



HAL
open science

How can trees stand up during years using extremely slender beams: the smart and regulated processes of adaptive wood formation.

Meriem Fournier, Bruno Moulia, Adelin Barbacci, Thiéry Constant, Catherine Coutand

► To cite this version:

Meriem Fournier, Bruno Moulia, Adelin Barbacci, Thiéry Constant, Catherine Coutand. How can trees stand up during years using extremely slender beams: the smart and regulated processes of adaptive wood formation.. CFM 2009 - 19ème Congrès Français de Mécanique, Aug 2009, Marseille, France. hal-03378305

HAL Id: hal-03378305

<https://hal.science/hal-03378305>

Submitted on 14 Oct 2021

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.

How can slender tree stems stand up during years : the smart and regulated processes of adaptive wood formation

M. FOURNIER^a, B. MOULIA^b, A. BARBACCI^c, T. CONSTANT^c, C. COUTAND^b

a. AgroParisTech-ENGREF, Laboratoire d'Etude de la Ressource Forêt Bois « LERFOB » UMR INRA AgroParisTech-ENGREF 1092, 14 rue Girardet F-54000 Nancy, France

b. INRA, UMR547 Physiologie intégrée de l'arbre fruitier et forestier PIAF INRA-Univ. Clermont II. 234 avenue du Brézet. INRA Site de Crouël. F-63100 Clermont-Ferrand. France

c. INRA, Laboratoire d'Etude de la Ressource Forêt Bois « LERFOB », UMR INRA AgroParisTech-ENGREF 1092, Centre de Nancy. F-54280 Champenoux, France

Résumé :

Les tiges d'arbres sont des structures incroyablement élancées qui pourtant maintiennent leur intégrité durant des siècles. Leur performance mécanique est fortement reliée à une régulation remarquable de la formation du bois durant la croissance qui permet de contrôler la sécurité mécanique et la posture. La biologie s'intéresse à définir des lois générales phénoménologiques qui relient les variables biomécaniques perçues et la réponse de croissance, à partir d'expérimentations où le contrôle est stimulé (les arbres sont artificiellement inclinés, fléchis, secoués, tuteurés ...). Ces phénoménologies sont ensuite reliées à des processus génétiques ou biochimiques. De plus, des observations en conditions naturelles permettent d'étudier comment ces réponses et les dimensionnements de plantes qui en résultent sont adaptés ou « optimisés » pour résister aux sollicitations mécaniques à moindre coût. Aux côtés de la biologie, la mécanique est indispensable pour traduire les sollicitations appliquées en termes de variables locales (déformations, vitesse de déformations, inclinaisons) et analyser comment la combinaison de ces sollicitations, de la géométrie des tiges et des propriétés du bois produit le mouvement ou la sécurité mécanique. Enfin, la mécanique fournit un cadre théorique et expérimental pour étudier les auto-contraintes du bois, qui jouent un rôle majeur dans le développement des plantes, assez méconnu des biologistes. Nous illustrerons ces contributions de la mécanique à des questionnements biologiques par des résultats d'études récentes sur i) la réaction de croissance en longueur induite par une flexion de l'axe chez différentes plantes ligneuses, et ii) la façon dont les plantes contrôlent leur posture et pourquoi ce contrôle est une nécessité écologique pour la vie végétale.

Abstract :

Tree stems are incredibly slender structures that insure their mechanical safety and their posture in the gravity field by a smart growth control. Biology is involved in the definition of phenomenological laws that link the perceived biomechanical variables and the growth response, from the design of in vivo experiments that stimulate the mechanical control (trees are artificially tilted, bent, shaken, staked ...). Then, these phenomenologies are linked to genetic or biochemical processes. Moreover, observations of plants in their natural environment explore how the response and the resulting design are adapted or "optimised" to withstand mechanical constraint at low costs. Mechanics provides essential help to translate the applied loads into relevant local variables (strains, strain velocities, leans) and to analyze how the combination of applied loads, geometry and wood structure produce movements and safety. Lastly, mechanics gives a general framework to study wood auto-stresses that plays a key role in plant development and are usually ignored by biologists. We will illustrate the above-mentioned contributions of mechanics to biological questions from recent studies about i) how apical growth react to bending in different woody plants, ii) how plants control their vertical posture and why such a control process is an ecological necessity for plant life.

Mots clefs : Biomécanique végétale, arbre, bois