Caractérisation mécanique de la paroi cellulaire du bois de tension en cours de maturation par microscopie à force atomique

Marie Capron, Michel Ramonda, Françoise F. Laurans, Olivier Arnould

▶ **To cite this version:**

Marie Capron, Michel Ramonda, Françoise F. Laurans, Olivier Arnould. Caractérisation mécanique de la paroi cellulaire du bois de tension en cours de maturation par microscopie à force atomique. Journées scientifiques du GDR 3544 " Sciences du Bois ", Nov 2014, Nancy, France. 2014. hal-02795850

HAL Id: hal-02795850
https://hal.inrae.fr/hal-02795850

Submitted on 5 Jun 2020

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.

Caractérisation mécanique de la paroi cellulaire du bois de tension en cours de maturation par microscopie à force atomique

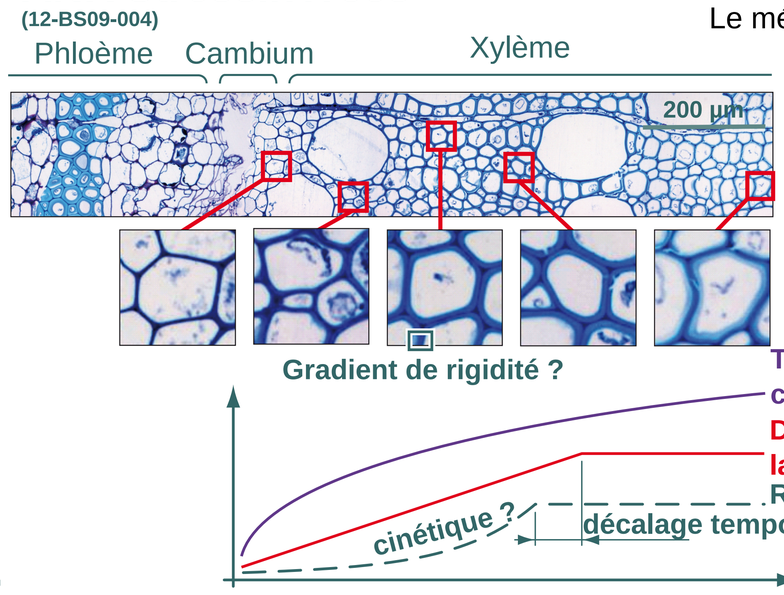
Marie Capron[1], Michel Ramonda[2], Françoise Laurans[3] et Olivier Arnould[1]

1 - Laboratoire de Mécanique et Génie Civil (LMGC), CNRS UMR5508/Université Montpellier 2
2 - Service commun CTM « champ proche », IES, CNRS UMR5214/Université Montpellier 2
3 - INRA, UR588 Amélioration, Génétique et Physiologie Forestières, Orléans, France.

Contexte

ANR *StressInTrees*
(12-BS09-004)

Les contraintes de croissance apparaissent dans les arbres au cours de la différentiation des cellules du xylème
Le mécanisme sous-jacent est encore méconnu en particulier dans le bois de tension

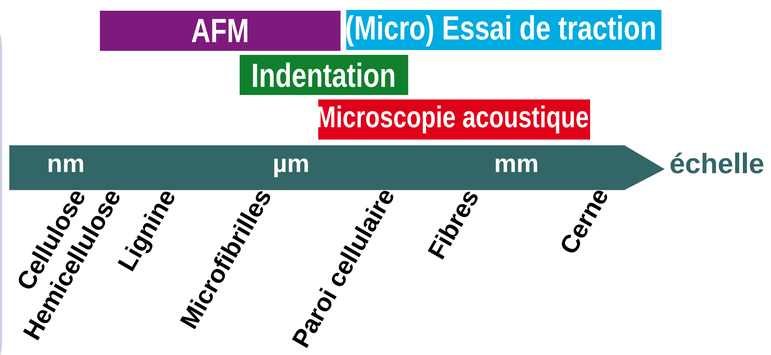


[Clair *et al.*, Plant Biomech. conference, 2009]

Les changements de teneur en cellulose cristalline et de contrainte de tension longitudinale lors de la différenciation ont récemment été mesurés dans le peuplier par diffractométrie de rayons X (ESRF)

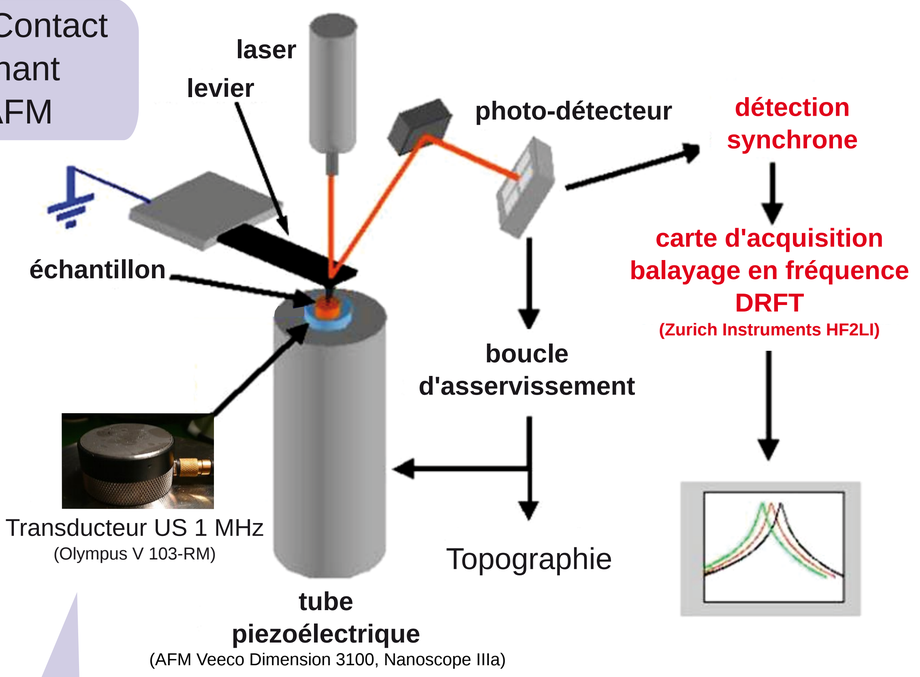
La compréhension et la modélisation des contraintes de croissance nécessitent de connaître la cinétique de la déposition des polymères et l'évolution spatiale (gradient dans les différentes couches de la paroi) et temporelle de la rigidification des couches la paroi cellulaire lors de la maturation

Dans les techniques de caractérisation mécanique "classiques" disponibles, l'AFM semble la plus prometteuse pour atteindre la résolution spatiale requise.



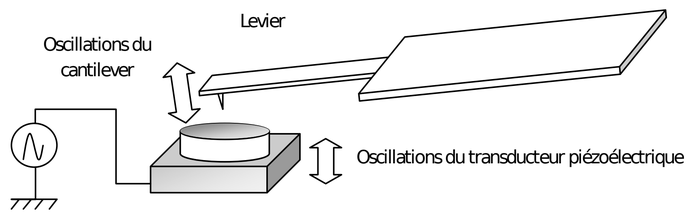
CR-AFM et DRFT

Mode à Contact Résonant CR-AFM



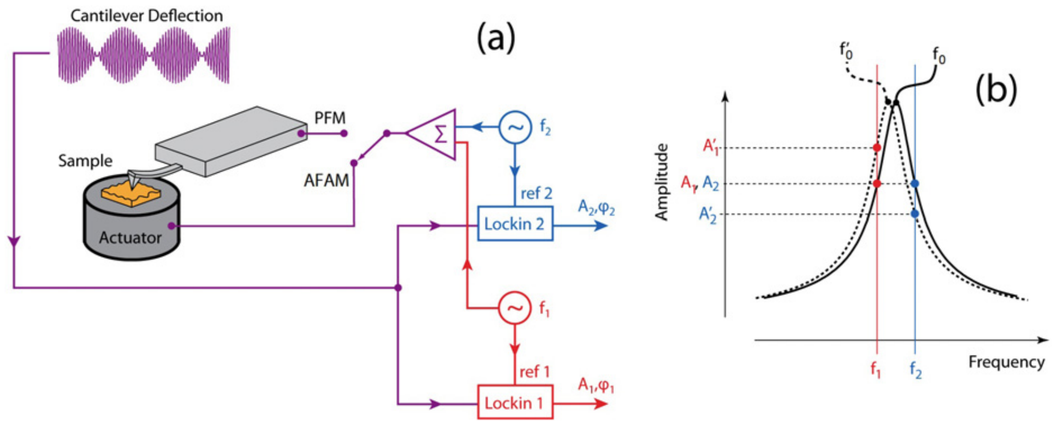
[Arinero and Lévêque, *Rev. Phys. Instr.*, **74**, 2003]

Le levier est mis en vibration par une excitation sinusoïdale via un transducteur indépendant placé sous l'échantillon



[Mege, 2011]

Dual Resonance Frequency Tracking



[Gannepalli et al. , 2011]

Méthode permettant d'asservir la fréquence d'excitation du levier à sa résonnance même pour de très faible rapport signal/bruit

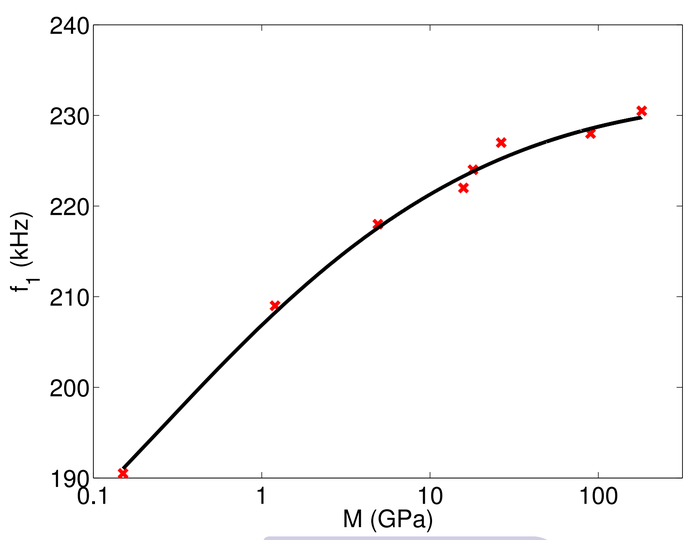
Modulation par deux fréquences f_1 et f_2 de part et d'autre de la fréquence de résonance $f_0 = (f_1+f_2)/2$ avec asservissement tel que $A_1 = A_2$

Cartographie des propriétés élastiques de contact

Cartographie de l'échantillon en utilisant la première harmonique f_1 et le mode DRFT

Calibration sur des échantillons de différents modules de contact connus dans les mêmes conditions (levier, rayon de pointe, effort d'appui)
Ajustement d'une loi phénoménologique d'évolution de la fréquence / module de contact

Conversion de l'image de fréquence en module de contact



Courbe de calibration

$$M = M' + M_0 ln\left(1 - \frac{f_1}{f_{as}}\right)^{\alpha}$$

Evolution du module en fonction de la fréquence

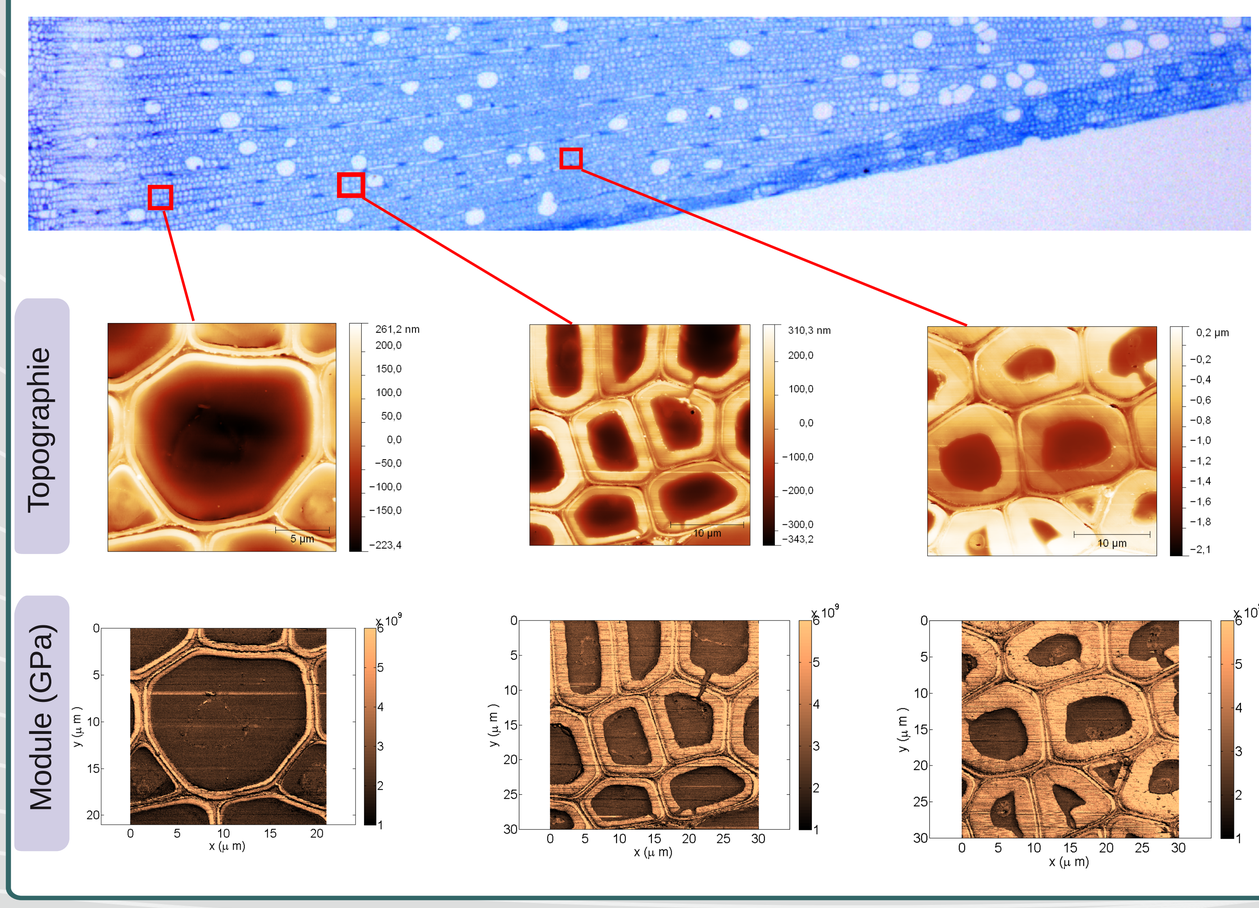
Valeurs des modules (GPa)

	Peuplier	Simarouba
Résine	**2,1 ± 1,1**	**3,1 ± 0,5**
S_2	**3,8 ± 1,5**	**Ø**
G	**3,6 ± 1,7**	**8,8 ± 1.8**

Bon accord avec les résultats obtenus en nano-indentation

Premiers résultats sur le peuplier

Vue en microscopie optique d'un échantillon de Peuplier inclus dans de la résine LR-White



Conclusion

Des mesures de propriétés élastiques au sein de la paroi cellulaire sont possibles en utilisant la méthode CR-AFM + DRFT. Les modules élastiques de contact des couches G et S2 de bois de tension de peuplier ont pu être mesurés à différents stades de maturation. Ils doivent être mis en parallèle avec d'autres données provenant des partenaires de l'ANR (état de tension des microfibrilles, lignification, ...). Des mesures sont en cours sur des échantillons de bois de tension de simarouba qui ne produit pas toujours de couche G (i.e., non lignifiée).