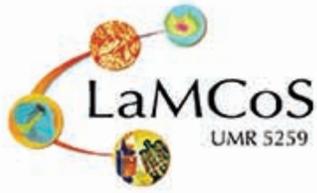


Éléments finis pour la modélisation hygromécanique des panneaux de bois.

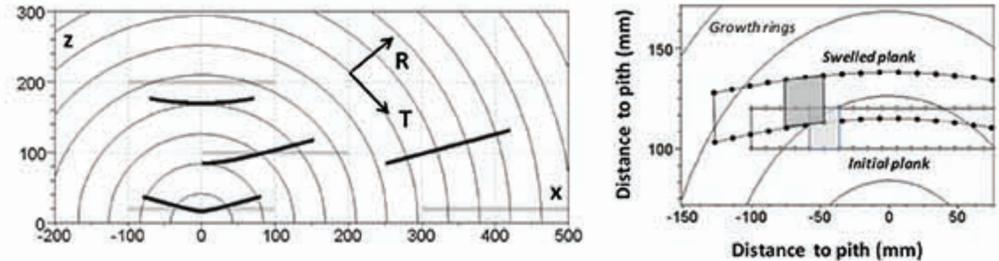
Colmars Julien¹, Dureisseix David¹, Montaigne Rémi², Maxime Chemier²



¹ Univ Lyon, INSA-Lyon, CNRS UMR5259, LaMCoS, F-69621, France
² Étudiants INSA Lyon, département Génie Mécanique.

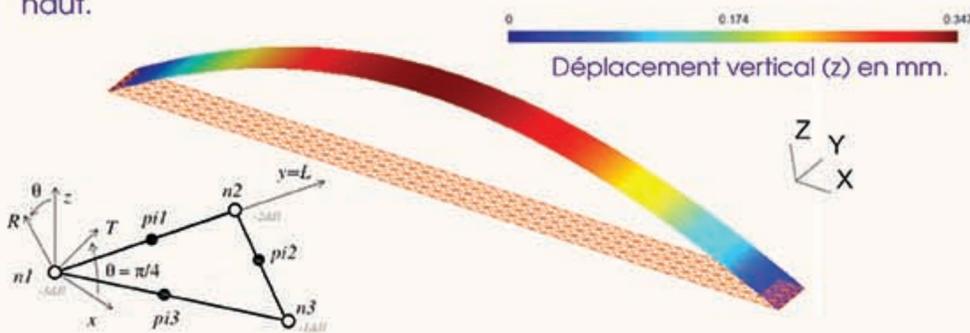
Problématique : les planches en bois sont des structures élancées (plaques), mais l'anisotropie cylindrique du matériau couplée aux variations hygrométriques aboutissent à des cisaillements transverses importants (coque de Mindlin), et ce même l'épaisseur de la planche tend vers zéro...

Cisaillement transverse : le retrait-gonflement du bois dans un repère orthotrope cylindrique engendre des transformations que l'on ne rencontre pas dans les autres matériaux orthotropes. La figure ci-contre est le résultat d'un calcul analytique du séchage de différentes planches en fonction de leur position dans l'arbre. Ces modes de déformation provoquent d'importants cisaillements transverses.



Élément de coque

Un élément de coque de Mindlin multicouches (DST – Discrete Shear Triangle), adapté au bois, a été présenté dans (Col2011) : cet élément permet de prendre en compte la rotation du repère matériel ainsi que les gradients d'humidité dans l'épaisseur de la coque. Ce modèle conduit aux mêmes résultats que la solution analytique montrée plus haut.



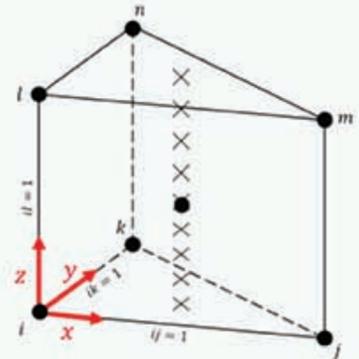
Cet élément de coque conserve néanmoins l'hypothèse des contraintes planes. Cette approche va servir de comparaison avec le solide-coque.

Élément de solide-coque

Les éléments de solide coque combinent l'efficacité des éléments volumiques (prise en compte de lois de comportement 3D) à celle des éléments de coque (calcul de flexion). L'élément SB7γ19 développé au LaMCoS (Bas2012) a connu de récents développements (Hu2018). Il s'agit d'un prisme à 6 nœuds et 3 ddl de déplacements aux nœuds, auxquels viennent s'ajouter un 7^e nœud central et 1 ddl associé ; l'ajout d'un nœud et d'un ddl permettent de sortir de l'hypothèse des contraintes planes et d'obtenir une répartition linéaires des contraintes/déformations dans l'épaisseur.

Adaptation de l'élément au matériau bois :

Les points d'intégration de l'élément, situés dans l'épaisseur, sont utilisés dans notre application pour un calcul de diffusion hydrique 1D dans l'épaisseur, pour l'instant modélisé par une loi de Fick. L'orientation du repère matériel est recalculée en tout point de la structure, en fonction du débit de la planche.



Le comportement hygro-élastique a été implémenté dans cet élément. Tous ces points ont été validés dans des tests élémentaires. Des premiers tests de gonflement d'une cosse ont été effectués : qualitativement la solution semble bonne, mais la flèche ne concorde pas avec la solution de coque. Ceci vient d'un couplage entre le mode de flexion et le mode de cisaillement transverse de l'élément.



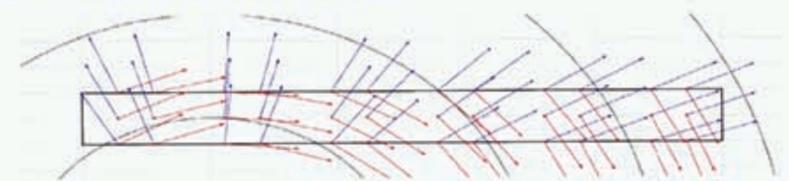
Déformations dans l'élément SB7γ19 :

3 modes de déformation sont calculés dans l'énergie interne de l'élément.

- Flexion
- Pincement
- Cisaillement transverse

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_{xx} \\ \varepsilon_{yy} \\ 2\varepsilon_{xy} \\ \varepsilon_{zz} \\ 2\varepsilon_{xz} \\ 2\varepsilon_{yz} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} B_m + zB_b \\ B_p \\ B_s \end{Bmatrix} \{U^e\}$$

Flexion DKT
Déplacements généralisés.
Rigidité de pincement
Cisaillement transverse DST



A propos du cisaillement transverse dans l'élément SB7γ19 :

Dans cet élément l'énergie de cisaillement transverse était jusque là calculée uniquement pour des motifs de stabilisation. En effet le comportement de coque du SB7γ19 est basée sur un élément DKT (Discrete Kirchhoff Triangle). Cette hypothèse de coque mince empêche le cisaillement transverse. Il est donc nécessaire de modifier le calcul de l'énergie de flexion en passant à un élément DST (Discrete Shear Triangle).

Travail à venir :

Corriger l'énergie de flexion du SB7γ19 pour passer du DKT au DST.

Pour aller plus loin :

- Colmars, J. (2011) Hygromécanique du matériau bois appliquée à la conservation du patrimoine culturel. Thèse de l'Université Montpellier II, HAL Id: tel-00765961, <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00765961>
- Xiong H., Guzman Maldonado E., Hamila N., Boisse P. (2018) A prismatic solid-shell finite element based on a DKT approach with efficient calculation of through the thickness Deformation, Finite Elements in Analysis and Design, 151 18–33, <https://doi.org/10.1016/j.finel.2018.08.003>.
- Bassa B., Sabourin F., Brunet M., A new nine-node solid-shell finite element using complete 3D constitutive laws, Int. J. Numer. Meth. Eng. 92 (7) (2012) 589–636. <https://doi.org/10.1002/nme.4318>