Un algorithme robuste de segmentation des nœuds du bois sur des images obtenues par tomographie X

Adrien Krähenbühl – Jean-Romain Roussel – Bertrand Kerautret – Isabelle Debled-Rennesson – Frédéric Mothe – Fleur Longuetaud

Les bois de résineux sont très largement utilisés en construction. La nodosité constitue le principal défaut de ces bois car, au-delà de l'aspect esthétique, les qualités mécaniques peuvent se trouver affectées par la présence de nœuds. Les nœuds du bois sont bien visibles sur des images tomographiques et certains industriels commencent à s'équiper de scanners à rayons X pour évaluer et classer leur ressource ou même optimiser le débit. Les algorithmes existants pour segmenter les nœuds dans des images tomographiques (voir la revue bibliographique de Longuetaud *et al.*, 2012) fonctionnent en général mal dans l'aubier humide des résineux dont la densité se confond souvent avec celle des nœuds. Les travaux récents de Aguilera *et al.* (2012), Breinig *et al.* (2012) et Johansson *et al.* (2013) ont proposé différentes pistes pour segmenter les nœuds du bois humide. La méthode que nous avons développée (Krähenbühl *et al.*, 2014) est une alternative à ces méthodes, robuste et adaptée aux conditions industrielles.

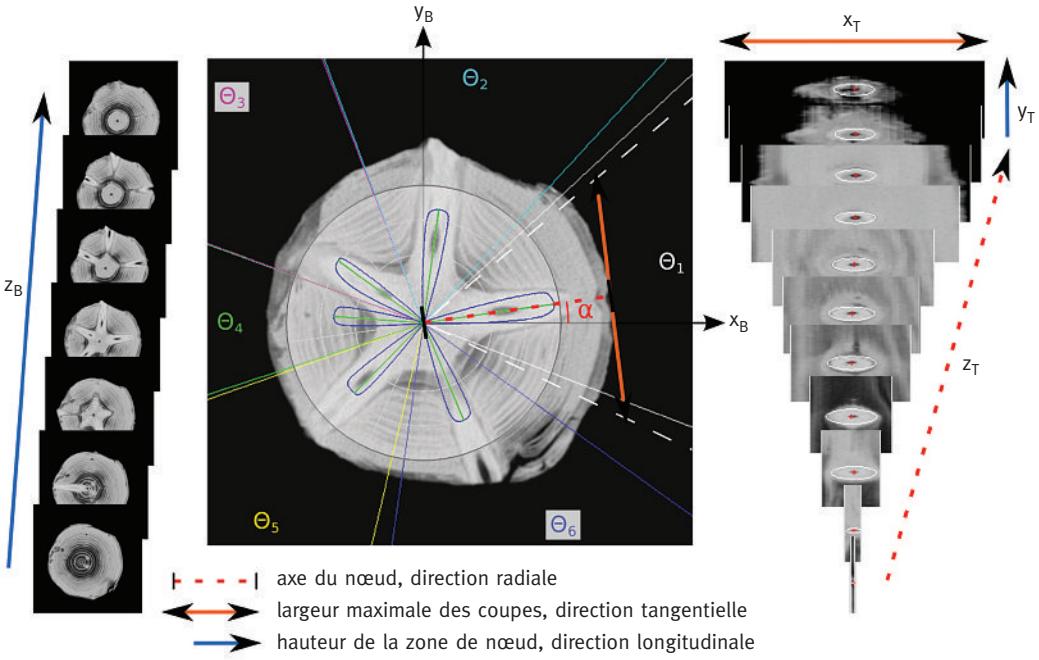
Le principe (figure 1, p. 190) consiste à détecter le décalage de la section des nœuds entre deux coupes consécutives, décalage induit par l'inclinaison des branches (Krähenbühl *et al.*, 2012). Ce « z-mouvement » est quantifié par la différence absolue des intensités de pixel à pixel entre deux coupes. Dans une première phase, on détecte à l'aide du z-mouvement des zones de nœuds définies par un intervalle de coupes pour un verticille, puis par un secteur angulaire dans chaque coupe pour tous les nœuds du verticille. Une seconde phase, appelée segmentation tangentielle, est appliquée à chaque zone de nœud (Roussel *et al.*, 2014). Elle consiste à extraire une série radiale de coupes tangentielles puis, sur chaque coupe tangentielle, à détecter d'abord la moelle du nœud puis son contour par segmentation sous contrainte géométrique elliptique.

Les résultats obtenus avec cette approche tangentielle sur trois verticilles de Sapin, Épicéa et Pin sylvestre scannés à l'état frais ont été comparés à ceux obtenus par segmentation manuelle, par l'algorithme du Power Watershed (Couprie *et al.*, 2010) et par l'algorithme CKD basé sur la courbure des sections de nœuds, élaboré dans des travaux antérieurs (Krähenbühl *et al.*, 2012, 2013). Les comparaisons des volumes reconstruits montrent que les artefacts visibles avec les Power Watershed ou CKD disparaissent avec la méthode tangentielle. Comparée aux deux autres méthodes, l'erreur absolue sur le volume segmenté obtenu par la méthode tangentielle est légèrement réduite pour le Pin et 2 à 6 fois inférieure pour le Sapin et l'Épicéa. Enfin, la méthode tangentielle s'avère 4 à 40 fois plus rapide que CKD et Power Watershed.

Associée à une détection individuelle des nœuds (Krähenbühl *et al.*, 2015) cette méthode basée sur une approche tangentielle s'avère donc rapide et précise. Elle peut de plus être facilement optimisée (parallélisation) pour répondre aux contraintes de rapidité des applications industrielles. L'algorithme complet a été implémenté dans le logiciel TKDetection, librement accessible en

ligne[1]. Les premières expérimentations réalisées avec ce logiciel montrent des résultats encourageants. Avant de pouvoir l'appliquer en conditions réelles, la méthode devra encore être testée sur un échantillonnage plus vaste et des sorties adaptées aux besoins des biologistes et des industriels devront être ajoutées.

Figure 1 **ALGORITHME DE DÉTECTION DES NŒUDS PAR APPROCHE TANGENTIELLE**
À gauche, une série de coupes correspondant à un verticille.
Au centre, une coupe dans un verticille avec en bleu le diagramme d'accumulation du z-mouvement et la position du maximum en vert.
À droite les coupes tangentielles correspondant au nœud avec la moelle détectée en rouge et le contour elliptique en blanc.



Adrien KRÄHENBÜHL – Bertrand KERAUTRET – Isabelle DEBLED-RENNESSON
LORIA, UMR CNRS 7503
Université de Lorraine
Campus scientifique
BP 239
F-54506 VANDŒUVRE-LÈS-NANCY
(adrien@krahenbuhl@u-bordeaux.fr)
(Bertrand.Kerautret@loria.fr)
(Isabelle.Debled-Rennesson@loria.fr)

Jean-Romain ROUSSEL – Frédéric MOTHE – Fleur LONGUETAUD
INRA, AgroParisTech
UMR1092 LERFoB
INRA Centre de Nancy Lorraine
Route d'Amance
F-54280 CHAMPENOUX
(jean-romain.roussel@inra.fr)
(frederic.mothe@inra.fr)
(fleur.longuetaud@inra.fr)

(1) https://github.com/akrah/TKDetection

BIBLIOGRAPHIE

AGUILERA (C.), RAMOS (M.), SAPPA (A.). — Simulated Annealing - Advances, Applications and Hybridizations. Chapter 5: Simulated Annealing: A novel application of image processing in the wood area. – InTech, 2012, pp. 91-104.

BREINIG (L.), BRÜCHERT (F.), BAUMGARTNER (R.), SAUTER (U.). — Measurement of knot width in CT images of norway spruce (*Picea abies* [L.] karst.) - evaluating the accuracy of an image analysis method. — *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 85, 2012, pp. 149-156.

COUPRIE (C.), GRADY (L.), NAJMAN (L.), TALBOT (H.). — Power watersheds: A unifying graph-based optimization framework. — *IEEE PAMI*, vol. 33, 7, 2010, pp. 1384-1399, ISSN 0162-8828.

JOHANSSON (E.), JOHANSSON (D.), SKOG (J.), FREDRIKSSON (M.). — Automated knot detection for high speed computed tomography on *Pinus sylvestris* L. and *Picea abies* (L.) Karst. using ellipse fitting in concentric surfaces. — *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 96, 2013, pp. 238-245.

KRÄHENBÜHL (A.), KERAUTRET (B.), DEBLED-RENNESSON (I.). — Knot segmentation in noisy 3D images of wood. — In: *DGCI 2013, Sevilla, Spain*, *LNCS*, vol. 7749, 2013, pp. 383-394.

KRÄHENBÜHL (A.), KERAUTRET (B.), DEBLED-RENNESSON (I.), LONGUETAUD (F.), MOTHE (F.). — Knot detection in X-Ray CT images of wood. — *ISVC*, *LNCS*, vol. 7432, 2012, pp. 209-218.

KRÄHENBÜHL (A.), KERAUTRET (B.), DEBLED-RENNESSON (I.), MOTHE (F.), LONGUETAUD (F.). — Knot segmentation in 3D CT images of wet wood. — *Pattern Recognition*, vol. 47, 2014, pp. 3852-3869.

KRÄHENBÜHL (A.), KERAUTRET (B.), FESCHET (F.). — Knot detection from accumulation map by polar scan. — *Proceedings of IWCIA 2015*, vol. 9448, Kolkata India, 2015, pp. 352-362.

LONGUETAUD (F.), MOTHE (F.), KERAUTRET (B.), KRÄHENBÜHL (A.), HORY (L.), LEBAN (J.-M.), DEBLED-RENNESSON (I.). — Automatic knot detection and measurements from x-ray CT images of wood: A review and validation of an improved algorithm on softwood samples. — *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 85, 2012, pp. 77-89.

ROUSSEL (J.-R.), MOTHE (F.), KRÄHENBÜHL (A.), KERAUTRET (B.), DEBLED-RENNESSON (I.), LONGUETAUD (F.). — Automatic knot segmentation in CT images of wet softwood logs using a tangential approach. — *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 104, 2014, pp. 46-56.