



**HAL**  
open science

## Mise en évidence de l'influence de l'hétérogénéité intra-cerne sur le comportement hygromécanique du bois

Marie Bonnet, Co Dao, Sabine Caré, Patrick Aïmedieu, Michel Bornert

### ► To cite this version:

Marie Bonnet, Co Dao, Sabine Caré, Patrick Aïmedieu, Michel Bornert. Mise en évidence de l'influence de l'hétérogénéité intra-cerne sur le comportement hygromécanique du bois . 6èmes journées annuelles du GDR 3544 " Sciences du bois " , Nov 2017, Nantes, France. hal-01711385

**HAL Id: hal-01711385**

**<https://enpc.hal.science/hal-01711385>**

Submitted on 17 Feb 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Mise en évidence de l'influence de l'hétérogénéité intra-cerne sur le comportement hygromécanique du bois

BONNET Marie, DAO Co, CARE Sabine, AIMEDIEU Patrick, BORNERT Michel

Laboratoire Navier, UMR 8205, Ecole des Ponts, IFSTTAR, CNRS, UPE,  
Champs-sur-Marne, France  
[marie.bonnet@enpc.fr](mailto:marie.bonnet@enpc.fr), [sabine.care@ifsttar.fr](mailto:sabine.care@ifsttar.fr)

**Mots clefs :** Bois final, bois initial, corrélation d'images volumiques, densité, Douglas, microtomographie aux rayons X, modélisation, retrait-gonflement.

### Contexte et objectif

La variabilité des propriétés du bois ainsi que son hygroscopicité pourraient être un frein à son utilisation dans la construction, même si il peut être considéré comme un matériau de choix dans le contexte environnemental et économique actuel. Il est donc primordial de mieux comprendre les origines physiques du comportement du bois pour être capable d'améliorer la prédiction de ses propriétés, et pouvoir ainsi le rendre plus compétitif par rapport aux autres matériaux de construction. Le comportement hygromécanique du bois, caractérisé par des variations dimensionnelles en présence de variations d'hygrométrie, est particulièrement difficile à prédire, du fait de sa microstructure multi-échelle et de ses interactions complexes avec l'eau. Ce travail vise à comprendre et enrichir les relations entre la microstructure du bois et son comportement hygromécanique, en étudiant l'influence de l'hétérogénéité de au sein du cerne, constitué de bois initial et de bois final dont la structure et les propriétés présentent de nombreuses différences. Les mécanismes de déformation du bois initial, du bois final et du cerne sont étudiés à différentes échelles par corrélation d'images volumiques à partir d'images de microtomographie aux rayons X. Une discussion sur les interactions entre le bois initial et le bois final est réalisée à travers ces résultats et complétée au moyen d'une modélisation par éléments finis.

### Matériaux et méthodes

Cette étude a été menée sur du Douglas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco), actuellement référencé comme un matériau de structure intéressant. Un barreau prélevé dans un plateau de cœur a été utilisé dans ce travail. Trois échantillons de bois initial et de bois final, de dimensions 3x10x8 mm<sup>3</sup> (R, T, L), ainsi qu'un échantillon de la taille d'un cerne, de dimensions 6x6x6 mm<sup>3</sup> (R, T, L) ont été prélevés dans le même cerne. La zone de prélèvement très restreinte permet de limiter la variabilité entre les échantillons.

Les échantillons ont été imagés par microtomographie aux rayons X de laboratoire à différents états hydriques au cours d'un cycle complet d'humidification-séchage compris entre 2 et 97% HR. Les images, dont la taille de voxel est 8 µm, ont été acquises avec une intensité du courant et une tension dans le tube à rayons X de 80 µA et 80 kV respectivement. Les champs de déformations locaux et globaux ont été ensuite étudiés en analysant ces images par corrélation d'images volumiques.

Enfin, un modèle aux éléments finis a été développé. Les échantillons sont modélisés par des matériaux multicouches, dont chaque couche possède des propriétés mécaniques et une dilatation hydrique qui dépendent de la densité locale, afin de prendre en compte les gradients de propriétés dans le cerne.

## Résultats

A l'échelle locale, des hétérogénéités du champ de déformations dans le bois initial, le bois final et le cerne sont mises en évidence. Le champ des déformations radiales du bois initial est très homogène par rapport à celui du bois final dans lequel un fort gradient radial apparaît (Fig. 1). Dans le cerne, une évolution progressive des déformations dans la direction radiale est montrée. Les champs de déformations tangentiels (non présentés ici) mettent en évidence une évolution radiale des déformations dans les trois types d'échantillons. Cette hétérogénéité radiale est quantifiée au travers des profils radiaux de déformations, dont l'évolution en fonction de la teneur en eau est analysée, comme montré par exemple dans la Fig. 2.

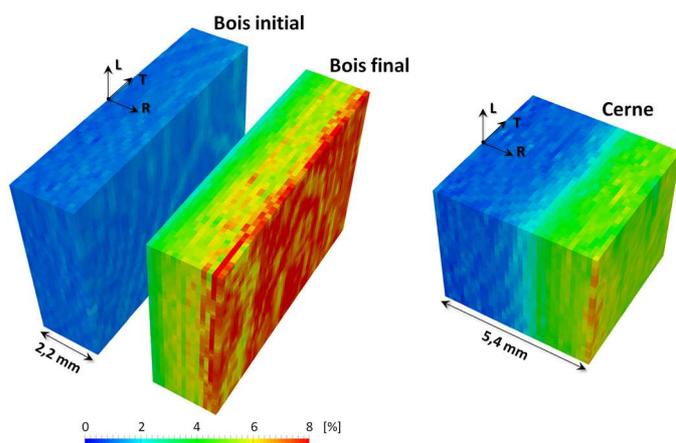


Fig. 1 : Cartes des déformations radiales entre 2 et 97% HR

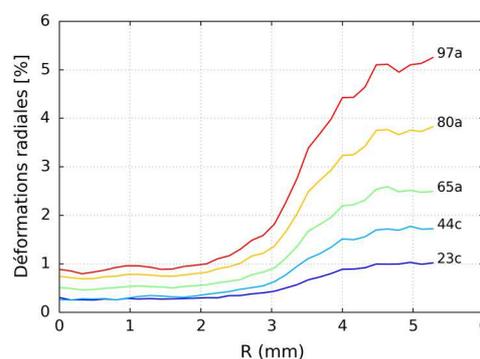


Fig. 2 : Evolution du profil radial des déformations radiales dans le cerne

Les profils de déformations sont comparés aux profils de densité du bois, mesurée à partir des images de  $\mu$ TRX. Les relations déformations-densité sont aussi établies pour différents teneurs en eau et permettent de remonter aux relations entre les coefficients d'hygro-expansion et la densité. Par ailleurs, des interactions mécaniques au sein du cerne sont mises en évidence en comparant localement les déformations des trois types d'échantillons. Ces interactions semblent complexes. En particulier, le bois final semble être impacté par le couplage avec le bois initial, ce qui est contraire aux théories classiquement admises. Le modèle par éléments finis vient finalement compléter cette étude pour mieux comprendre ces observations expérimentales. Les relations entre les coefficients d'hygro-expansion et la densité sont utilisées comme données d'entrée. Les propriétés mécaniques sont quant à elles issues de la littérature. Les champs de contraintes mécaniques permettent de mettre en évidence les interactions mécaniques liées au gradient de propriétés dans le cerne. Le gradient de propriétés mécaniques semble notamment jouer un rôle important sur ces interactions.

## Remerciements

Nous remercions l'INRA de Nancy de nous avoir fourni notre matériau d'étude, en particulier Julien Ruelle (LERFoB Nancy).

## Référence

Bonnet M. (2017) Analyse multi-échelle du comportement hygromécanique du bois : mise en évidence par relaxométrie du proton et mesures de champs volumiques de l'influence de l'hétérogénéité au sein du cerne. Thèse de doctorat de l'Université Paris-Est.