

Avis de Soutenance

de Monsieur Benoît MARTIN

Laboratoire d'études et de recherche sur le matériau bois

Laboratoire de génie des procédés et matériaux

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés :

« Dynamique des transferts d'humidité au sein de l'épicéa commun (*Picea abies* (L.) Karst.) : mesures par imagerie X et simulations numériques »

Thèse dirigée par Romain Rémond et co-dirigée par Julien Colin

Soutenance le

Mardi 22 mars 2022 à 14h00

Lieu : ENSTIB, 27 rue Philippe Séguin, 88000 Épinal
Amphithéâtre Philippe Séguin et par vidéoconférence

Composition du jury :

Rachid Bennacer, Professeur, ENS Paris Saclay (LMT), Rapporteur
Monika Woloszyn, Professeure, Polytech Annecy Chambéry (LOCIE), Rapporteur
Jean Michel Leban, Directeur de recherche, INRAE Nancy, Examinateur
Samira Kherrouf, Docteure, Ingénieur ADEME, Examinatrice
Romain Rémond, Maître de conférences HDR, Université de Lorraine (LERMAB),
Directeur de thèse
Julien Colin, Maître de conférences, CentraleSupélec (LGPM), Co-Encadrant
Patrick Perré, Professeur, CentraleSupélec (LGPM), Invité

Titre : Dynamique des transferts d'humidité au sein de l'épicéa commun (*Picea abies* (L.) Karst.) : mesures par imagerie X et simulations numériques

Mots clés : épicéa, transferts d'humidité, imbibition, sollicitations thermiques, tomographie par rayons X

Résumé : Les outils numériques sont couramment utilisés par les entreprises de construction pour concevoir et valider les systèmes constructifs en vue de répondre aux exigences thermiques et environnementales des bâtiments. Dans le cas du bois

massif, des disparités demeurent entre les simulations numériques et les données expérimentales vis-à-vis des transferts d'humidités. Leur bonne prise en compte est pourtant une donnée essentielle pour garantir la pérennité des ouvrages bois et assurer les performances thermiques de l'ouvrage. Ce travail vise à mieux comprendre les transferts d'humidités au sein du bois massif en vue d'améliorer la capacité prédictive des modèles. Ainsi, plusieurs dispositifs expérimentaux ont été développés pour étudier la dynamique des transferts d'humidité à l'échelle matériau à l'aide de l'imagerie X. Dans un premier temps, des expériences d'imbibition ont été menées pour étudier la migration capillaire dans des échantillons d'épicéa afin de reproduire une exposition à de l'eau liquide lors de la phase de construction. Les images tomographiques 3D ont permis de suivre le cheminement de l'eau et ainsi de mieux comprendre l'effet de l'anatomie sur les transferts. Dans un second temps, la dynamique des transferts d'humidité en conditions non-isothermes a été étudiée en appliquant une séquence de sollicitations thermiques aux bornes d'un échantillon cylindrique se rapprochant des conditions rencontrées dans une paroi extérieure. L'évolution spatio-temporelle de la teneur en eau au sein de l'échantillon – initialement avec une teneur en eau homogène – a mis en évidence l'effet de la température sur la redistribution de l'humidité. Enfin, ces données expérimentales ont été confrontées aux valeurs issues de simulations numériques suivant différentes configurations illustrant les capacités prédictives et les limites des modèles utilisant une formulation macroscopique pour simuler les transferts couplés chaleur-masse dans le milieu poreux.

Title: Dynamics of moisture transfer in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.): X-ray imaging measurements and numerical simulations

Keywords: Norway spruce; moisture transfer; imbibition; thermal solicitations; X-ray tomography

Abstract: Numerical tools are commonly used by construction companies to design and validate building systems to meet thermal and environmental requirements of buildings. In the case of solid wood, discrepancies remain between numerical simulations and experimental data regarding moisture transfer. However, their correct consideration is essential to guarantee the durability of wood structures and ensure their thermal performance. This work aims to better understand moisture transfer in solid wood in order to improve the predictive capacity of models. For this purpose, several experimental setups were developed to study the dynamics of moisture transfer in wood samples using X-ray imaging. Firstly, imbibition experiments were conducted to study capillary migration in spruce samples to reproduce exposure of wooden construction components to liquid water during the construction phase. The results – from 3D μ CT images – allowed to follow the liquid pathways in the pore network of wood and thus to better understand the effect of anatomy on the water migration. Secondly, the dynamics of moisture transfer under non-isothermal conditions was studied by applying a sequence of thermal solicitations to the ends of a cylindrical sample similar to the conditions encountered in an external wall. The spatio-temporal evolution of the moisture content within the sample – initially with a homogeneous moisture content – showed the effect of temperature on the moisture redistribution. Finally, these experimental data were compared with values from numerical simulations in different configurations, illustrating the predictive capacities

and limitations of models using a macroscopic formulation to simulate coupled heat-mass transfers in a porous medium.