



Free Water migration within Unsaturated Wood

Responsable scientifique : Romain REMOND, Laboratoire d'Etudes et de Recherche sur le Matériau Bois (LERMAB)

Partenaires Labex : Benoit Martin et Damien Lathuillière (LERMAB)

Collaborations : Julien Colin et Patrick Perré (Laboratoire LGPM (CentraleSupélec))

Contexte —

Le nombre de bâtiments de grande hauteur en bois augmente actuellement de manière significative avec la démocratisation des panneaux CLT. Cependant, les éléments structurels de ces bâtiments sont particulièrement exposés aux conditions climatiques extérieures pendant la phase de construction. Pour assurer leur durabilité sur leur durée de vie prévue, il est nécessaire de connaître le temps de séchage suite à des intempéries avant la fermeture des éléments structurels bois. Cette question impliquant un transfert couplé de chaleur et de masse, peut être étudiée à l'aide d'outils numériques.

Objectifs —

A l'aide de l'imagerie à rayons X, ce travail vise à fournir des données expérimentales pour valider la prédiction capacitive des modèles de calcul simulant le transfert de chaleur et de masse dans les milieux poreux. Cette technique a prouvé son grand potentiel dans l'observation de la migration de l'eau liquide dans les matériaux de construction et offre plus d'informations que les méthodes gravimétriques standard. Le principal défi de l'imagerie par rayons X est de distinguer l'eau de la matière lignocellulosique. Deux méthodes complémentaires sont proposées. Toutes deux utilisent un nano-tomographe de dernière génération (RX Solutions Easy XL Ultra 150-160), adapté de l'imagerie haute résolution à l'imagerie rapide.

Démarche —

La première méthode est basée sur l'imagerie 3D. Pour ce faire, l'extrémité d'un petit cylindre de bois est soumise à de l'eau liquide et des scans sont effectués à plusieurs reprises. Des scans à haute résolution ont été choisis (taille de voxel 3 μm) pour définir clairement la structure anatomique du bois. L'eau liquide dans une tranche peut ensuite être estimée, par traitement d'image, comme la proportion de cellules de la lumière remplies d'eau. Cependant, l'inconvénient de ce protocole est le long temps nécessaire par scan, ce qui limite la méthode à des évolutions lentes du champ MC.

Pour évaluer l'imbibition rapide de l'eau dans le sens longitudinal, un autre protocole a été développé, basé sur des projections 2D, permettant l'imagerie haute fréquence. Comme la structure anatomique ne peut pas être observée dans ce cas, un traitement rigoureux de l'atténuation du faisceau de rayons X a été mis en œuvre pour déterminer la MC.

Résultats marquants —

- Migration d'eau liquide non homogène entre les cernes de croissance
- Front d'eau liquide rapide au début, suivi d'une augmentation linéaire et constante de la teneur en eau
- Pas de migration préférentielle entre le bois initial et le bois final comme mentionné dans d'autres études
- Les rayons ligneux jouent un rôle important dans la migration liquide de l'eau via les ponctuations de champs de croisement
- Angle de contact dans les lumens visibles ce qui confirme l'affinité de la paroi cellulaire avec l'eau.

Principales conclusions incluant des points-clés de discussion —

Deux méthodes complémentaires ont été développées pour accéder à la migration de l'eau liquide dans le bois. La première a permis de mesurer quantitativement l'évolution de la distribution de l'humidité après un traitement rigoureux de l'atténuation du faisceau de rayons X. La seconde méthode, utilisant une reconstruction 3D haute résolution, a mis en évidence le rôle des rayons ligneux du bois sur la migration liquide au sein du réseau poreux.

Perspectives —

- Au niveau expérimental, des essais seront menés sur la migration liquide (cycle séchage - humidification) selon la direction radiale du bois et probablement sur des essences plus perméables.
- Les données expérimentales ainsi obtenues par imagerie 2D pourront être analysées par méthode inverse en utilisant le code de calcul TransPore afin d'identifier l'expression de la perméabilité relative liquide.
- A terme, améliorer le potentiel prédictif des modèles numériques pour la prédiction des risques de biodégradation, séchage du bois, champs d'humidité dans les murs de bâtiments, conception de murs composites, etc.

Valorisation —

Titre	Nom de la conférence ou du journal	Lieu		Date		Type
Dynamique des transferts d'humidité au sein du bois lamellé croisé (CLT): mesures par tomographie X et modélisation numérique	Journée Scientifique Matériaux de Construction Biosourcés	France	Champs sur Marne	Mars	2018	Poster
Measuring moisture content distribution in wood during imbibition by micro-tomography	Physics of drying	France	Marne la Vallée	Novembre	2018	Communication orale
Dynamique des transferts d'humidité au sein du bois massif et des panneaux lamellés croisés : mesures par tomographie X	Les journées Jeunes Chercheurs Transfrontalières	France	Reims	Avril	2019	Communication orale
Water migration in wood during imbibition assessed by X-ray imaging	Nordic Symposium on Building Physics	Estonie	Tallin	Juin	2020	Communication orale

En outre un article sur ces travaux est en cours de rédaction, il sera soumis avant le printemps 2020, probablement dans Building and Environment - Journal - (Elsevier)

Effet levier du projet —

Le financement de ce projet (post-doc, déplacements, fonctionnement) a permis de compléter le travail de thèse de B. Martin (Thèse ADEME-LERMAB-LGPM) en ajoutant des résultats nouveaux sur la migration de l'eau liquide dans l'épicéa. Les résultats obtenus avec ce nano-tomographe de dernière génération nous montrent pourquoi les modèles utilisant des formulations macroscopiques échouent dans la prédiction de l'imbibition d'eau au sein de l'épicéa. Le cheminement de l'eau est en effet complexe et hétérogène au sein du plan ligneux en raison du manque de connections intervasculaires (ponctuations fermées après séchage) et l'intervention des rayons ligneux comme élément de pontage dans le cheminement. Ceci nous amène à revoir les ambitions initiales sur la capacité des modèles macroscopiques à pouvoir prédire la reprise d'humidité au sein de l'épicéa. En outre, ces résultats et les outils développés donnent de nouvelles perspectives pour les travaux à venir.