

CLT Composite : le hêtre haute performance

Pascal Toussaint
Lineazen
Guénange, France

1. La société Lineazen

1.1. Présentation de l'entreprise

Créé en 2010, Lineazen est le premier fabricant français de CLT-C, Cross Laminated Timber Composite, un système constructif complet à base de hêtre, une essence locale très présente en France et en Europe.

Lineazen associe la technologie du CLT à celle du caisson structural, utilisés en murs de façade ou refends, planchers, toitures. Cette innovation offre des performances mécaniques jusqu'à 40 % supérieures aux techniques usuelles. Les systèmes constructifs Lineazen permettent de réaliser des bâtiments de grande hauteur et repoussent les possibilités techniques et architecturales de la construction en bois : hauteur, volumes, porte-à-faux, longues portées.

1.2. Le site de production de Lineazen

Le site de production de Lineazen de 5000 m² est basé en Lorraine au cœur de la ressource en hêtre et à proximité des axes routiers et des ports de Moselle desservant la France et l'Europe. En 3/8, l'usine permet de produire 100 000 m² de panneaux par an.



Illustration 1: Trois ilots de production des CLT-C

2. Présentation du procédé

Le procédé du CLT-C de Lineazen s'appuie sur trois innovations majeures.

2.1. CLT de hêtre

Le CLT se présente sous forme de panneaux de bois massif de grandes dimensions : 12,2 m de long, 3,2 m de large. Ils sont constitués d'un empilement de plis de lames de bois séché (12 % d'humidité), croisés et collés entre eux.

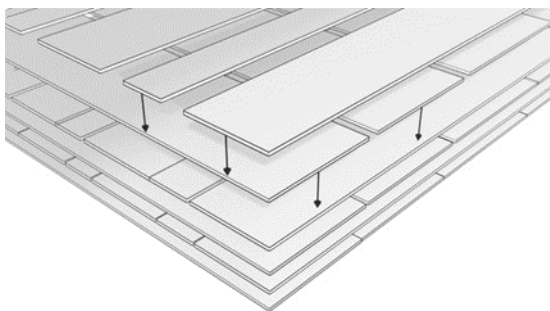


Illustration 2 : Principe du CLT : empilement par collage de plis de bois croisés

Lineazen innove en inventant le CLT de hêtre. Ce matériau nouveau dans la construction est disponible et présente des propriétés mécaniques 20 à 70% plus élevées que celles du bois massif résineux utilisé traditionnellement en construction. Le tableau suivant compare certaines de ces propriétés mécaniques.

	D40	C24	Gain
Résistance en flexion (MPa)	40	24	+40%
Résistance en compression longitudinale (MPa)	26	21	+19%
Résistance en compression transversale (MPa)	8,3	2,5	+70%
Module d'élasticité longitudinal (GPa)	13	11	+15%
Masse volumique moyenne (kg/m ³)	660	420	+36%

2.2. CLC-C : CLT composite

Le CLT-C, système de caisson structural, se présente sous forme d'une structure modulaire alvéolaire, de dimension pouvant aller jusqu'à 12,2 m de long et 3,2 m de large. Il est généralement constitué de deux panneaux de CLT, reliés par des nervures et des lisses. La liaison entre les panneaux et les nervures est réalisé par collage structural en atelier.

Le système de caisson Lineazen intègre les isolants, les films d'étanchéité, éventuellement les gaines techniques et des éléments de revêtements. Il permet ainsi d'optimiser les volumes occupés, les coûts et délais de construction, la sécurisation chantier et la pérennité de la construction. Le système de caisson est préfabriqué en usine selon les meilleurs standards de qualité industrielle et dans le respect des normes en vigueur.



Illustration 3 : Un exemple d'utilisation du CLT-C de Lineazen : le plancher

A rigidité équivalente, un CLT-C de Lineazen permet :

- Un gain de matière de 65% par rapport un CLT en épicéa
- Un gain en hauteur de 40% par rapport à une poutre lamellé-collé en épicéa

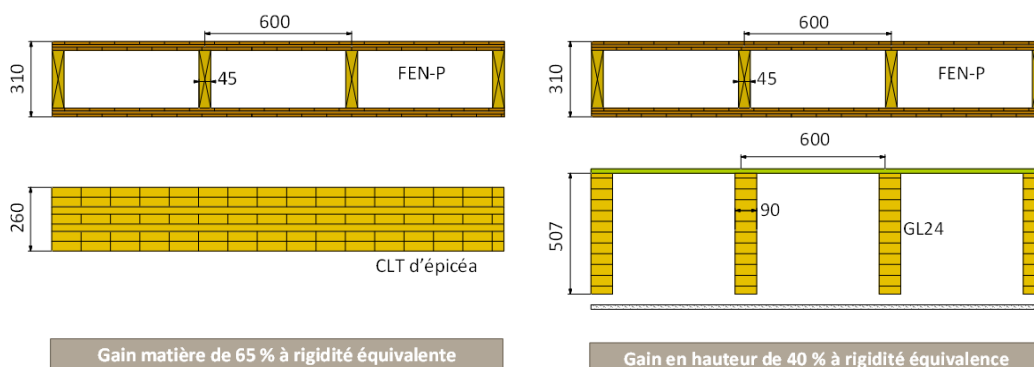


Illustration 4 : Comparaison entre CLT-C de Lineazen et CLT et poutre lamellé-collé d'épicéa

2.3. Systèmes d'assemblage performants

Lineazen a mis au point des assemblages entre systèmes de caisson permettant des constructions ambitieuses tout en bois. La masse volumique importante du hêtre permet d'offrir une grande performance mécanique aux assemblages qui sont conçus pour assurer une gestion optimisée du contreventement pour bâtiment en hauteur. Leur conception intègre le traitement de la résistance au feu, des ponts thermiques, des ponts acoustiques et de l'étanchéité à l'air.

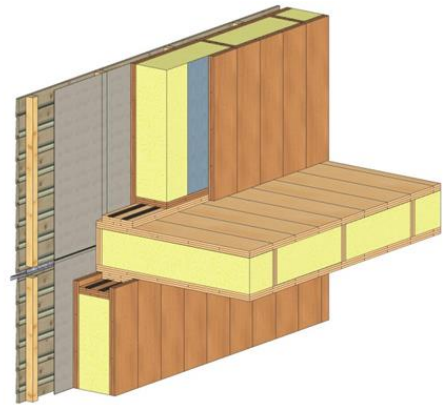


Illustration 5 : Exemple d'un assemblage mur / plancher

2.4. FEN-x : gamme complète de CLT-C en hêtre

Lineazen offre un système de construction complet, une gamme baptisée FEN-x :

- FEN-M : la solution mur utilisable pour réaliser des bâtiments 100% bois (façade porteuse, refends porteurs, poutres voiles) ou des façades autoportées en mixité bois/béton.



Illustration 6 : Solution FEN-M de Lineazen

- FEN-P / FEN-T : les plancher et toitures utilisables sur deux appuis ou en multi-appuis avec ou sans porte à faux.



Illustration 7 : Solution FEN-P de Lineazen

Les avantages clefs des solutions Lineazen :

- Performance mécanique exceptionnelle : finesse et longue portée
- Résistance au feu
- Comportement anti-sismique
- Qualité acoustique et confort vibratoire élevés
- Passage des gaines techniques

3. Comment Lineazen garantit les performances du collage structural de ces éléments ?

3.1. Essai de délamination : définition

L'essai de délamination est le test le plus complet et le plus contraignant pour caractériser les joints de colle pour le CLT ou le bois lamellé-collé. Il consiste en des cycles d'immersion dans l'eau sous dépression puis pression et de séchage qui induisent de sévères variations d'humidité du bois susceptibles de créer des ouvertures des joints de colle.

Les longueurs de ces ouvertures éventuelles au niveau des joints de colles sont mesurées et le rapport entre ces longueurs et le périmètre total des joints de colle donne un taux de délamination.

Le test de délamination permet d'assurer à la fois :

- L'intégrité du joint de colle en simulant des conditions extrêmes qui peuvent arriver dans des situations accidentelles (phase chantier, dégât des eaux)
- La durabilité du joint de colle en simulant son vieillissement accéléré.
- La résistance du joint de colle grâce aux contraintes importantes introduites par les fortes variations dimensionnelle induites dans le bois par les cycles d'immersion et de séchage. En effet, pour le CLT, le fait de passer d'une humidité du hêtre de 8% (bois sec initial) à du hêtre saturé en eau puis de revenir à du bois sec engendre des contraintes de cisaillement supérieures à 10 MPa ce qui est 2,5 fois supérieur à la résistance caractéristique en cisaillement du hêtre. Ainsi, si le joint de colle résiste à ces contraintes importantes, la résistance en cisaillement du panneau est pilotée par celle du bois qui le constitue.

Deux types de délamination sont mesurés :

- La délamination totale qui est le rapport entre la longueur de délamination sur tous les joints de colle par leur périmètre total. Cette délamination doit être inférieure à 5% pour le lamellé-collé et 10% pour le CLT.
- La délamination maximale qui est le rapport entre la longueur de délamination maximale sur un joint de colle par son périmètre total. Cette délamination doit être inférieure à 30% pour le lamellé-collé et 40% pour le CLT.

3.2. Les essais de délamination appliqués aux produits Lineazen

Pour obtenir son Appréciation Technique, Lineazen a dû réaliser un certain nombre d'essais de délamination conformément aux normes du bois lamellé-collé¹ et du CLT².

Ces essais de type ont été réalisés sur les CLT avec les plis les plus épais et le nombre de plis le plus importante (7 plis de 30 mm) et avec le bois lamellé-collé avec la hauteur la plus haute (450 mm).

En plus de ces essais de type, Lineazen mesure la délamination en continu dans sa production sur chaque panneau de CLT ou de lamellé-collé produit. Deux essais de délamination sont systématiquement réalisés en deux endroits différents de chaque panneau. Ce test entre dans le Contrôle de Production en Usine (CPU) mis en place par Lineazen dans le cadre de l'obtention de son Appréciation Technique. Ce CPU est contrôlé par un

¹ NF EN 14080

² NF EN 16351

organisme externe deux fois par an. La définition et la mise en place du CPU font partie de l'appréciation technique des produits Lineazen.

Ainsi, chaque élément constituant un CLT-Composite de Lineazen a subi deux essais de délamination ce qui permet de garantir les performances et les qualités de leur collage structurel.

4. Résultats des essais de délamination

Le tableau suivant donne la fourchette des résultats de délamination obtenus sur les éléments Lineazen en essais de type et en contrôle de production.

		Résultats Lineazen	Critère
Lamellé-collé Lineazen	Délamination totale	Entre 0,0% et 4,0%	≤ 5%
	Délamination maximale	Entre 0,0% et 20,0%	≤ 30%
CLT Lineazen	Délamination totale	Entre 0,0% et 4,5%	≤ 10%
	Délamination maximale	Entre 0,0% et 14,3%	≤ 40%

Les photographies suivantes présentent des éléments Lineazen après délamination.

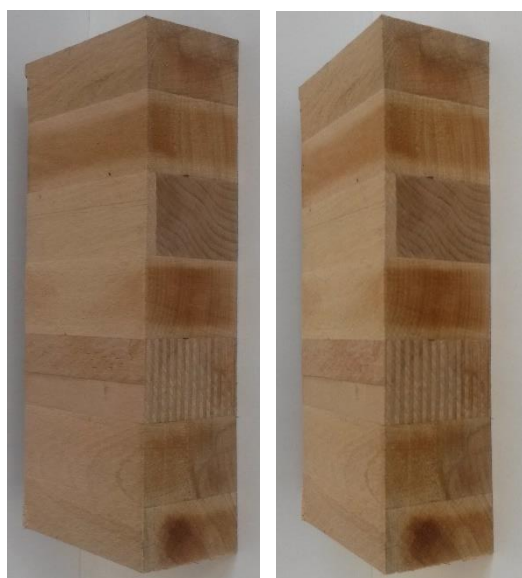


Illustration 8 : Résultats des essais de délamination sur du lamellé-collé de hêtre Lineazen



Illustration 9 : Résultats des essais de délamination sur du CLT Lineazen 3(12), 3(24), 3(30) et 7(30)

Conclusion : chaque produit Lineazen livré sur chantier a été testé individuellement en essais de délamination, ce qui permet de garantir sa performance et sa tenue dans le temps.