + enveloppe de bâtiment : constructeur bois / entrepreneur Chauffage des joints : TS3-AWT*

* TS3 ou une entreprise tierce certifiée

Quelque 40 % des émissions de CO_2 au niveau mondial sont dues au secteur de la construction. Près de la moitié d'entre elles proviennent de l'édification des bâtiments, l'autre, de leur exploitation. Le choix minutieux des produits et matériaux joue donc un rôle clé. Ce n'est qu'en renonçant aux matériaux nocifs pour l'environnement, comme l'acier et le béton, que le secteur de la construction pourra apporter une contribution décisive à la protection du climat. Le parc immobilier et d'infrastructures de la Suisse aurait même un fort potentiel de réduction temporaire du CO_2 s'il était réalisé avec de matériaux de construction le stockant. Le bois incarne aujourd'hui les meilleures pratiques, à tel point que la SIA recommande son usage dans un document de position. Par ailleurs, des matières premières biologiques à croissance rapide comme la paille, le chanvre ou le lin présentent aussi un énorme potentiel.

Si l'on donne une deuxième vie à ces matériaux après la démolition du bâtiment, on allonge alors la durée de stockage du CO_2. La construction circulaire est très intéressante pour l'écologie. Les éléments porteurs en bois tels que les poutres en lamellé-croisé ou les panneaux de panneaux en bois lamellé-croisé se prêtent idéalement à une réutilisation. En effet, ils peuvent être facilement découpés et redimensionnés.

Les dalles d'étage en panneaux de bois lamellé-croisé assemblés avec la technologie TS3 conviennent particulièrement bien à une approche circulaire de la construction.

Dans l'éventualité d'une démolition du bâtiment, il est possible de découper ces panneaux aux dimensions souhaitées et de leur donner un nouveau cycle de vie.

Les grands panneaux TS3 peuvent être coupés facilement et se prêtent idéalement à la réutilisation.

Démolition du prototype pour mener des essais à long terme et évacuation de panneaux pour la réutilisation

5.1 Fabrication

Les résines de coulée 2K-PUR PT 192 et CR 192 sont composées d'une résine et d'un durcisseur. La réaction des deux composants au rapport 2:1 créent des liaisons polyuréthane. Ces produits ne sont pas disponibles dans le commerce et ne peuvent être obtenus qu'auprès de TS3 Timber Structures 3.0 AG. Les caractéristiques spécifiques au produit peuvent être consultées en détail dans la fiche de données techniques (FDT) ainsi que dans les fiches de données de sécurité (FDS ou MSDS).

5.2 Émissions

La résine de coulée durcie ne libère aucune substance néfaste pour l'être humain, les animaux et l'environnement après réaction complète des deux composants. Grâce à cela, avec TS3, nous pouvons assembler durablement et écologiquement le matériau de construction naturel qu'est le bois, et donc les panneaux de bois lamellé-croisé.
Nous souhaitons également souligner que le collage du bois lamellé-croisé est effectué dans presque toutes les installations de production avec une colle polyuréthane à 1 composant, sans solvant, sans formaldéhyde et sans COV.

5.3 Déchets

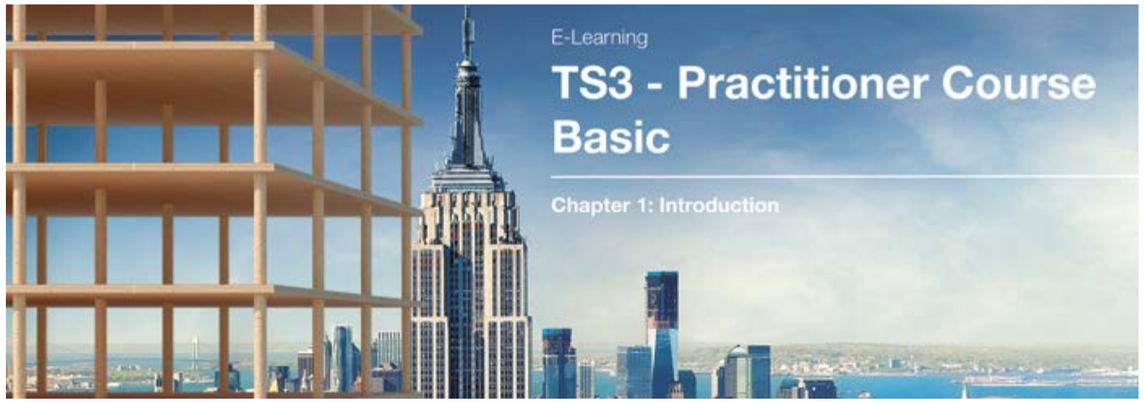
Tous les déchets issus de la solution système TS3 sont triés et recyclés. Les éléments de construction TS3 peuvent être réutilisés (voir chapitre 4), les déchets résiduels non recyclables peuvent être éliminés avec les ordures ménagères normales ou dans un centre de collecte pour le bois usagé.
Comme la proportion de résine de coulée TS3 dans le bois composite est très faible, les éléments de construction en bois reliés par la technologie TS3, y compris la résine de coulée, peuvent être brûlés en toute sécurité dans des incinérateurs contrôlés.

Lors de la combustion du bois, la quantité de CO_2 émise est identique à celle qui a été stockée dans le bois pendant la croissance de l'arbre. Le cycle du carbone du produit naturel qu'est le bois est ainsi bouclé.

6.1 E-learning

Nous proposons aux architectes et ingénieurs des cours e-learning sur la plateforme didactique moodlecloud. Ils comprennent tous des tutoriels vidéo, des supports d'exercice et des autotests. Le cours de base est gratuit et s'adresse aux architectes ainsi qu'à toute personne intéressée. Il dure une heure environ et constitue la base pour la formation « Statique et construction ».

La formation « Statique et construction » dure une demi-journée environ et s'adresse aux ingénieur·e·s.
Au terme de la formation, vous recevez un certificat, rejoignez la communauté TS3 et pouvez concevoir des projets de construction TS3 dès que votre entreprise est certifiée. Grâce à nos modules d'e-learning, vous pourrez utiliser de manière professionnelle ce nouveau matériau de construction.



Formation TS3 à la technique d'application

Voulez-vous essayer de réaliser vous-même un scellement de joints TS3 ?

Nous proposons des formations à la technique d'application TS3, qui sont données dans l'usine de Balteschwiler AG à Laufenburg. Au cours de cette formation d'une journée, nous vous expliquons tout sur le prétraitement et le scellement des joints ainsi que sur les points cruciaux à surveiller au cours de la production de bois lamellé-croisé et du montage. Au terme de la formation, un certificat de technicien·ne d'application TS3 vous est remis.
Informations complémentaires :
www.ts3.biz

La liste ci-après présente toutes les publications concernant les technologies TS3. De plus, 25 travaux de bachelor et de master ont été rédigés à la Haute école spécialisée bernoise (HESB) et à l'EPF de Zurich.

Column-Slab Connection In Timber Flat Slabs
Marcel Muster
Thèse de doctorat, EPF de Zurich, 2020
Research Collection ETH

Experimental analysis and structural modelling of the punching behavior of continuous two-way CLT flat slabs
Marcel Muster, Andrea Frangi
Engineering structures, vol. 205, pp. 110046, Amsterdam: Elsevier, 2020.
DOI: 10.1016/j.engstruct.2019.110046 Research Collection

Zweiachsig tragende, punktgestützte Brettsperrholzdecken
Marcel Muster
51. Fortbildungskurs Hochleistungswerkstoffe im Holzbau (S-WIN FBK 2019), Weinfelden, Suisse, pp.145-152, Zurich: Lignum Économie suisse du bois, 22-23 octobre 2019.
Research Collection

Butt-joint bonding of timber as a key technology for point-supported, biaxial load bearing flat slabs made of cross-laminated timber
Stefan Zoellig, Marcel Muster, Adam Themessl
Sustainable Built Environment Conference (SBE19 Graz), Graz, Autriche, pp.012144 Bristol: Institute of Physics, 11-14 septembre 2019.
DOI: 10.1088/1755-1315/323/1/012144 Research Collection

Punching behaviour of continuous two-way CLT flat slabs at interior connections to columns
Marcel Muster et Andrea Frangi
World Conference on Timber Engineering (WCTE 2018), Séoul, Corée, 20-23 août 2018.
DOI: 10.3929/ethz-b-000299130 Research Collection

Butt joint gluing of cross laminated timber
Adam Themessl, Martin Lehmann, Dario Salzgeber, Steffen Franke
World Conference on Timber Engineering (WCTE 2018), Séoul, Corée, 20-23 août 2018.

Durchstanzverhalten von zweiachsig tragenden, durchlaufenden Brettsperrholzdecken
Marcel Muster, Andrea Frangi
7. Doktorandenkolloquium Holzbau «Forschung + Praxis», Kolloquium 2018, Stuttgart, Allemagne Stuttgart: Universität Stuttgart, 8-9 mars 2018.
DOI: 10.3929/ethz-b-000299133 Research Collection

Numerical structural identification of a cross-laminated timber slab using 3D laserscanning
Eugenio Serantoni, Marcel Muster, Andreas Wieser
9th European Workshop on Structural Health Monitoring (EWS-HM 2018), Manchester, Royaume-Uni, pp.0065 Bad Breisig: Nondestructive Testing (NDT), 10-13 juillet 2018.
DOI: 10.3929/ethz-b-000299776 Research Collection

Timber Structures 3.0 – New Technology for multi-axial, slim, high performance timber structures
Stefan Zöllig, Andrea Frangi, Steffen Franke, Marcel Muster
World Conference on Timber Engineering (WCTE 2016), Vienne, Autriche : Technische Universität Wien, 22-25 août 2016.
Research Collection

Timber Structures 3.0: Stirnseitige Verklebung von Holzbauteilen
Dio Lins, Steffen Franke
9. Doktorandenkolloquium Holzbau «Forschung + Praxis», Kolloquium 2022, Stuttgart, Allemagne: Universität Stuttgart, 10-11 mars 2022.

Variantenstudium zur Entwicklung einer zweiachsig tragenden Hohlkastendecke aus Holz
Dominik Bissig, Andrea Frangi
9. Doktorandenkolloquium Holzbau «Forschung + Praxis», Kolloquium 2022, Stuttgart, Allemagne: Universität Stuttgart, 10-11 mars 2022.

Timber Structures 3.0 AG
Niesenstrasse 1
3600 Thoune
+41 58 255 42 00
info@ts3.biz, www.ts3.biz

TS3
Timber Structures 3.0