



PROFILS DE CONTRAINTES DANS LES INTERFACES COLLÉS BOIS-BOIS

C. QUINTERO REYES, N. SAUVAT, A. MILLEN, F. DUBOIS
Univ. Limoges, GC2D, EA 3178, F-19300 Egletons, France
Contact: christian.quintero-reyes@etu.unilim.fr

GC2D

Laboratoire de Génie Civil, Diagnostic & Durabilité

10èmes journées du GDR « Sciences du bois »
Montpellier, 17-19 novembre 2021

Contexte et Objectif



Les Bois d'Ingénierie, reconstitués par collage, sont indispensables aujourd'hui pour la réalisation de structures en bois, qu'elles soient courantes ou exceptionnelles comme les ponts ou les Immeubles de Grande Hauteur. Cependant, les phénomènes de délamination dans les interfaces subsistent, et peuvent être provoqués à la fois par le chargement mécanique et par les variations dimensionnelles différentielles dues aux variations hydriques, le tout dans un milieu caractérisé par un comportement dépendant du temps tel que la viscoélasticité.

Ce travail numérique propose ainsi de comparer, sur les contraintes à l'interface entre lamelles, les effets de l'orientation relative de l'orthotropie des lamelles en considérant trois approches comportementales, à savoir, l'élasticité, la viscoélasticité et la viscoélasticité hygroactivée.

1. Cas d'étude

Nous étudions une section 2D orthotrope dans le plan RT (figure 1). Elle représente deux lamelles collées.

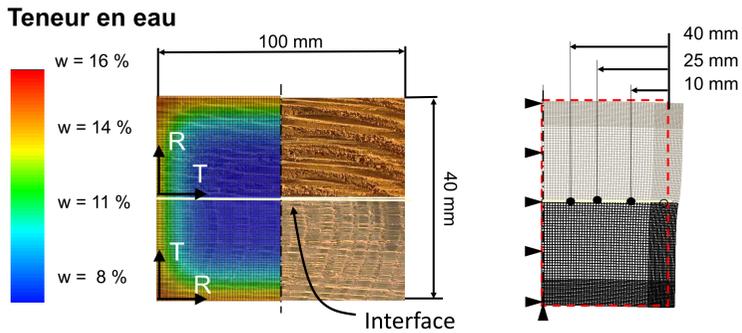


Figure 1. Cas d'étude avec orientation d'orthotropie et un champs hétérogène d'humidité exemple à 4 jours de diffusion

Figure 2. Maillage déformé à 89 jours

Nous avons utilisé la méthode des éléments finis (MEF) dans le logiciel CAST3M. Le maillage est composé d'éléments quadrangles pour le bois (QUA8) et pour l'interface des segments (RAC3) avec des interpolations quadratiques.

Avec une teneur en eau initial $w_0 = 8\%$, les conditions environnementales changent instantanément à $T = 20^\circ C, HR = 90\%$ ce qui conduit à une stabilisation finale à 16% Les propriétés du bois sont inspirées du Douglas et listée ci-dessous :

E_R (MPa)	E_T (MPa)	G_{RT} (MPa)	α_T (%/%w)	α_R (%/%w)	δ_R kg/(msPa)	δ_T kg/(msPa)
1000	636	84	0.38	0.19	14.74E-5	14.74E-5

La diffusion d'humidité entraine des variations dimensionnelles empêchées qui génèrent des contraintes dans le matériau.

2. Modèle mécanique d'étude

Le modèle rhéologique est illustré dans la figure 3. Le déformation total est la somme de la part élastique, due au gonflement et la part viscoélastique.

Pour expliquer les effets de non linéaires dus au couplages environnemental, nous avons utiliser la hygro activation (l'équation 3) pour avoir un amplification d'un assouplissement du bois.

L'influence de la teneur en eau sur les propriétés viscoélastique des modèles de Kelvin Voigt est prise en compte par l'intermédiaire d'un coefficient d'hygroactivation a_w . Ce coefficient entraine une accélération du fluage calculée en s'appuyant sur les coefficients de déformation k_{def} de l'EC5. Le paramètre d'amplification de temps d'ouverture est déterminé dans l'équation 4.

A_w est un coefficient de calage (140) et $w_{ref} = 12\%$.

$$\varepsilon = \varepsilon^{el} + \alpha_w \cdot (w_i - w_0) + \sum_{i=1}^N \varepsilon_i^{ve}(w) \quad 1 \quad a_w = e^{A_w \cdot (\frac{1}{w} - \frac{1}{w_{ref}})} \quad 2$$

$$J(t) = \frac{1}{E_o} \cdot \left(1 + \sum_{i=1}^N \frac{E_o}{E_i} \cdot \left(1 - \exp\left(-a_w \cdot \frac{\eta_i}{E_i} \cdot (t = 50\text{ans})\right) \right) \right) \quad 3$$

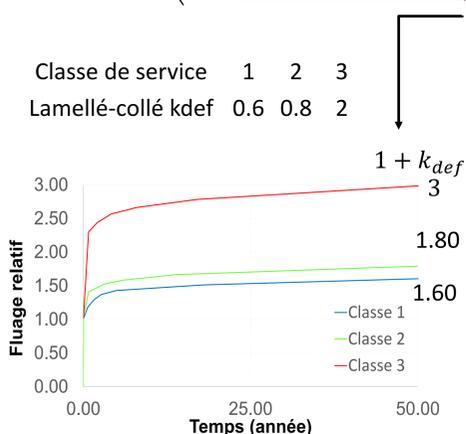


Figure 4 Fluage relative des classe de services dans l'Eurocode 5

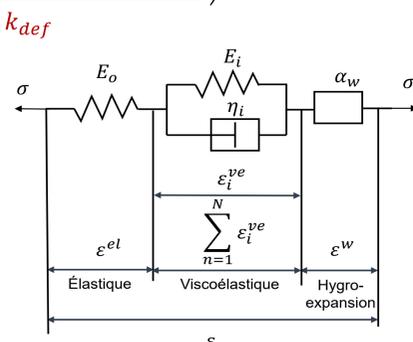


Figure 3 Illustration du modèle rhéologique pour les adhérents (bois)

3. Résultats

La simulation de la diffusion hydrique, nous permet de connaître le profil hétérogène de teneur en eau. Dans la figure 5, nous pouvons voir la cinétique de diffusion pour des différents points de profondeur.

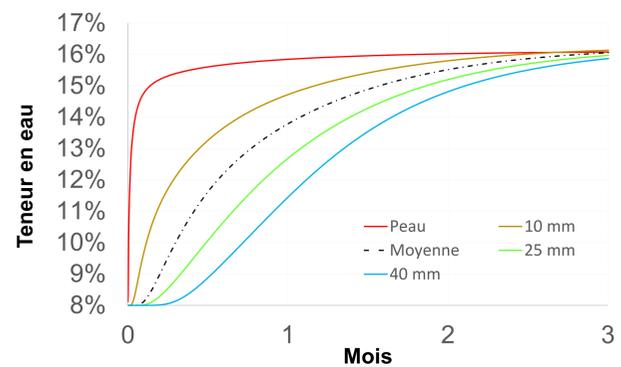


Figure 5 Évolution temporelle pendant 3 mois de la teneur en eau dans différents points de la surface

L'évolution hétérogène d'humidité va créer des variations dans le profil de contrainte. Les contraintes vont suivre un redistribution dans tous les pas de calcul. Nous ne considérons ici que les contraintes maximales, en traçant les enveloppes en fonction du temps.

Nous utilisons comme référence le cas purement élastique. Ensuite, pour quantifier les effets de la viscoélasticité et de la viscoélasticité hygroactivée, nous proposons différentes étapes :

- Comportement viscoélastique indépendant de l'humidité avec des propriétés correspondant à
 - $W = 8\%$, soit $a_w = 0,003$
 - $W = 12\%$, soit $a_w = 1$
 - $W = 16\%$, soit $a_w = 18$
- Comportement viscoélastique dépendant de l'humidité, ou hygroactivée, avec a_w variable entre 0,003 et 18, soit un facteur 6000.

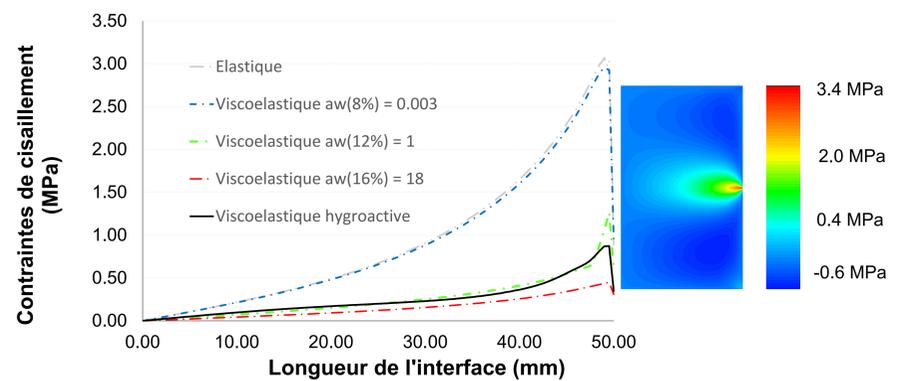


Figure 6 Enveloppes maximales de contrainte de cisaillement dans l'interface pendant un période de 3 mois. Et isovaleurs pour le cas élastique au 89 jour

Les courbes enveloppes de maximum de contraintes de cisaillement présentées dans la figure 4 nous montrent le fort impact de la viscoélasticité. Cette prise en compte réaliste, avec une hygroactivation actualisée en fonction du gradient d'humidité, met en évidence l'effet de la relaxation des contraintes. Le cisaillement reste toutefois maximum à l'extrémité du plan de colle.

4. Conclusions et Perspectives

Ces premiers résultats permettent de comprendre la redistribution des contraintes lors d'une humidification. Le champs d'humidité hétérogène va créer un champs de contraintes à cause du gonflement dans l'interface. La cinétique de diffusion couplée avec le comportement dépendant du temps et une hygroactivation pour le phénomène de fluage vont atténuer le pic de contrainte de cisaillement.

L'objectif suivant est de compléter cette approche avec un modèle de délamination basé sur la mécanique de l'endommagement de l'interface.