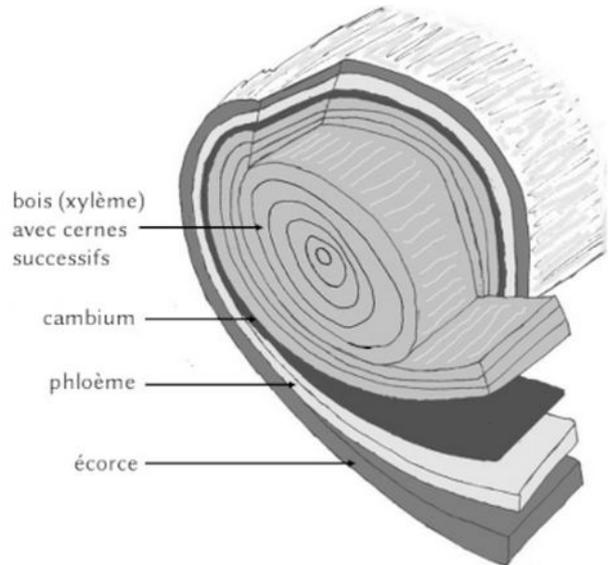


## Modélisation hydro-mécanique de la formation du bois dans les arbres

### Contexte scientifique

Les troncs d'arbres s'épaississent par formation cyclique de bois à partir d'une fine couche de cellules souches, le cambium, située entre l'écorce et le bois déjà formé. L'état mécanique du cambium est très particulier car il s'agit d'un tissu mou comprimé entre deux tissus plus rigides. Cela n'empêche pas les cellules souches de se diviser, de s'élargir, et finalement de se différencier en bois. Elles y parviennent grâce à leur pression osmotique, qui s'oppose à la contrainte imposée par l'écorce. L'équilibre des forces en présence est cependant mal compris. De plus, une hypothèse actuelle est que le champ de contraintes mécaniques ne fait pas que limiter la croissance mais agirait aussi comme un signal interprété par les cellules souches pour orienter leur plan de division. Cela expliquerait l'origine de l'organisation cellulaire très régulière du cambium et du bois.



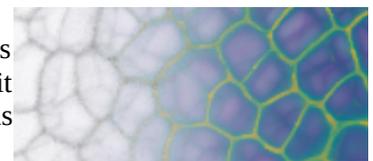
Les aspects mécaniques de la formation du bois ont pourtant été peu abordés. Il manque des modèles mathématiques pour estimer le champ de contraintes dans le cambium et étudier son effet sur la croissance et l'organisation du tissu. C'est un des objectifs du projet ANR CEMACam (Computations and Experiments on the MechAnics of Cambium), porté par les laboratoires PIAF (Clermont-Ferrand), LMGC (Montpellier) et RDP (Lyon).

### Objectif du stage

La / le stagiaire contribuera au développement d'un modèle de formation du bois couplant les aspects mécaniques et hydriques, en suivant, selon son choix, l'une des deux pistes suivantes :

- décrire le tissu comme un milieu continu, en utilisant la méthode des éléments finis ;
- décrire le tissu explicitement comme un matériau cellulaire.

Les outils numériques nécessaires à la construction de l'un ou l'autre de ces modèles sont déjà disponibles. À l'issue du stage, un premier modèle devrait être construit, à l'aide duquel le rôle de la mécanique dans la formation du bois pourra être exploré quantitativement.



### Compétences attendues

La / le stagiaire devra avoir des compétences en modélisation (mathématique, mécanique ou biophysique). Une connaissance de la méthode des éléments finis n'est pas requise mais pourrait être un plus. Une attirance pour l'interdisciplinarité est en revanche attendue.

**Lieu du stage :** PIAF, INRAE de Clermont-Ferrand (site de Crouël) et visites à RDP (ENS Lyon)

**Les dates de début et fin de stage sont à convenir en fonction des contraintes de votre master.**

**Ce stage pourra déboucher sur une thèse, dont le financement est déjà acquis.**

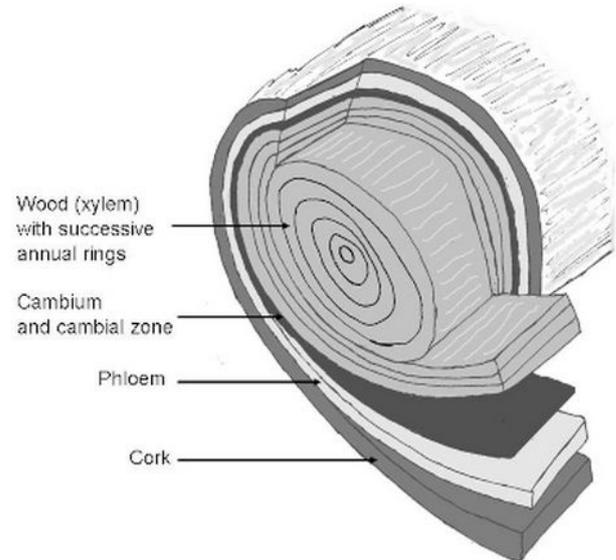
Contacts :

- Félix Hartmann : [felix.hartmann@inrae.fr](mailto:felix.hartmann@inrae.fr) (04 43 76 14 44)
- Christophe Godin : [christophe.godin@inria.fr](mailto:christophe.godin@inria.fr) (04 72 72 88 26)

## Hydro-mechanical modeling of wood formation in trees

### Scientific context

Tree stems increase in diameter through cyclic formation of wood by a thin layer of undifferentiated stem cells, the cambium, which lies between the bark and the mature wood. The mechanical state of the cambium is very peculiar since it is a soft tissue compressed between two harder ones. In spite of that, cambium stem cells are able to divide, enlarge and finally differentiate into wood fibers and vessels, thanks to their osmotic pressure which counters the stress imposed by the bark. Nevertheless, the equilibrium of forces acting upon the cambium and the bark is poorly understood. Moreover, a current hypothesis assumes that the mechanical stress field does not only limit growth but also acts as a signal interpreted by stem cells to orient their division plane. It would explain the very ordered arrangement of cells in cambium and wood.



Despite their potential significance, the mechanical aspects of wood formation have been scarcely addressed. Mathematical models are lacking to estimate the stress field in the cambium and investigate its effect on tissue growth and patterning. It is one of the aims of the CEMACam project (Computations and Experiments on the MechAnics of Cambium), lead by research units PIAF (Clermont-Ferrand), LMGC (Montpellier) et RDP (Lyon).

### Objective of the internship

The candidate will contribute to the development of a model of wood formation coupling mechanical and hydric aspects. Based on her/his choice, one of the two following lines of investigation will be explored:

- modeling tissues using continuum mechanics and the finite elements method;
- modeling tissues explicitly as cellular structures.

In both cases, the required computational and software tools are already available. During the internship, a first model will be developed and used to quantitatively investigate the role of mechanical stress and strain in wood formation and tissue patterning.



### Expected skills

The candidate should have a training in mathematical, mechanical or biophysical modeling. No prior knowledge of the finite element method is required (although it would be an advantage). A strong interest for interdisciplinarity is expected.

**Location :** PIAF, INRAE Clermont-Ferrand (site de Crouël) and visits at RDP (ENS Lyon)

**The internship period can be agreed upon depending on your master requirements.**

**This internship can be followed by a PhD thesis, whose funding is already secured.**

Contacts :

- Félix Hartmann : [felix.hartmann@inrae.fr](mailto:felix.hartmann@inrae.fr) (+33 4 43 76 14 44)
- Christophe Godin : [christophe.godin@inria.fr](mailto:christophe.godin@inria.fr) (+33 4 72 72 88 26)