

Vérifications des murs réalisés en CLT (Cross Laminated Timber)

(Ce mémo à l'usage des formateurs des étudiants en BTS SCBH et en licence professionnelle construction bois présente d'une manière synthétique et simplifiée les connaissances relatives à la vérification des murs en CLT).

1 Le CLT, un procédé constructif innovant

2 La vérification mécanique des murs CLT

21. La vérification de la reprise des charges verticales

- 211 Modèle de vérification
- 212 Vérification ELU en compression axiale du mur
- 213 Vérifications ELU en compression axiale et en flexion \perp sous charges verticales et charges horizontales perpendiculaires au plan du mur
- 214 Vérification ELU des appuis du mur en compression transversale
- 215 Vérification ELS du mur soumis à un effort de vent perpendiculaire à son plan

22. La vérification des murs CLT soumis à une charge horizontale parallèle à son plan (mur CLT de contreventement)

- 221 Principe général du contreventement par murs CLT
- 222 Modèle de vérification ELU
- 223 Vérifications ELU des contraintes de cisaillement
- 224 Vérifications ELS
- 225

23. La vérification des assemblages

- 231 Vérification ELU
- 232 Vérification ELS
- 233 Dispositions générales pour les assemblages en pied de mur
- 234 Quelques solutions d'assemblages de mur

24. La vérification au feu

25. La vérification sismique

3 Les caractéristiques mécaniques des CLT

4 Bibliographie

1. Le CLT un procédé innovant.

Le bois contrecollé est un bois de structure composé d'un nombre impair de plis (couches) croisés et collés. Chaque pli est constitué de planches. Les planches de chaque pli peuvent être collées sur le chant.



photo stora.enso

Le CLT (cross laminated timber) est destiné à être utilisé en planchers et en murs. Le CLT est particulièrement adapté aux constructions à étage.



Les essences sont généralement du résineux : épicéa, pin sylvestre, pin maritime. La catégorie de résistance de planches est du C24.

Les dimensions usuelles de production sont :

- Epaisseur de 60 mm à 300 mm
- Largeur de 250 mm à 290 mm
- Longueur de 6 m à 13 m.

2. La vérification mécanique des murs réalisés en CLT.

2.1. La vérification de la reprise des charges verticales

2.1.1. Modèle de vérification

- Les parois verticales peuvent être réalisées de deux manières :
 - les plis extérieurs sont verticaux
 - les plis extérieurs sont horizontaux

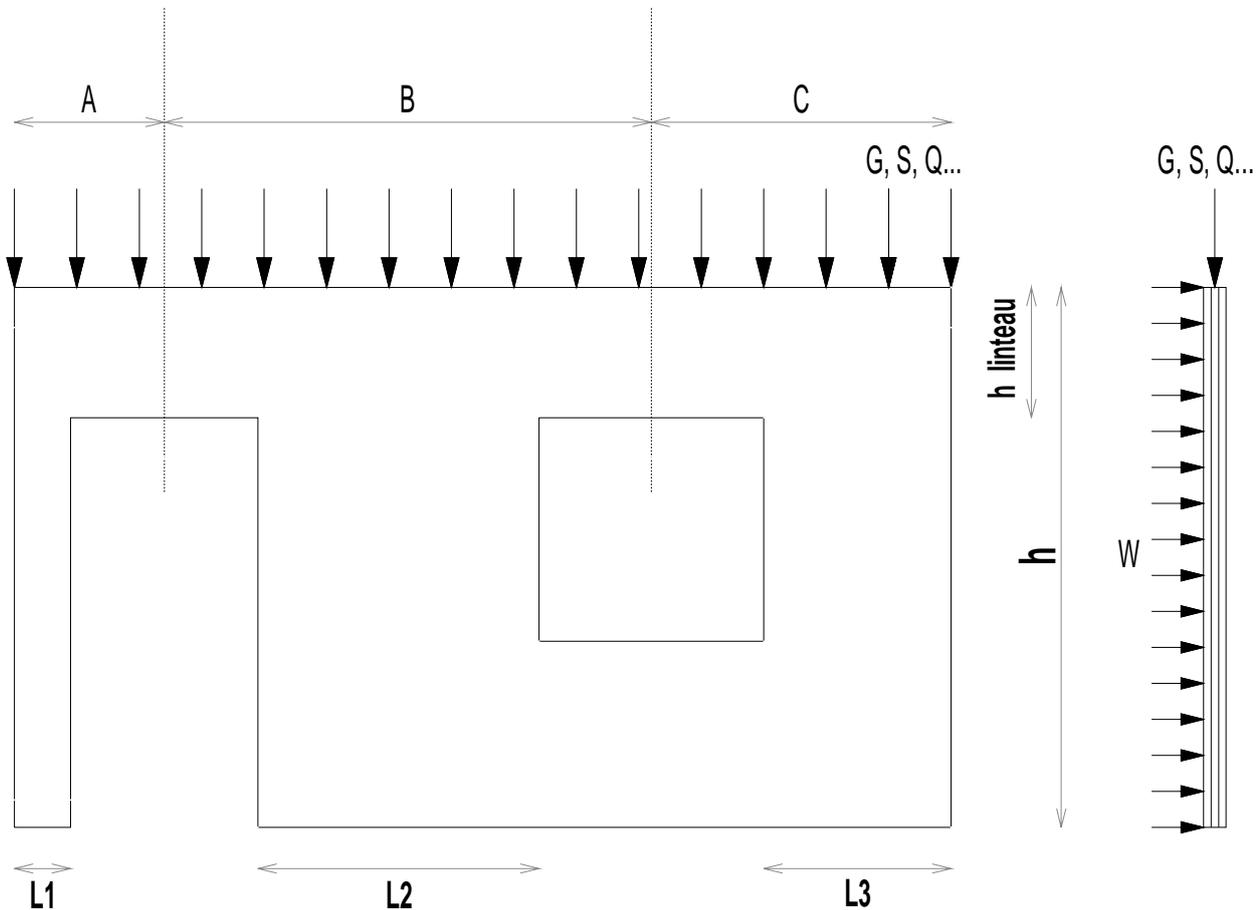
A retenir :

Les contraintes normales issues des charges verticales sont déterminées en négligeant les plis orientés perpendiculairement à ces charges.

La section nette qui permet la reprise des charges verticales est donc constituée du ou des plis orientés dans le même sens que ces charges.

L'inertie prise en compte dans la détermination de la stabilité correspond également à la section nette.

- La reprise des charges verticales pour les murs munis d'ouvertures se fera selon le modèle ci dessous :



A retenir :

Le chargement vertical appliqué sur les longueurs (L1, L2 et L3) est déterminé respectivement à partir des bandes de chargements A, B et C.

2.1.2. Vérification ELU en compression axiale du mur.

(nota : cela concerne les vérifications des murs intérieurs soumis à des charges verticales G, S, Q et également les murs extérieurs lorsque l'on ne prend pas en compte les charges de vent perpendiculaires au plan du mur).

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,k} \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot k_{c,z}$$

$\sigma_{c,0,d}$	Contrainte de compression axiale, déterminée par l'effort appliqué sur la bande de chargement divisé par la surface d'appui d'appui. (voir modèle ci-dessus)
$k_{c,z}$	coef de flambement selon l'axe z (axe perpendiculaire au mur) selon calcul ci-dessous.
$f_{c,0,k}$	résistance caractéristique du CLT selon ATE du fabricant (voir annexes)
k_{mod}	coefficient modificatif (idem règles générales EC5)
γ_m	coefficient partiel : 1,3

➤ (élancement mécanique) $\lambda = \frac{l_f}{i_{eff}}$

l_f , longueur de flambement

i_{eff} , rayon de giration effectif

$$i_{eff} = \sqrt{\frac{I_{eff}}{S_{nette}}}$$

I_{eff} , moment quadratique effectif (par simplification, I_{eff} moment quadratique du ou des plis verticaux)

S_{nette} , section nette (surface de contact du ou des plis verticaux)

➤ (élancement relatif) $\lambda_{rel} = \frac{\lambda_{eff}}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$

- **CAS 1** : $\lambda_{rel} \leq 0,45$ Pas de risque de flambement $k_{c,y}=1$
- **CAS 2** : $\lambda_{rel} > 0,45$ Risque de flambement

$$k_{c,z} = \frac{1}{\left(k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel}^2}\right)} \quad \text{avec } k_y = 0,5 \times (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2) \quad \text{et } \beta_c = 0,1$$

2.1.3. Vérifications ELU en compression axiale et en flexion du mur sous charges verticales et charges horizontales perpendiculaires au plan du mur.

(nota : cela concerne les vérifications des murs extérieurs soumis à des charges verticales G, S, Q et des charges de vent perpendiculaires au plan du mur)

Lorsque λ_{rel} , élancement relatif est > à 0,3 (voir mode de calcul ci avant)

$$\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

Lorsque λ_{rel} , élancement relatif est < à 0,3 (voir mode de calcul ci avant)

$$\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 \leq 1$$

$\sigma_{m,z,d}$, contrainte de flexion ;

lorsque le rapport : hauteur mur divisé par l'épaisseur pleine du mur est ≥ 15 , (c'est quasiment le cas de tous les murs CLT), on pourra déterminer la contrainte de flexion comme suit :

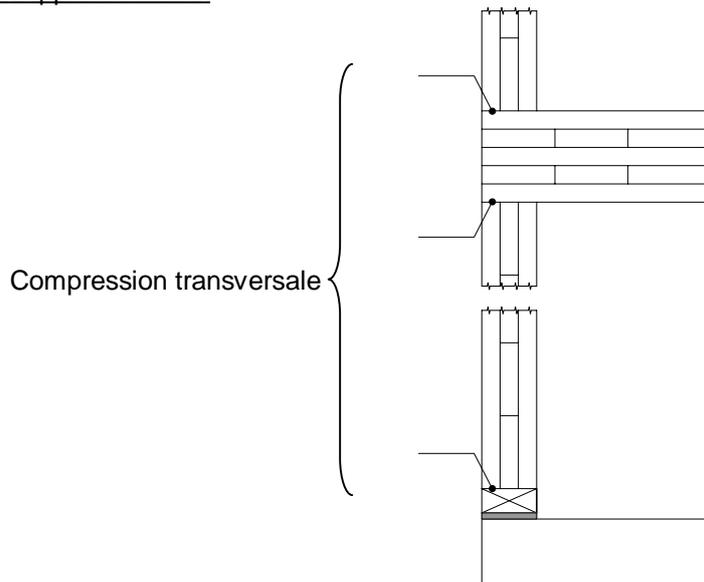
$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_f}{\frac{I_{net}}{v}}$$

I_{net} Moment quadratique net, c'est-à-dire le moment quadratique du ou des plis verticaux.
 v épaisseur pleine du mur / 2

2.1.4. Vérifications ELU des appuis du mur en compression transversale.

(nota : cela concerne les vérifications de la lisse d'appui ou du plancher qui servent d'appui au mur. Ces appuis travaillent en compression transversale. Le schéma ci-dessous indique les zones vérifiées en compression transversale

Pour les appuis continus



On vérifie :

$$\sigma_{c,90,d} \leq f_{c,90,k} \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot k_{c,90}$$

$\sigma_{c,90,d}$ Contrainte de compression transversale, déterminée par l'effort appliqué sur la bande de 1m et déterminé de la manière suivante :

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,90,d}}{A_{net}}$$

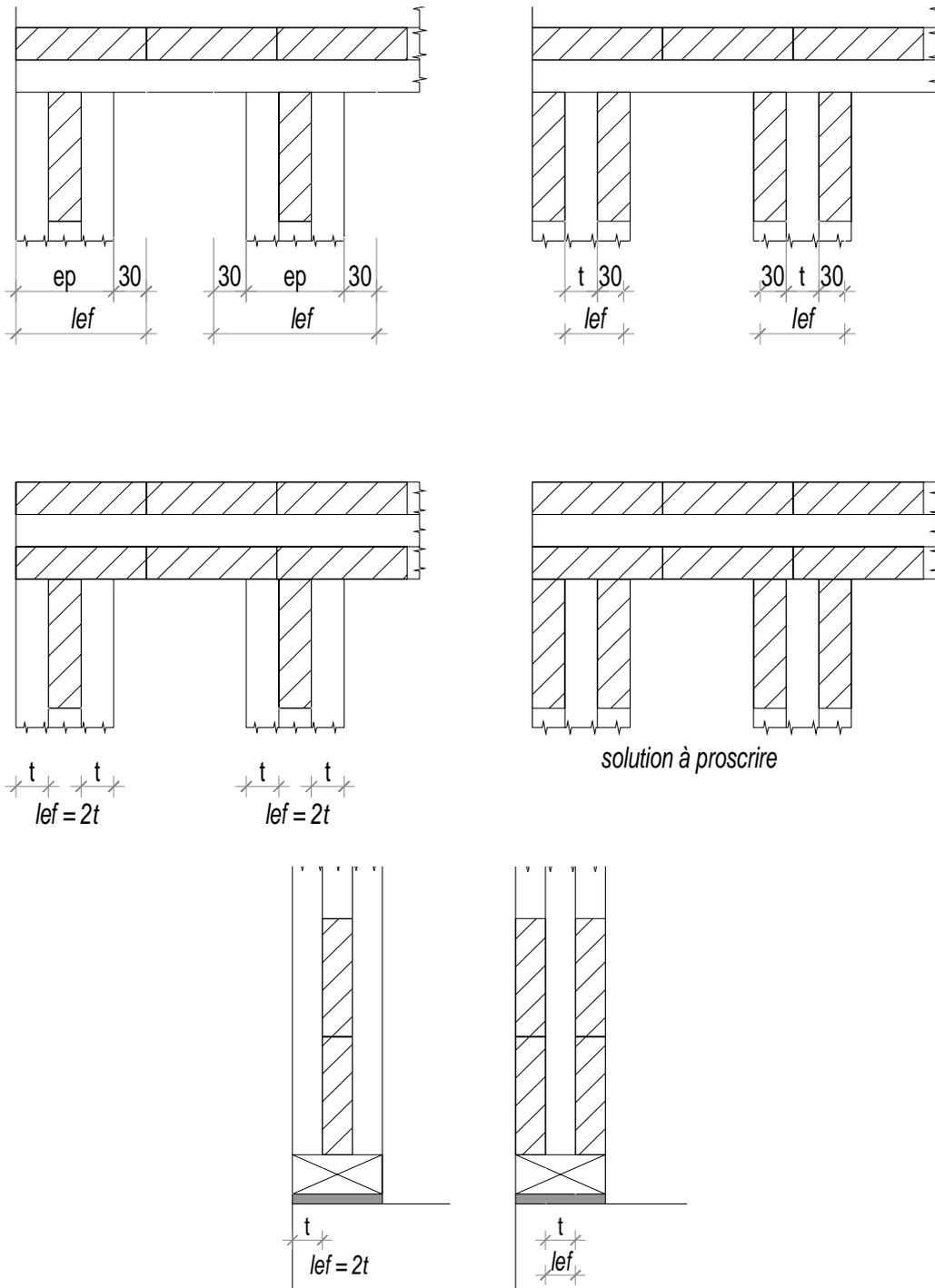
- $F_{c,90,d}$ effort vertical appliqué sur une bande de mur de 1m,
- A_{net} section = 1m x largeur efficace l_{ef} (voir ci-dessous),
- k_{c90} coefficient de majoration de la compression transversale se référer à l'ATE du fabricant, à défaut, $k_{c90}=1,5$.

$f_{c,90,k}$ résistance caractéristique du CLT selon ATE du fabricant (voir annexes)

k_{mod} coefficient modificatif (idem règles générales EC5)

γ_m coefficient partiel : 1,3

Schémas pour déterminer I_{ef}



2.1.5. Vérification ELS du mur soumis à un effort de vent perpendiculaire à son plan.

Lorsque le rapport : hauteur mur divisé par l'épaisseur pleine du mur est \geq à 15, (c'est quasiment le cas de tous les murs CLT), on pourra déterminer la déformation :

$$u = \frac{5Wl^4}{384E_{0,moy}I_{net}} \leq h/300$$

- I_{net} Moment quadratique net, c'est-à-dire le moment quadratique du ou des plis verticaux sur une bande de 1 m (on néglige l'influence des plis horizontaux). La largeur
- u déformation \perp au plan du CLT sous l'effet du vent sur une bande de 1m.
- W vent \perp au plan du CLT
- h hauteur du mur

2.2. La vérification des murs CLT soumis à une charge horizontale parallèle à son plan (mur CLT de contreventement)

2.2.1. Principe général du contreventement par mur CLT

2.2.1.1. Recherche des efforts de vent (ou sismique) par mur

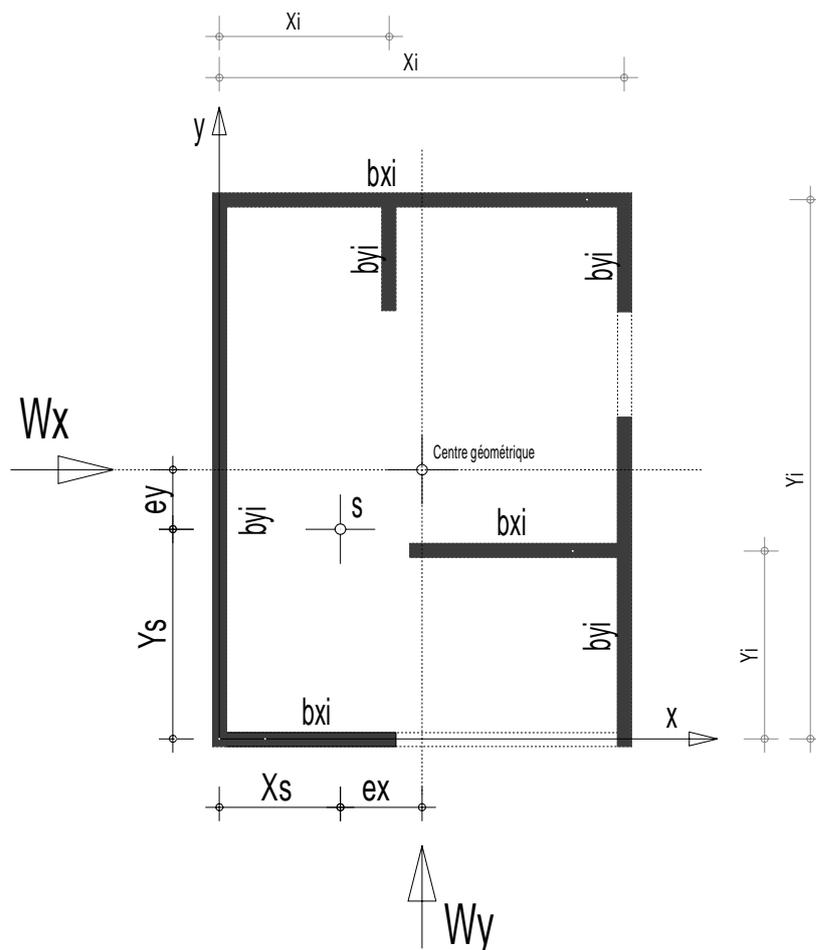
Généralement, l'axe de poussée des efforts de vent sur une construction (centre géométrique), ne coïncide pas avec le centre de rotation des murs de contreventement (barycentre ou centre de raideur). Cela génère une torsion de la construction.

Dans le cas d'efforts sismiques, c'est le centre des masses qui ne coïncide pas avec le centre de raideur. On appliquera la même méthode.

Le calcul doit tenir compte de ces sollicitations de torsion dès lors qu'un diaphragme rigide (plancher) permet de redistribuer les efforts sur l'ensemble des murs. Pour que la méthode soit applicable, il faut :

- un diaphragme rigide
- des murs CLT de même épaisseur (donc de même rigidité). (nota : on considérera uniquement les parties pleines > à 600 mm et ancrées en pied comme contreventantes).

La méthode de recherche des efforts appliqués en tête de chaque mur est nommée méthode du centre de torsion. Elle s'appuie sur le schéma ci-dessous :



Chaque mur est identifié par :

- | | |
|--|----------------|
| . sa largeur | b |
| . son axe de référence | x ou y |
| . son numéro | i |
| . sa position par rapport au repère x ou y | x_i ou y_i |

Coordonnées du barycentre, s $x_s = \frac{\sum b_{yi} \cdot x_i}{\sum b_{yi}}$ $y_s = \frac{\sum b_{xi} \cdot y_i}{\sum b_{xi}}$

Distance entre le barycentre, s et la position de chaque mur selon une direction

$s_{xi} = (x_i - x_s)$

$s_{yi} = (y_i - y_s)$

Effort horizontal appliqué en tête de chaque mur

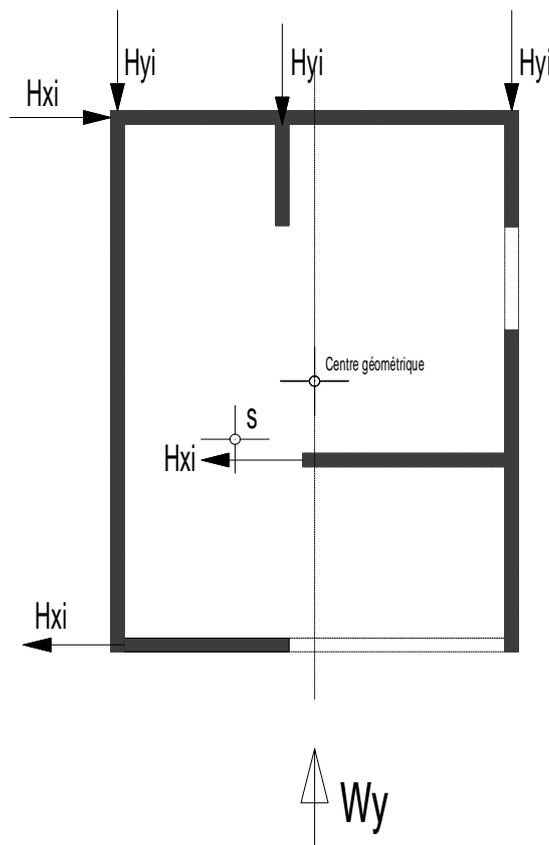
selon vent : W_x , vent selon la direction x

$H_{xi} = \frac{b_{xi}}{\sum b_{xi}} \cdot W_x + \frac{W_x \cdot e_y \cdot s_{yi} \cdot b_{xi}}{\sum b_{xi} \cdot s_{yi}^2 + \sum b_{yi} \cdot s_{xi}^2}$ et $H_{yi} = \frac{W_x \cdot e_y \cdot s_{xi} \cdot b_{yi}}{\sum b_{xi} \cdot s_{yi}^2 + \sum b_{yi} \cdot s_{xi}^2}$

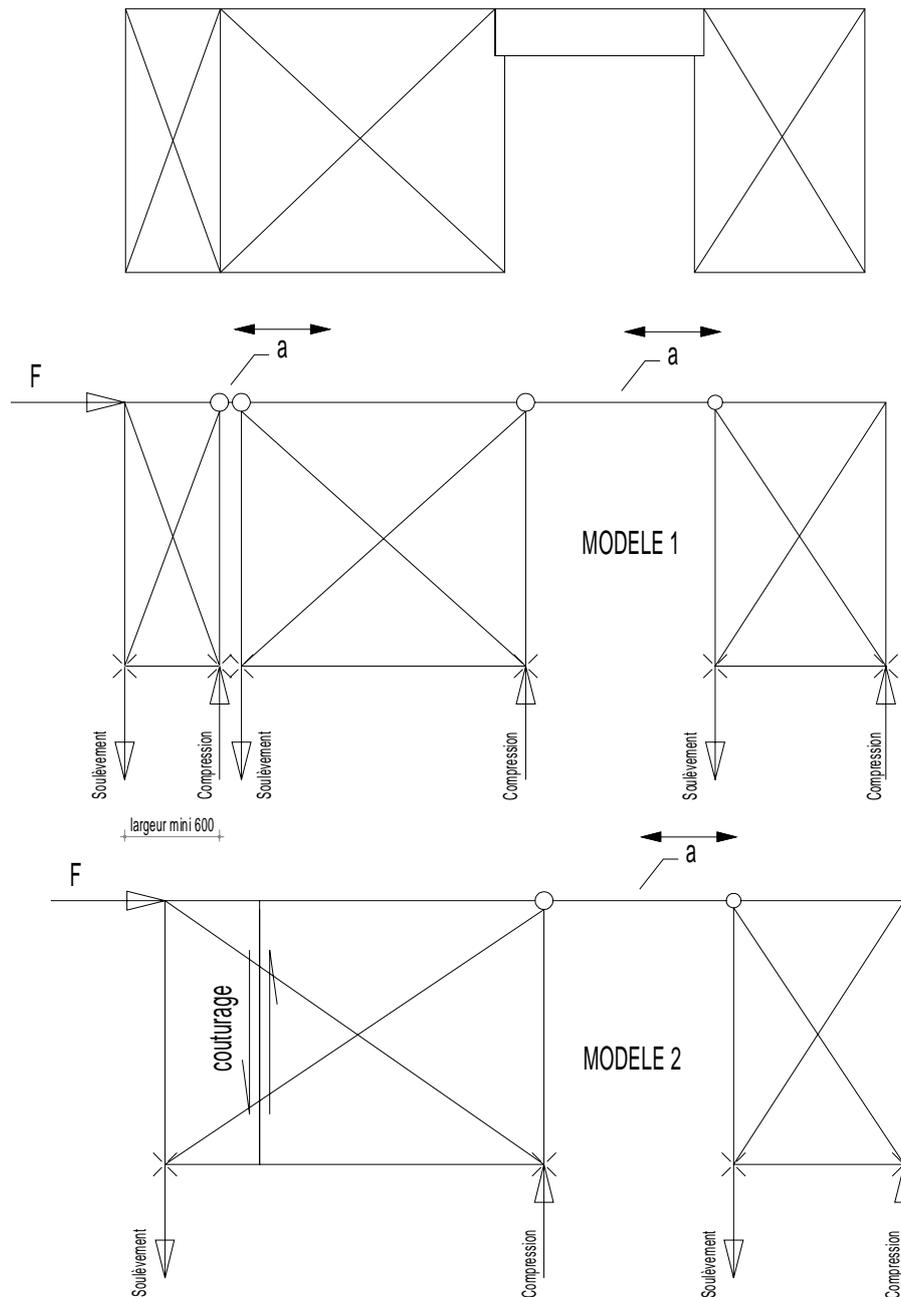
selon vent : W_y , vent selon la direction y

$H_{yi} = \frac{b_{yi}}{\sum b_{yi}} \cdot W_y + \frac{W_y \cdot e_x \cdot s_{xi} \cdot b_{yi}}{\sum b_{yi} \cdot s_{xi}^2 + \sum b_{xi} \cdot s_{yi}^2}$ et $H_{xi} = \frac{W_y \cdot e_x \cdot s_{yi} \cdot b_{xi}}{\sum b_{xi} \cdot s_{yi}^2 + \sum b_{yi} \cdot s_{xi}^2}$

Ce qui donne, par exemple, pour un vent de direction y, W_y :



2.2.1.2. Vérifications et ancrages mur par mur



Lorsque les murs CLT participent au contreventement, ils seront considérés selon deux modèles :

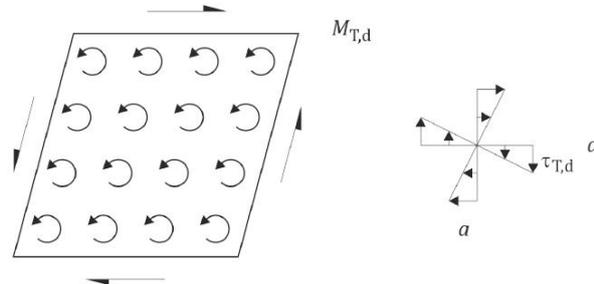
- MODELE 1 :** soit une succession de murs isolés les uns des autres. On justifiera leur tenue et leurs ancrages comme libre en tête et encastrés en pied. Leur largeur doit être supérieure à 600 mm. Un dispositif (a) assure le chaînage de transmission de l'effort horizontal. Chaque mur est également capable de porter cet effort horizontal en prenant en compte les plis orientés parallèlement à l'effort horizontal.
- MODELE 2 :** soit des murs liés entre eux par un coutrage. On justifiera la tenue des grandes parties reconstituées et leurs ancrages comme libre en tête et encastrés en pied. Le coutrage permettra de reprendre le glissement entre les parties initiales des murs. Un dispositif (a) assure le chaînage de transmission de l'effort horizontal. Chaque mur est également capable de porter cet effort horizontal en prenant en compte les plis orientés parallèlement à l'effort horizontal.

Pour les deux modèles, les linteaux sont capables de transmettre les efforts entre les différentes parties en prenant en compte les plis orientés parallèlement à l'effort horizontal.

2.2.2. Modèle de vérification ELU

2 modes de rupture seront considérés :

Mode 1 : la rupture par cisaillement des plans de collage. L'effort horizontal génère un moment dans chaque plan de collage. On vérifiera la rupture de ces plans de collage.



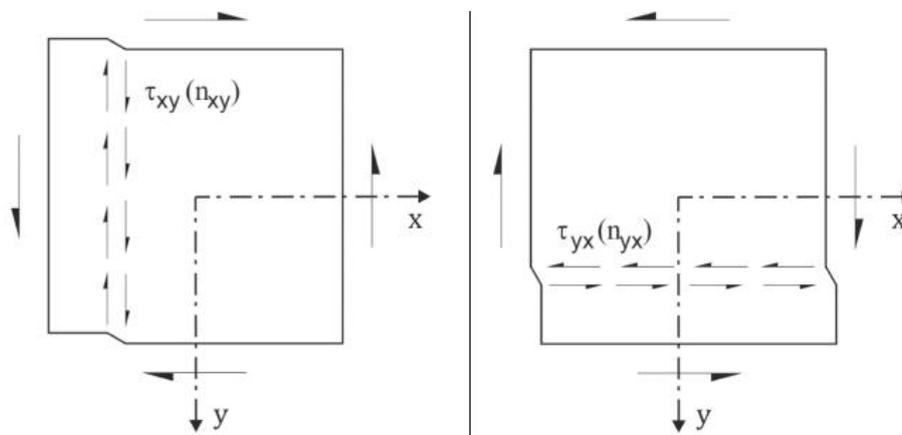
Mode 2 : deux cas sont à prendre en compte :

- Les plis ne sont pas collés sur le chant ;
On vérifie la rupture par cisaillement des plis perpendiculaires à l'effort tranchant.

Les plis sont collés sur le chant ;

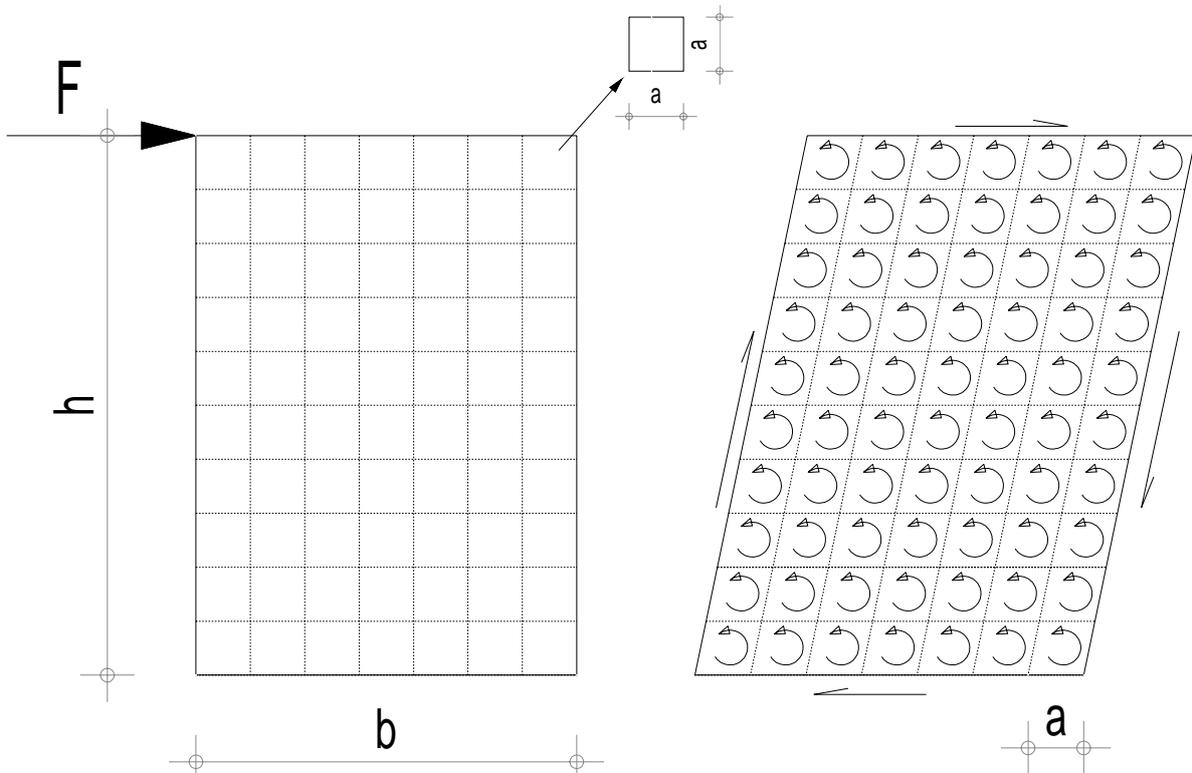
On vérifie la rupture par cisaillement la rupture par cisaillement de la section totale à l'effort tranchant.

Nota : on vérifie le mode 2, selon le tranchant horizontal et le tranchant vertical



2.2.3. Vérification ELU des contraintes de cisaillement

2.2.3.1. Vérification ELU de la contrainte de cisaillement des plans de collage. (mode 1)



$$\tau_{T,d} \leq f_{v,k} \frac{k_{mod}}{\gamma_M}$$

Contrainte de cisaillement

$$\tau_{T,d} = \frac{M_{T,d}}{I} \times \frac{a}{2}$$

- Effort appliqué en tête de mur
- Aire des plans de collage a_{ref}
- Nb de plans de collage dans l'ep du CLT
- Nb de plans de collage dans la hauteur h
- Nb de plans de collage dans la largeur b
- Nb de plans de collage au total
- Moment appliqué aux surfaces collées
- Moment appliqué à une surface collée
- Inertie polaire de lka surface collée

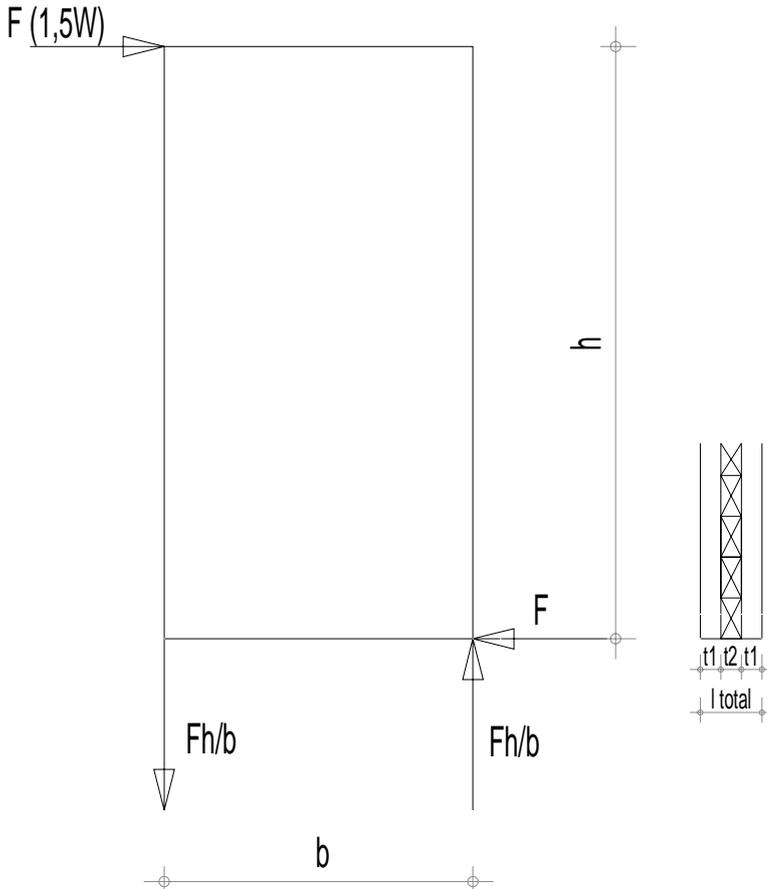
F (effort de vent, à pondérer par 1,5)
de 80 à 200 mm (selon fabricant)
2 plans (pour un trois plis)
h/a
b/a
2hb/a²

$M_{T,d} = F \cdot h$
 $M_{T,d} = F \cdot h / \text{nb de plans de collage}$
 $I = a^4/6$

Résistance de cisaillement caractéristique

$f_{v,k}$ (voir tableau des valeurs caractéristiques)

2.2.3.2. ELU contrainte de cisaillement longitudinal



L'équilibre statique du mur est réalisé sur le schéma ci contre.

On distinguera :

- l'effort horizontal de vent F
- l'effort d'écrasement et l'effort de soulèvement Fh/b

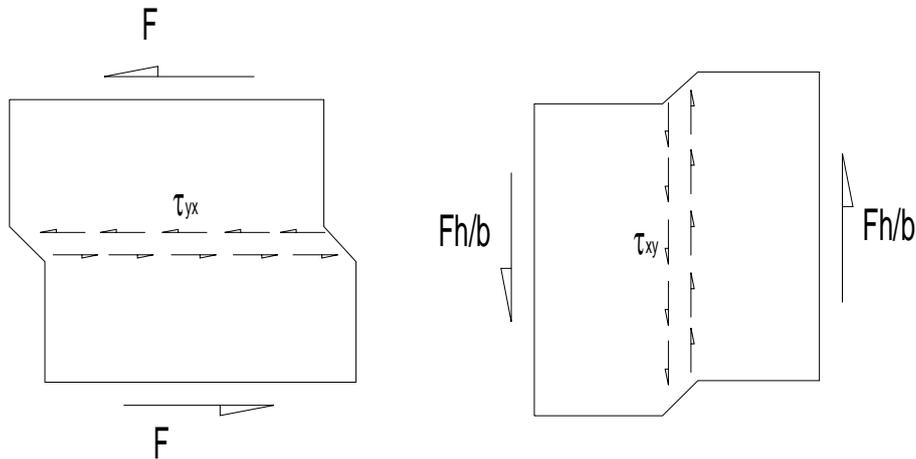
Le mur est composé de 3 ou 5 plis.

L'épaisseur des plis verticaux est donnée par t_1 .

L'épaisseur des plis horizontaux est donnée par t_2 .

L'épaisseur totale du mur est donnée par l_{total}

Le mur se comporte comme une plaque. L'équilibre statique donne un effort tranchant horizontal (F) et un effort tranchant vertical (Fh/b).



Les contraintes sont exprimées ci-dessous selon deux possibilités :

Cas 1 : les chants des plis sont collés. On exprime les vérifications de la manière suivante :

Tranchant horizontal

$$\tau_{yx,d} = \frac{F}{l_{total} \times b} \leq f_{v,yx,total,k} \frac{k_{mod}}{\gamma_M}$$

Tranchant vertical

$$\tau_{xy,d} = \frac{Fh/b}{l_{total} \times h} \leq f_{v,xy,total,k} \frac{k_{mod}}{\gamma_M}$$

- l_{total} épaisseur totale des plis
- $f_{v,xy,total,k}$ et $f_{v,yx,total,k}$ résistance caractéristique uniformisée de la section CLT. Ces résistances sont considérées comme identiques. Voir tableaux des valeurs caractéristiques.

Cas 2 : les chants des plis ne sont pas collés. On exprime les vérifications de la manière suivante :

Tranchant horizontal

$$\tau_{yx,d} = \frac{F}{\sum t_1 \times b} \leq f_{v,yx,k} \frac{k_{mod}}{\gamma_M}$$

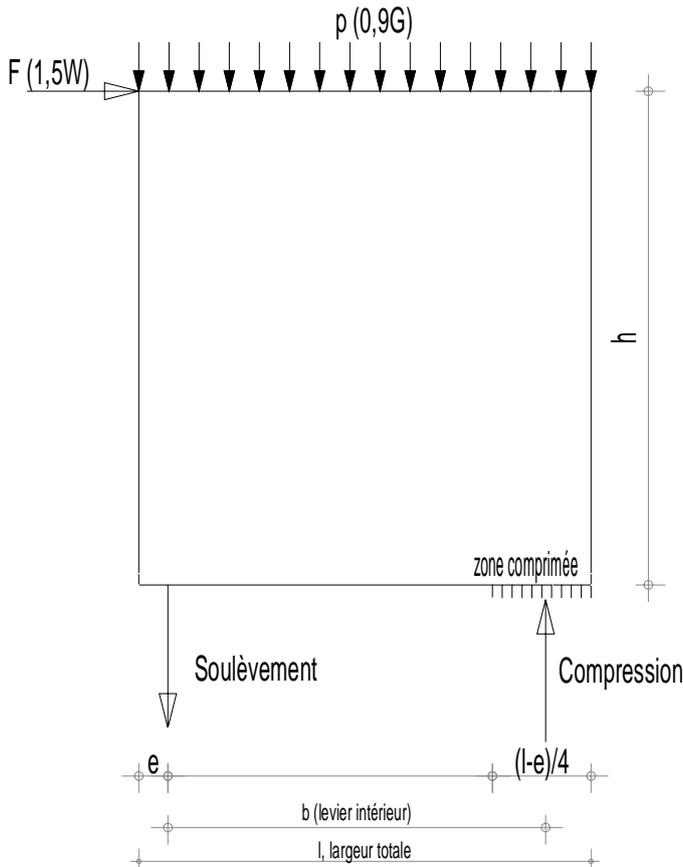
Tranchant vertical

$$\tau_{xy,d} = \frac{Fh/b}{\sum t_2 \times h} \leq f_{v,xy,k} \frac{k_{mod}}{\gamma_M}$$

- t_1 épaisseur des plis verticaux
- t_2 épaisseur des plis horizontaux
- $f_{v,xy,k}$ et $f_{v,yx,k}$ résistance caractéristique des plis \perp au tranchant. Ces résistances sont identiques. Voir tableaux des valeurs caractéristiques.

Nota : dans les deux cas, k_{cr} (coefficient des effets de gerces) n'est pas nécessaire.

2.2.3.3. ELU contrainte transversale sur appui



L'ancrage des murs CLT génère une traction sur appui (soulèvement) et une compression sur appui.

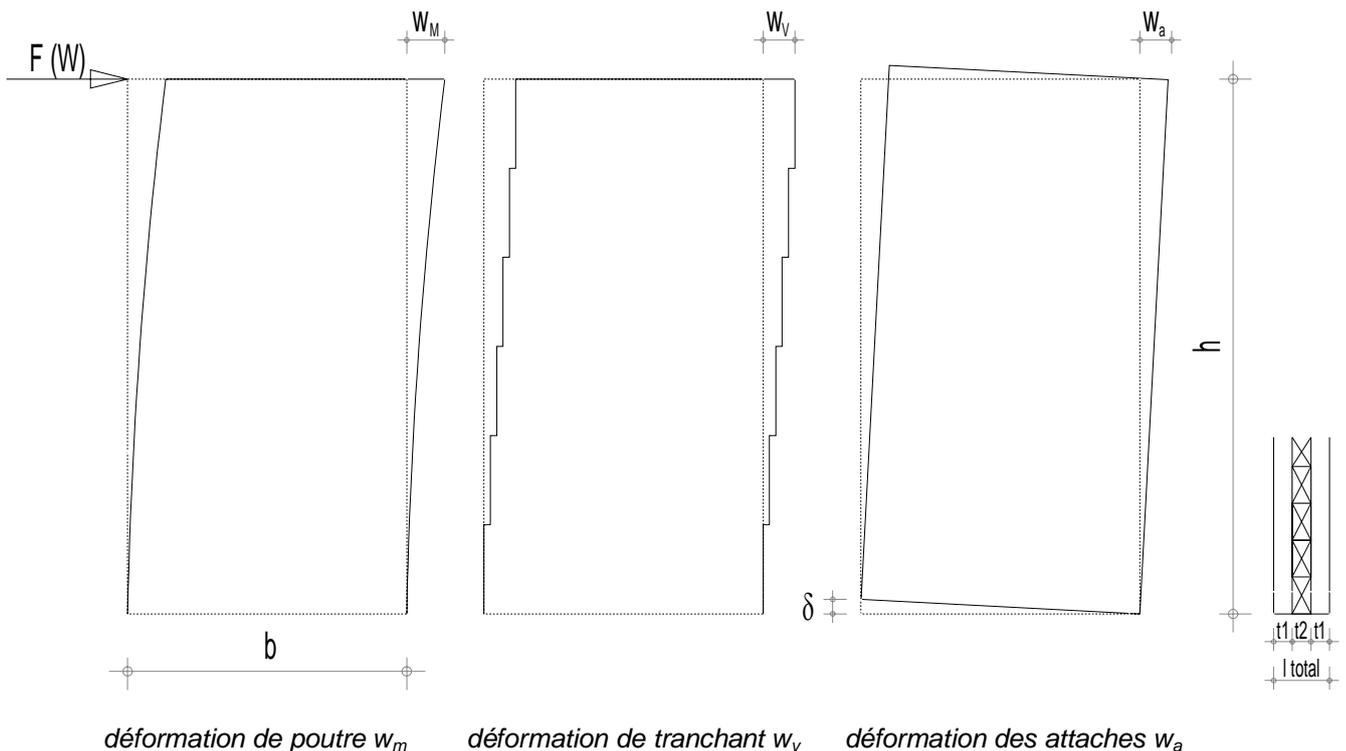
L'ancrage de soulèvement sera étudié plus en avant dans le document.

La zone de compression sera calculée comme expliquée dans le schéma ci contre. Elle correspond à environ $\frac{1}{4}$ de la largeur du mur à laquelle on a déduit l'excentrement de l'ancrage de soulèvement (e).

La vérification se fera comme expliquée dans le passage ci avant (2.1.4)

2.2.4. Vérifications ELS déformation

Principe : la déformation des CLT est le résultat de 3 déformations.



Déformation de poutre
$$w_M = \frac{Fh^3}{3.E_{0,moy}I}$$

Déformation de l'effort tranchant
$$w_v = \frac{Fh}{0,75G_{0,moy}A}$$

Déformation des attaches (raideur des attaches)
$$w_a = \frac{Wh^2}{b^2.k}$$

Déformation totale horizontale
$$w_{hor} = w_M + w_v + w_a$$

- F effort en tête de mur, soit W_i
- $E_{0,moy}$ module d'élasticité moyen
- I $bh^3/12$ (b ép des plis verticaux, h hauteur du mur)
- A aire totale du CLT, soit : $b \times l_{total}$
- $0,75 G_{0,moy}$ module de cisaillement
- k raideur de l'attache (selon k_{ser} , glissement d'assemblage)
- δ déplacement vertical selon la raideur de l'attache.

Nota : explication pour la détermination de w_a

$$\delta = \frac{Fh/b}{k} \quad w_a = \frac{\delta h}{b} \quad \text{donc} \quad w_a = \frac{Fh^2}{b^2k}$$

2.3. La vérification des assemblages

2.3.1. Vérification ELU

Principe : Les règles générales de l'EC5 s'appliquent. Toutefois la vérification des assemblages se fera d'une manière sécuritaire selon les principes ci-dessous :

1. La résistance au cisaillement par plan cisailé R_k est obtenue en considérant le bois traversé par l'assemblage orienté à 90° par rapport au sens de l'effort.
2. le positionnement se fera au plus défavorable des conditions a1, a2, a3 et a4. Par exemple, lorsqu'un boulon traverse un CLT de plusieurs plis, la condition a2 devient une condition a1.

La vérification de l'assemblage se déterminera de la manière suivante :

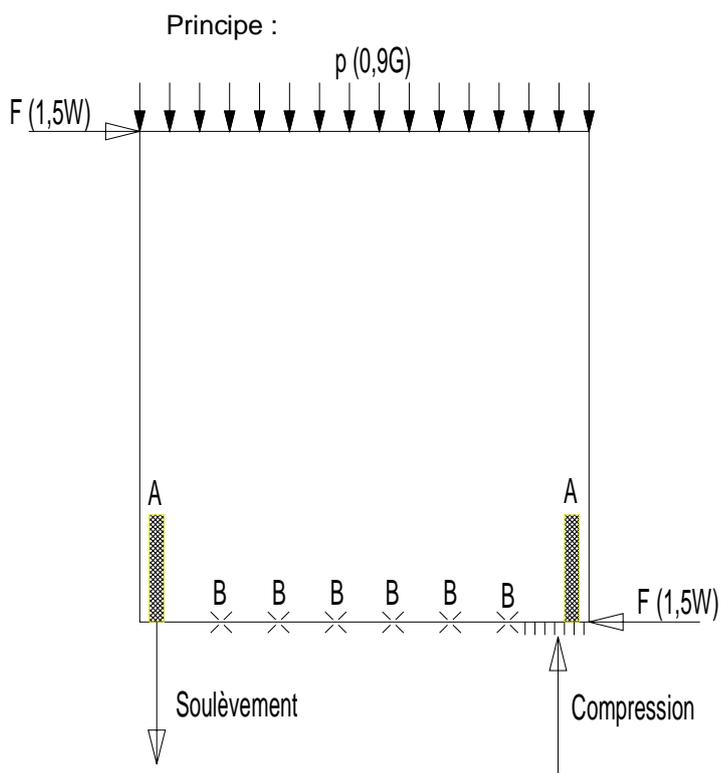
$$Effort \leq \frac{R_k \times k_{mod}}{\gamma_M} \times nb_{plans.cisailés/tige} \times nb_{efficace}$$

2.3.2. Vérification ELS

Principe : Les règles générales de l'EC5 s'appliquent.
On rappellera la valeur k_{ser} glissement d'assemblage en N/mm :

$$\text{Boulons, vis} \quad \frac{\rho_m^{1,5} . d}{23} \quad \text{Pointes} \quad \frac{\rho_m^{1,5} . d^{0,8}}{30}$$

2.3.3. Dispositions générales pour les assemblages en pied de mur



L'équilibre statique du mur indique :

- des efforts verticaux (soulèvement et compression)
- un effort horizontal de cisaillement.

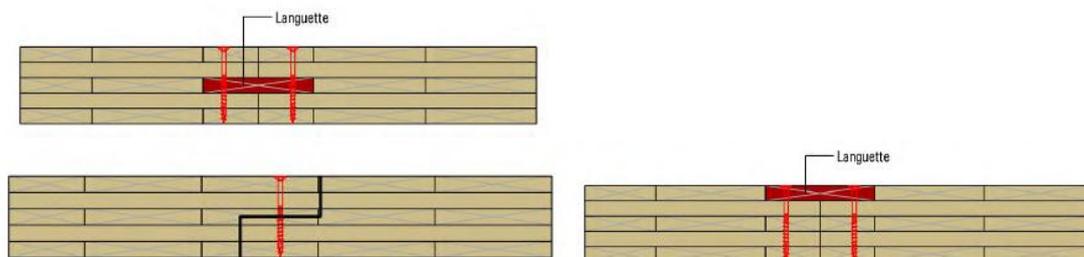
La liaison mur avec son support mettra en œuvre deux dispositifs différenciés pour reprendre ces efforts.

On prévoit un dispositif (A) pour reprendre l'effort vertical de soulèvement et un dispositif (B) pour reprendre l'effort horizontal de cisaillement.

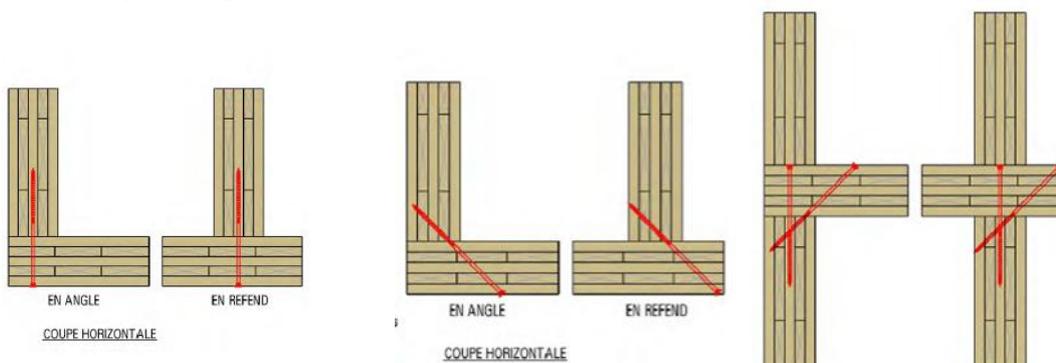
2.3.4. Quelques solutions d'assemblages des murs

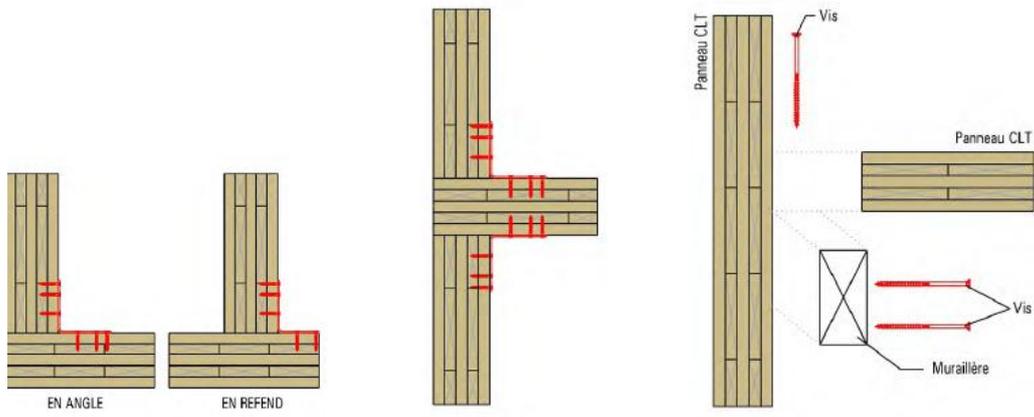
Extraits du guide Rage « Panneaux massifs bois contrecollés »

Assemblages dans le même plan

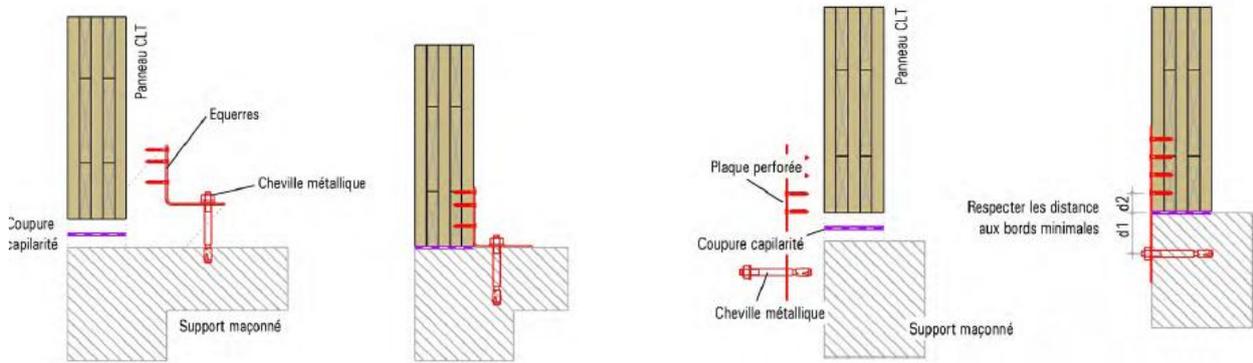


Assemblages d'angle





Assemblages avec soubassement



2.4. La vérification au feu des murs CLT

Principe : Les règles générales s'appliquent en prenant en compte les particularités suivantes :

Particularités liées à la vitesse de carbonisation dans les CLT :

- Phase 1 Au début de la carbonisation, et dans le premier pli, la vitesse de carbonisation β_0 (on prendra 0,75 mm / min) est équivalente à celle d'un bois massif.
- Phase 2 Lorsque le premier pli est carbonisé, le feu atteint la colle. La couche carbonisée de bois disparaît, la vitesse de carbonisation β_0 est **doublée** (on prendra 1,5 mm / min) lors de l'attaque du second pli, et ceci sur une profondeur de 25 mm. Ensuite, on considérera une vitesse de carbonisation normale.
- Phase 3 Le même phénomène se produit à chaque pli.

Particularités liées au joint entre les planches qui composent les plis du CLT :

Lorsque les joints entre les planches des plis sont $>$ à 2 mm, on majorera l'ensemble des vitesses de carbonisation par un coefficient $k_n = 1,2$.

Particularités liées au calcul de la section résiduelle :

On déduit de la section initiale l_a ou les épaisseurs carbonisées, d_{ef} .

$$d_{ef} = \beta_0 t + k_o d_o$$

- β_0 selon prescriptions du paragraphe précédent
 t tenue au feu requise en minutes
 k_o selon règles générales EC5 feu
 d_o couche carbonisée non résistante (charbon adhérent)

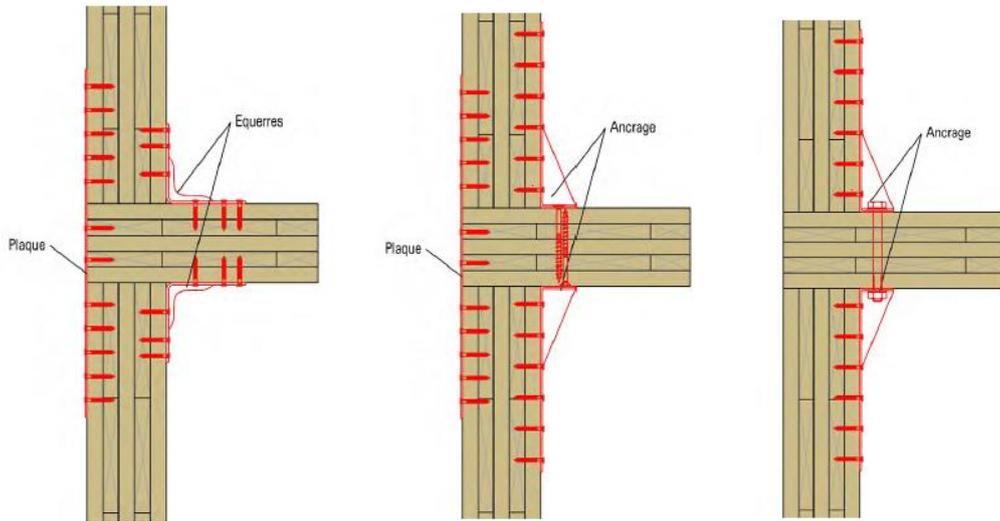
pour un trois plis,
$$d_o = \frac{ep.CLT}{12,5} + 3,95$$

pour un cinq plis,
$$d_o = \frac{ep.CLT}{15} + 10,5$$

2.5. La vérification sismique des murs CLT

Principe : Les règles EC8 s'appliquent en prenant en compte les particularités suivantes :

- On appliquera la méthode des forces latérales (régularité en plan et en élévation)
 - . Classe de ductilité M, coefficient de comportement $q = 2$.
 - . Si le bâtiment n'est pas régulier en élévation, on prendra $q = 1,6$.
- En zone sismique, ce sont les assemblages qui confèrent de la ductilité à l'ouvrage. Les assemblages sont donc prévus pour dissiper l'énergie. Le mode de rupture devra correspondre à la plastification de l'assemblage (rappel : la plastification correspond au mode 3 des modes de ruptures des assemblages par tige). Les assemblages par boulons, broches et pointes lisses sont proscrits.
- Les fixations sur la partie béton se feront avec des chevilles mécaniques bénéficiant d'une ATE. La cheville sera considérée dans du béton fissuré et on limitera sa résistance à 50% de sa résistance sous sollicitation statique.
- Les assemblages transmettent les efforts sismiques d'un niveau supérieur à un niveau inférieur. On prendra exemple sur les dispositions ci-dessous :



Extrait du guide Rage « Panneaux massifs bois contrecollés »
(deux principes : plaques + équerres ou bien équerres + ancrages traversants)

3. Caractéristiques mécaniques des CLT

<i>Caractéristiques</i>	Symbole	CL24 (N/mm ²)
Flexion	$f_{m,k}$	24
Traction axiale	$f_{t,0,k}$	16
Traction transversale	$f_{t,90,k}$	0,5
Compression axiale	$f_{c,0,k}$	24
Compression transversale	$f_{c,90,k}$	3
Cisaillement longitudinal plans de collage	$f_{v,k}$	3,5
Cisaillement section uniformisée	$f_{v,xy, total,k} - f_{v,yx, total,k}$	5,5
Cisaillement longitudinal	$f_{v,xy,k} - f_{v,yx,k}$	3,5
Module moyen d'élasticité axial	$E_{0,moy}$	11600
Module moyen de cisaillement	$G_{0,moy}$	450
Masse volumique au fractile de 5%	ρ_k	385
Masse volumique moyenne	ρ_{moy}	420

Nota : Les CLT sont sous ATE, on consultera les valeurs caractéristiques données par l'ATE.

nb de plis	épaisseur totale (mm)	épaisseur des plis (mm)					
3	59	20	19	20			
	66	20	26	20			
	78	20	38	20			
	90	27	36	27			
	100	37	26	37			
	110	36	38	36			
	120	41	38	41			
	130	43	44	43			
5	100	20	20	20	20	20	
	110	20	21	28	21	20	
	120	20	21	38	21	20	
	130	20	26	38	26	20	
	147	41	22	21	22	41	
	163	42	21	37	21	42	
	181	42	38	21	38	42	
	203	42	38	43	38	42	
213	42	43	43	43	42		
7	233	42	21	43	21	43	21
	248	42	26	43	26	43	26
	284	42	38	43	38	43	38
	299	42	43	43	43	43	42
	341	63	43	43	43	43	63

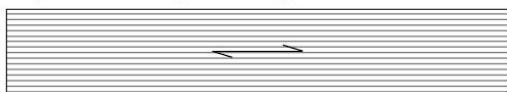
extrait DTA « Binder »

Disposition des plis et épaisseurs des panneaux EGO CLT

Panneaux	Plis	Composition (mm)					Epaisseur (mm)	Largeur (m)	Longueur (m)	
EGO CLT 60	3	20	20	20			60	0,2m à 3,8m *	max. 14m *	
EGO CLT 81	3	27	27	27			81			
EGO CLT 99	3	33	33	33			99			
EGO CLT 135	3	45	45	45			135			
EGO CLT 100	5	20	20	20	20	20	100			
EGO CLT 121	5	27	20	27	20	27	121			
EGO CLT 135	5	27	27	27	27	27	135			
EGO CLT 147	5	33	27	27	27	33	147			
EGO CLT 165	5	33	33	33	33	33	165			
EGO CLT 189	5	45	33	33	33	45	189			
EGO CLT 225	5	45	45	45	45	45	225			
EGO CLT 255	7	45	33	33	33	33	45			255
EGO CLT 279	7	33	45	45	33	45	33			279
EGO CLT 315	7	45	45	45	45	45	45			315

Extrait DTA EGOIN

Composition usuelle des panneaux de type L :

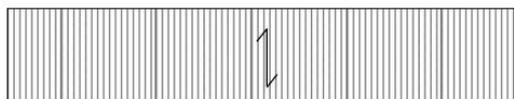


Epaisseur totale mm	Nombre de mm	Epaisseur et disposition des plis*						
		Pli L	Pli Q	Pli L	Pli Q	Pli L	Pli Q	Pli L
60 L	3	19	22	19	-	-	-	-
78 L	3	19	40	19	-	-	-	-
90 L	3	34	22	34	-	-	-	-
95 L	3	34	27	34	-	-	-	-
108 L	3	34	40	34	-	-	-	-
120 L	3	40	40	40	-	-	-	-
95 L	5	19	19	19	19	19	-	-
117 L	5	19	30	19	30	19	-	-
125 L	5	19	34	19	34	19	-	-
140 L	5	34	19	34	19	34	-	-
145 L	5	34	21,5	34	21,5	34	-	-
162 L	5	34	30	34	30	34	-	-
182 L	5	34	40	34	40	34	-	-
200 L	5	40	40	40	40	40	-	-
201 L	7	34	21,5	34	22	34	21,5	34
226 L	7	34	30	34	30	34	30	34
208 LL**	5	68**	19	34	19	68**		
230 LL**	7	68**	30	34	30	68**		
248 LL**	7	74**	30	40	30	74**		
247 LL**	8	68**	21,5	68**	21,5	68**		

* Les plis L sont orientés dans la direction longitudinale et les plis Q sont orientés dans la direction transversale.

Extrait DTA KLH

Composition usuelle des panneaux de Type Q :



Epaisseur totale mm	Nombre de couches	Epaisseur et disposition des plis*				
		Pli Q	Pli L	Pli Q	Pli L	Pli Q
57 Q	-	19	19	19		
72 Q	3	19	34	19	-	-
94 Q	3	30	34	30	-	-
120 Q	3	40	40	40	-	-
95 Q	5	19	19	19	19	19
128 Q	5	30	19	30	19	30
158 Q	5	30	34	30	34	30

* Les plis Q sont des plis constitués de planches orientées dans la direction transversale et les plis L sont orientés dans la direction longitudinale.

Leno	Plis	Composition					
51	3	17	17			17	
71	3	27	17			27	
81	3	27	27			27	
85	5	17	17	17	17	17	
93	3	33	27			33	
95	5	17	17	27	17	17	
99	3	33	33			33	
105	5	27	17	17	17	27	
115	5	27	17	27	17	27	
125	5	27	27	27	27	27	
133	5	33	17	33	17	33	
135	5	27	27	27	27	27	
142	6	27	17	27+27	17	27	
147	5	33	27	27	27	33	
162	6	27	27	27+27	27	33	
165	5	33	33	33	33	33	
169	7	27+27	17	27	17	27+27	
189	7	27+27	27	27	27	27+27	

Extrait DTA LENO

4. Bibliographie

pro:Holz Information **Cross-Laminated Timber .
Structural Design**

Basic design and
engineering principles
according to Eurocode

<http://www.proholz.at/shop/proholz-information/>

Construction with Cross-Laminated Timber in Multi-Storey Buildings

Focus on Building Physics

http://www.mm-holz.com/fileadmin/user_upload/Downloads/Folder/Sonstige/Planungsbroschuere-Brettsperrholz_en.pdf

Stora Enso Building and Living

Building Solutions

**Le CLT
de Stora Enso**
Brochure technique



storaenso

<http://www.clt.info/fr/documentation/brochures/brochures/>



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »
www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

**PANNEAUX MASSIFS
BOIS CONTRECOLLÉS**

http://www.programmepacte.fr/sites/default/files/pdf/guide-rage-panneaux-massifs-bois-contrecolle-neuf-2014-12_0.pdf



<http://www.klh.at/fr/download/>



storaenso

Calculatis
by Stora Enso

<https://calculatis.clt.info/>