



**HAL**  
open science

## Le projet WoodConstitutiveLaws : un environnement pour capitaliser des lois constitutives compatibles avec les principaux solveurs d'éléments finis commerciaux et académiques

Riparbelli Lorenzo, Thomas Helfer, Ioannis Christovasilis, Delphine Jullien, Paola Mazzanti, Luca Uzielli, Joseph Gril, Marco Fioravanti

### ► To cite this version:

Riparbelli Lorenzo, Thomas Helfer, Ioannis Christovasilis, Delphine Jullien, Paola Mazzanti, et al.. Le projet WoodConstitutiveLaws : un environnement pour capitaliser des lois constitutives compatibles avec les principaux solveurs d'éléments finis commerciaux et académiques. 11èmes journées du GDR 3544 " Sciences du bois ", Nov 2022, Nice, France. pp.299-301. hal-04825027

**HAL Id: hal-04825027**

**<https://hal.science/hal-04825027v1>**

Submitted on 7 Dec 2024

**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.

## **Le projet WoodConstitutiveLaws : un environnement pour capitaliser des lois constitutives compatibles avec les principaux solveurs d'éléments finis commerciaux et académiques**

RIPARBELLI Lorenzo<sup>1</sup>, HELFER Thomas<sup>2</sup>, CHRISTOVASILIS Ioannis<sup>3</sup>, JULLIEN Delphine<sup>4</sup>, MAZZANTI Paola<sup>1</sup>, UZIELLI Luca<sup>1</sup>, GRIL Joseph<sup>5,6</sup>, FIORAVANTI Marco<sup>1</sup>

<sup>1</sup>DAGRI, Univ. Florence, Florence, Italy

<sup>2</sup>CEA, DES/IRESNE/DEC/SESC, Service d'Études et de Simulation des Combustibles, Cadarache, France

<sup>3</sup>AETHER Engineering, Florence, Italy

<sup>4</sup>LMGC, Univ. Montpellier, CNRS, Montpellier, France

<sup>5</sup>Université Clermont Auvergne, CNRS, Clermont Auvergne INP, Institut Pascal, Clermont-Ferrand, France

<sup>6</sup>Université Clermont Auvergne, INRAE, PIAF, Clermont-Ferrand, France

[lorenzo.riparbelli@unifi.it](mailto:lorenzo.riparbelli@unifi.it)

**Mots-clés:** Comportement mécanique, bois, modèle numérique, open source, éléments finis

### **Contexte et objectifs**

Ces récentes années, les modèles numériques dédiés au comportement du bois ont pris une grande importance à différents niveaux et échelles, tant dans la recherche que dans la conception industrielle et structurelle, ce matériau s'étant imposé comme une technologie de construction particulièrement efficace dans le domaine sismique et compatible avec un développement écologiquement durable. Parallèlement, les universités et les instituts de recherche ont développé des modèles constitutifs de plus en plus complexes pour décrire analytiquement le comportement du bois.

Nous présentons dans cette étude un outil opensource efficace et fiable, basé sur le projet MFront. Celui-ci permet, dans le contexte d'un haut niveau de validation industrielle, d'écrire de manière relativement simple mais rigoureuse des lois de comportement pouvant être utilisées directement par de multiples logiciels d'éléments finis (FEM), qu'ils soient académiques tels que Cast3M, code\_aster, CalculiX, FEniCS, Europlexus, OpenGeoSys, MoFEM, ou commerciaux tels que Abaqus, Ansys, DianaFEA et bien d'autres.

Il permet donc d'écrire des lois universellement utilisables quel que soit le logiciel utilisé, directement exportables dans tous les domaines académiques, R&D et industriels où la simulation du bois et de sa dynamique complexe est essentielle.

### **Caractéristiques de l'outil**

MFront (<https://thelfer.github.io/tfel/web/>) est un générateur de code open-source (Helfer, 2015) dédié à la connaissance des matériaux et développé dans le cadre du projet PLEIADES, dédié aux simulations des éléments combustibles des réacteurs nucléaires, co-développé par EDF (Électricité de France), le CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) et Framatome. Les caractéristiques requises dans ce contexte d'utilisation de MFront peuvent être synthétisées comme suit :

- Portabilité : les études critiques de sécurité peuvent impliquer plusieurs partenaires qui utilisent différents solveurs pour une évaluation et une révision indépendante.
- La maintenabilité au fil des décennies : certaines études critiques pour la sécurité peuvent être utilisées pour concevoir des bâtiments, des usines ou des systèmes technologiques pour des périodes d'exploitation de plusieurs décennies ou plus. Au cours de ces périodes, les solveurs et les connaissances matérielles évolueront. Cependant, les études critiques de sécurité doivent rester accessibles et reproductibles.
- Intégration continue et tests unitaires : chaque implémentation fait l'objet de tests unitaires associés qui permettent de vérifier la non-régression des résultats à mesure que MFront évolue.
- Documentation : le projet peut générer la documentation associée aux différentes implémentations d'une manière automatisée.

Le projet en question, dont le nom est **WoodConstitutiveLaws**, est un logiciel libre et opensource, qui sera bientôt publié sous une licence ouverte, dérivé d'un projet appelé MFrontGallery (Helfer, in publication) qui vise à capitaliser des lois de comportement écrites avec le logiciel MFront.

L'ensemble des lois constitutives de base applicables au bois sont les suivantes :

- Élasticité orthotrope, avec la possibilité de la rapporter à des coordonnées cylindriques
- Plasticité orthotrope
- Viscoélasticité orthotrope
- Viscoplasticité orthotrope

Il est facile d'étendre chacune de ces formulations aux déformations finies.

## Discussion

L'objectif de cet article était de présenter un projet opensource concernant une méthode alternative, efficace, fiable et performante pour l'écriture de lois constitutives pour le bois. Comme tout projet opensource, une base solide d'utilisateurs est nécessaire pour son développement : c'est ce que nous voulons réaliser, susciter l'intérêt de la communauté scientifique à son égard.

En effet, une faiblesse inhérente à de nombreuses études sur les lois constitutives est qu'elles restent souvent confinées dans le cadre d'une thèse ou d'un doctorat sans être ensuite exportées dans le domaine de l'industrie ou en tout cas vers une utilisation plus massive. L'implémentation des lois de comportement devient d'autant plus précieuse qu'il existe une possibilité de les utiliser dans des solveurs complexes, par exemple dans le contexte de l'analyse structurelle en génie civil. On peut également envisager de les coupler à des méthodes complexes telles que les simulations multiphysiques, les sous-structures ou les contacts non linéaires avec frottement.

Un autre aspect à ne pas sous-estimer est le besoin de transparence dans le secteur. Le bois devient de plus en plus important comme matériau de construction pour les bâtiments stratégiques (écoles, hôpitaux, etc.). En outre, il joue un rôle fondamental dans le patrimoine culturel, dont la préservation est de première importance. Il est donc essentiel que toutes les lois constitutives utilisées dans la simulation et la conception soient vérifiables par une large communauté, que leurs résultats soient reproductibles dans le temps, et utilisables dans tous les solveurs d'intérêt. D'autres secteurs, comme ceux de l'énergie et du nucléaire par exemple ou

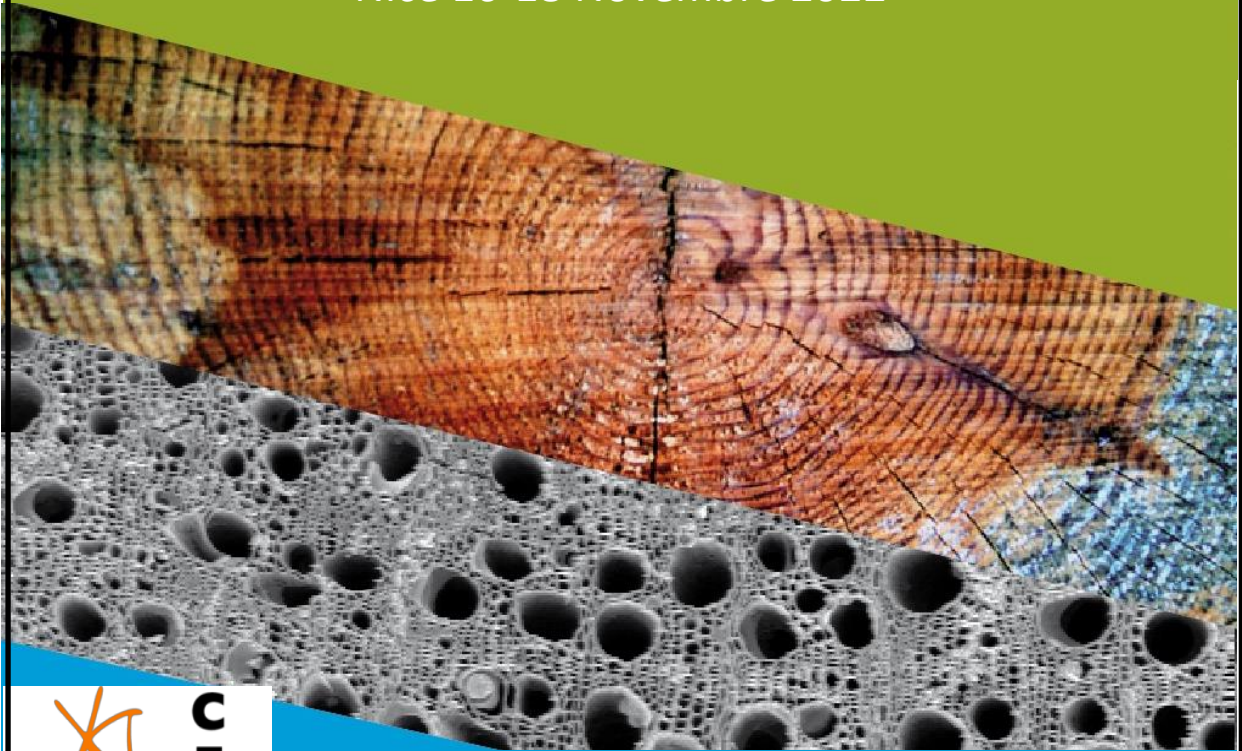
les géo-sciences, ont déjà emprunté cette voie dans le passé, d'où le développement de codes opensource totalement transparents, tels que code\_aster, Cast3M, MFront, Syrthes, code\_saturne et bien d'autres, dont les simulations peuvent être reproduites par n'importe qui. Nous pensons que, pour certains domaines des sciences du bois, cette ligne de conduite pourrait apporter de la valeur au secteur à l'avenir.

### References

Helfer T., Michel B., Proix J.M., Salvo M., Sercombe J., Casella M. (2015) Introducing the open-source mfront code generator: Application to mechanical behaviours and material knowledge management within the PLEIADES fuel element modelling platform, *Computers and Mathematics with Applications*. 70 (2015) 994–1023. <https://doi.org/10.1016/j.camwa.2015.06.027>.

# 11èmes Journées Scientifiques du GDR3544 Sciences du bois

Nice 16-18 Novembre 2022



UNIVERSITÉ  
CÔTE D'AZUR 



**GDR** Groupement  
de recherche  
**Sciences du bois**

## Actes

Coordination et édition: Eric Badel (PIAF), Joseph Gril (Institut Pascal), Isabelle Théry-Parisot (CEPAM)