

Stage – Bois délignifié et densifié : vers un nouveau matériau bio-sourcé architecturé à hautes performance mécanique

Contexte :

Concevoir des matériaux durables, renouvelables, biodégradables et légers avec des propriétés mécaniques spécifiques élevées est un enjeu majeur, par exemple, pour les industries aéronautiques, automobiles et sportives. De nombreux travaux visent précisément cet objectif, notamment en explorant de nouvelles voies de mise en forme à partir de matériaux fibreux issus de la biomasse végétale. Parmi eux, le bois est un matériau cellulaire de référence. Bien que le bois soit un matériau naturel aux propriétés remarquables, il est limité par sa variabilité et sa sensibilité aux conditions environnementales. Récemment, plusieurs études ont montré que la combinaison d'une étape de délignification (extraction partielle de la lignine par traitement chimique), suivie d'une étape de densification (compression mécanique à chaud) permet d'obtenir des échantillons de bois densifiés présentant de très hautes propriétés mécaniques spécifiques (rapport propriété/masse), c.-à-d. comparables à celles de certaines superalliages ou composites à fibres de renfort utilisés dans l'aéronautique, l'automobile et le sport. Jusqu'à présent, seule la densification par compression a été étudiée, produisant des architectures à faible contrôle microstructural, caractérisées par une organisation aléatoire des parois cellulaires (voir figure).

Objectif du stage :

L'objectif du stage est d'explorer de nouvelles stratégies de densification afin d'optimiser l'architecture des parois cellulaires et des vaisseaux du bois compressé, d'en améliorer la stabilité dimensionnelle et, in fine, d'accroître ses propriétés mécaniques spécifiques. Pour cela, plusieurs analyses expérimentales seront menées :

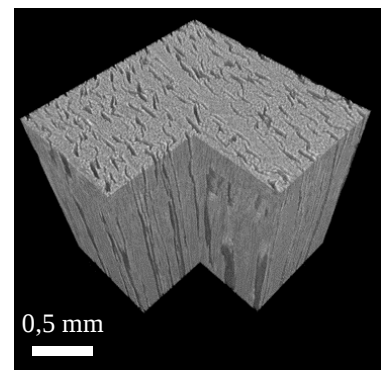
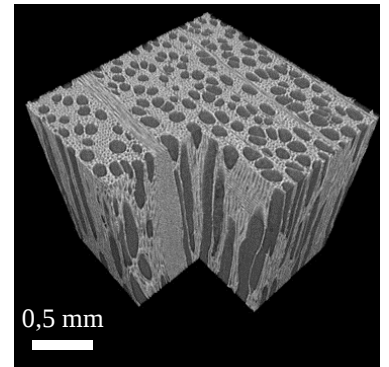
- Des échantillons de bois délignifiés seront densifiés selon divers itinéraires combinant cisaillement et compression. Les essais seront réalisés sur un hexapode capable d'imposer des trajectoires de chargement multiaxiales et complexes, avec régulation couplée d'humidité et de température.
- Les microstructures densifiées feront l'objet d'analyses par microscopie électronique à balayage (MEB) et en micro-tomographie à rayon X. L'objectif est d'évaluer les effets de la densification à l'échelle des fibres ($\sim 1 \mu\text{m}$) afin de mieux comprendre l'impact des contraintes thermo-hydro-mécaniques, générées au cours de la densification, sur l'évolution de la microstructure.
- Une fois le matériau densifié, il sera essentiel d'évaluer quantitativement l'impact de la densification sur les propriétés mécaniques du bois (dureté, module d'Young, résistance en traction et en flexion, ténacité, etc.). Cette étape permettra d'objectiver les gains apportés par la densification.

Aspect pratique :

Lieu — Le stage se déroulera principalement au laboratoire 3SR (Sols, Solides, Structures, Risque) de l'Université Grenoble Alpes (Grenoble, France, <https://3sr.univ-grenoble-alpes.fr/>).

Durée et date de début — 4/6 mois, démarrage printemps 2026.

Contact — adrien.didier@univ-grenoble-alpes.fr



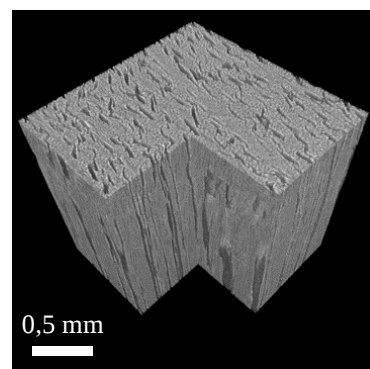
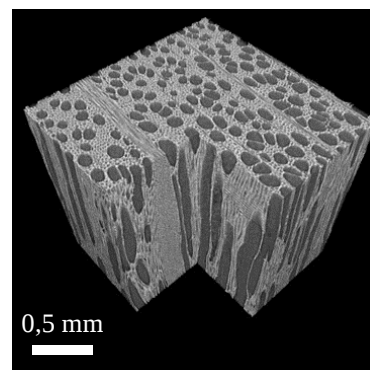
Images 3D (tomographie X) montrant l'architecture cellulaire typique d'un échantillon de bois de hêtre avant (micrographie supérieure) et après (micrographie inférieure) une densification par compression.



Internship – Delignified and Densified Wood: towards a new bio-based architected material with high specific mechanical performance

Context :

Designing sustainable, renewable, biodegradable, and lightweight materials with high specific mechanical properties is a major challenge, for example in the aerospace, automotive, and sports industries. Many studies pursue this objective, notably by exploring new forming routes based on fibrous materials derived from plant biomass. Among these, wood is a reference cellular material. Although wood is a natural material with remarkable properties, its use is limited by variability and by its sensitivity to environmental conditions. Recently, several studies have shown that combining a delignification step (partial extraction of lignin by chemical treatment) followed by a densification step (hot mechanical compression) can produce densified wood with very high specific mechanical properties (property-to-mass ratio), i.e., comparable to certain superalloys or fibre-reinforced composites used in aerospace, automotive, and sports. To date, densification has mainly been studied under simple compression, yielding architectures with limited microstructural control and characterised by a largely random organisation of cell walls (see figure).



3D images (X-ray microtomography) showing the typical cellular architecture of a beech wood sample before (upper micrograph) and after (lower micrograph) compression densification.

Internship objective :

The internship aims to explore new densification strategies in order to optimise the architecture of cell walls and vessels in compressed wood, improve the material's dimensional stability, and ultimately enhance the wood's specific mechanical performance. To this end, several experimental analyses will be carried out:

- Delignified wood samples will be densified following various processing routes that combine shear and compression. The tests will be performed on a hexapod capable of imposing multiaxial, complex loading trajectories, with coupled control of humidity and temperature throughout the test.
- Densified microstructures will be analysed using scanning electron microscopy (SEM) and X-ray microtomography. The objective is to assess the effects of densification at the fibre scale ($\sim 1 \mu\text{m}$) and to better understand the impact of thermo-hydro-mechanical stresses generated during densification on the evolution of the microstructure.
- Once densified, the material's mechanical properties will be quantified to evaluate the benefits of densification (hardness, Young's modulus, tensile and flexural strength, toughness, etc.). This step will provide an objective basis for the gains achieved.

Practical information :

Location — The internship will take place mainly at the 3SR Laboratory (Sols, Solides, Structures, Risques) of Université Grenoble Alpes, Grenoble, France — <https://3sr.univ-grenoble-alpes.fr/>.

Duration and start date — 4–6 months; start in Spring 2026.

Contact — adrien.didier@univ-grenoble-alpes.fr