

# Approche scientifique des bois précieux à fil non droit choisis en artisanat : description optique et structurelle des bois figurés en vue de comprendre leur apparence visuelle



HU Hsien-Tsung<sup>1,5</sup>, CABROLIER Pierre<sup>1,2</sup>, ALMERAS Tancrede<sup>1</sup>, GRIL Joseph<sup>3,4</sup>, LANGBOUR Patrick<sup>5</sup>, BREMAUD Iris<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Equipe BOIS, LMGC, CNRS, Univ. Montpellier <sup>2</sup>In the way from wood science to becoming craftsman

<sup>3</sup> Université Clermont-Auvergne, CNRS, Institut Pascal, Sigma Clermont, Clermont-Fd

<sup>4</sup> Université Clermont-Auvergne, INRA, PIAF, Clermont-Fd <sup>5</sup>BioWooEB, CIRAD, Montpellier

[hsien-tsung.hu@umontpellier.fr](mailto:hsien-tsung.hu@umontpellier.fr)



## Contexte et objectif

En mécanique, le bois est décrit comme orthotrope cylindrique. On considère généralement que le repère local du bois coïncide avec le repère global du tronc. Mais, dans la nature, le « fil » (≈l'orientation globale des fibres) n'est presque jamais droit dans l'arbre. Des déviations de fil peuvent être locales, occasionnelles, ou présentes dans tout le tronc, avec des réorientations selon des motifs plus ou moins périodiques: fil tors, contrefil, fil ondulé, pommelé, indentations ou cannelures des cernes. Selon le plan de débit, les fibres sont coupées en biais et procurent une apparence visuelle attrayante: on parle de « bois figurés » (Baumer 1952 ; Beals and Davis, 1977). Les bois figurés sont très recherchés dans plusieurs artisanats du bois. Les artisans choisissent les bois selon des critères venant d'un héritage de savoirs et de leur expérience personnelle. L'apparence visuelle des bois est un critère important. Mais l'apparence révèle aussi l'organisation cellulaire : des différents types de tissus ( « figure » ou « grain » du bois), et des orientations de fil (bois figurés). Ces paramètres influencent aussi les propriétés physico-mécaniques. L'apparence visuelle pourrait-elle être, pour les artisans, non seulement un critère qui relève de l'esthétique, mais aussi un indicateur indirect de propriétés mécaniques (Carlier et al., 2018)?

L'objectif général est de décrire l'organisation et les propriétés des bois figurés. Ce poster présente les aspects géométriques et optiques en cours d'étude.

Lorsque l'angle de la lumière change, le contraste provoqué par les différentes orientations des fibres coupées (hors plan), montre des régions claires et sombres alternant dans la direction longitudinale (bois ondulé par ex.) ou radiale (bois contrefilé par ex.). Lorsque le faisceau lumineux est perpendiculaire à la section de la fibre, il est piégé dans le lumen de la cellule montrant ainsi une région plus sombre, tandis qu'une fibre non tranchée, c'est-à-dire parallèle à la surface, réfléchira la lumière puisque celle-ci se réfléchira surtout sur les parois des cellules (Shen et al., 2000 ; Liu and Lin, 2016 ; Sugimoto et al., 2018). Cet effet se produit également lorsque l'angle du faisceau lumineux n'est pas perpendiculaire à la surface, ce qui fait que des angles d'éclairage différents montreront également une réflexion plus claire ou plus foncée.

On cherche ici à relier une caractérisation optique avec une description structurelle; les prochaines étapes concerneront les aspects mécaniques et artisanaux.

## Expérimentation optique en cours

Afin d'étudier la relation entre l'angle de la lumière et l'orientation des fibres, une expérience préliminaire a été menée. Le plan d'expérimentation optique est présenté sur la figure 1. Une caméra fait la mise au point sur le milieu de l'échantillon. L'angle d'incidence de la lumière est modifié de manière hémisphérique par rapport au centre de l'échantillon, de manière isométrique.

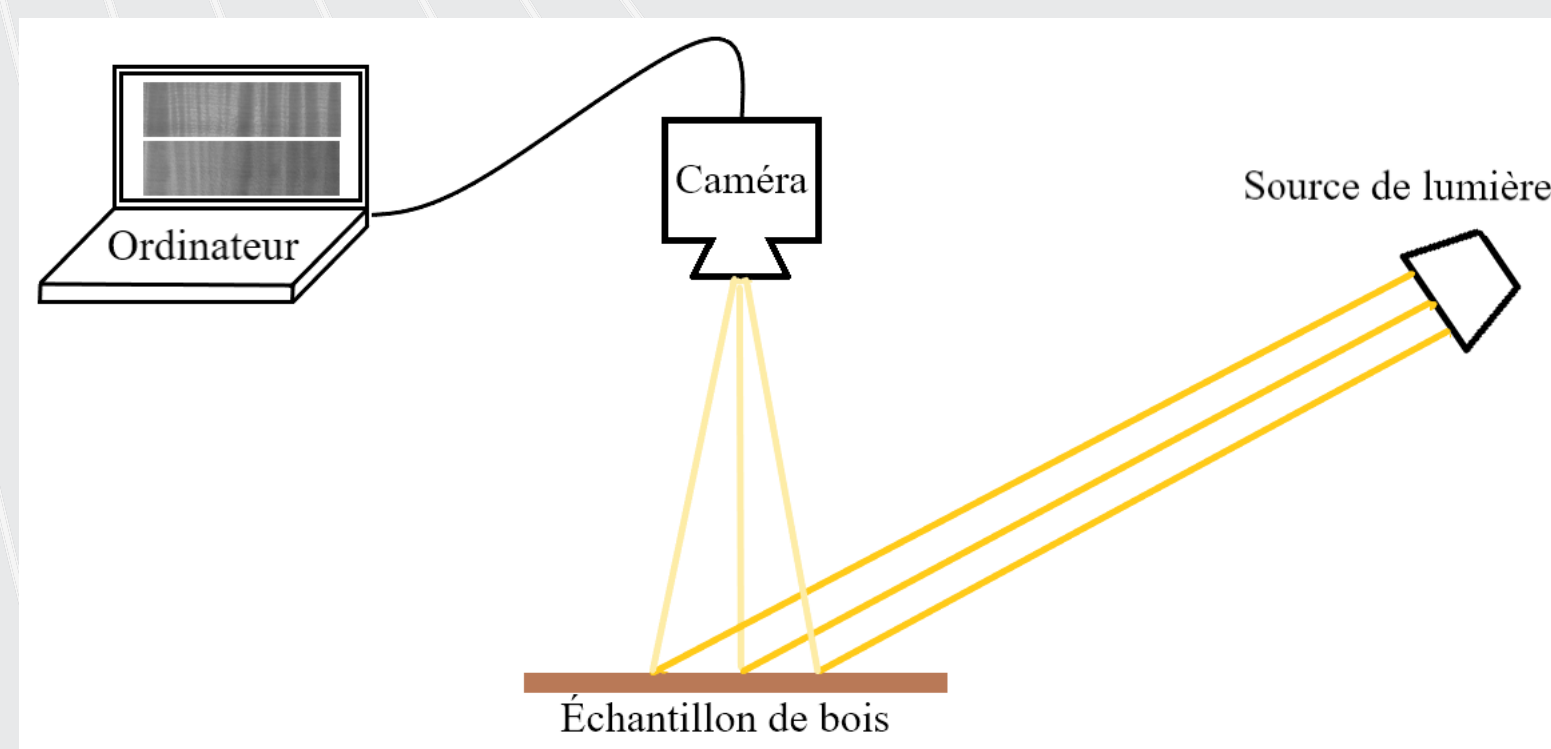


Fig. 1 : La configuration du plan expérimental de Gonio-Photométrie

En conséquence, la caméra reçoit différents niveaux de gris (Fig. 2)

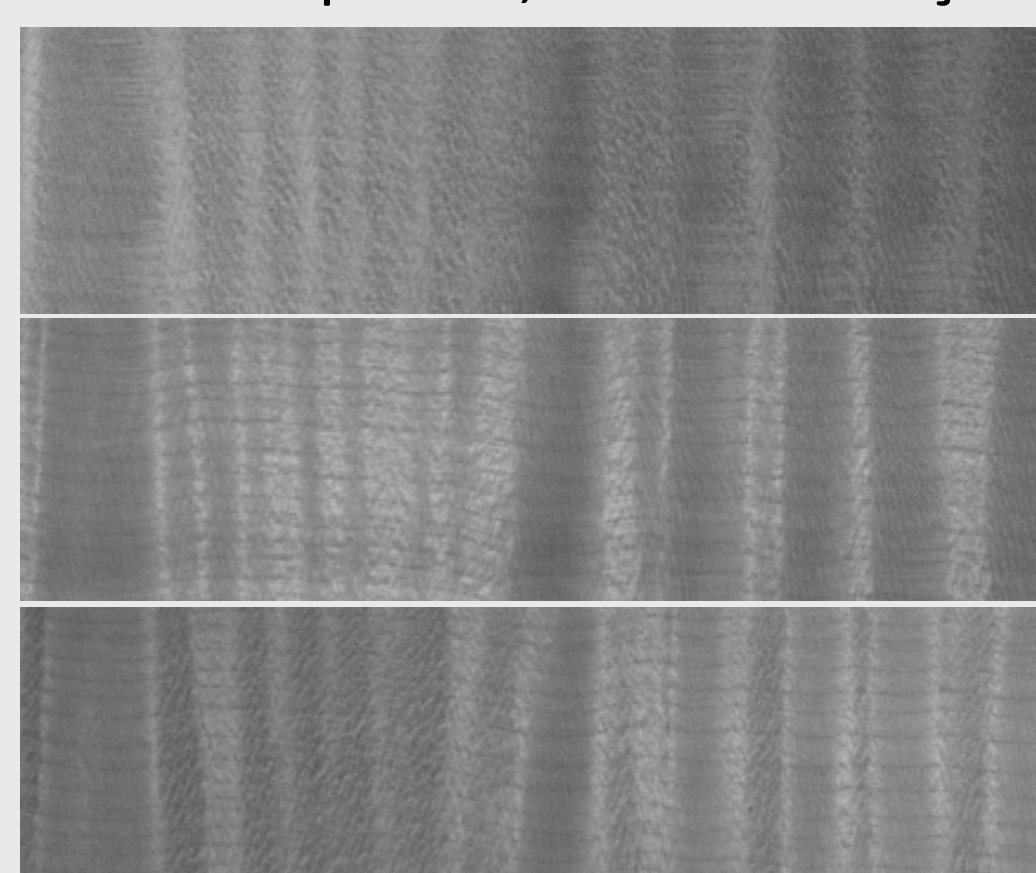


Fig. 2 : Visualisation d'une même zone de bois ondulé : le changement de l'angle de lumière donne un contraste différent et une réaction de réflexion / pénétration différente.

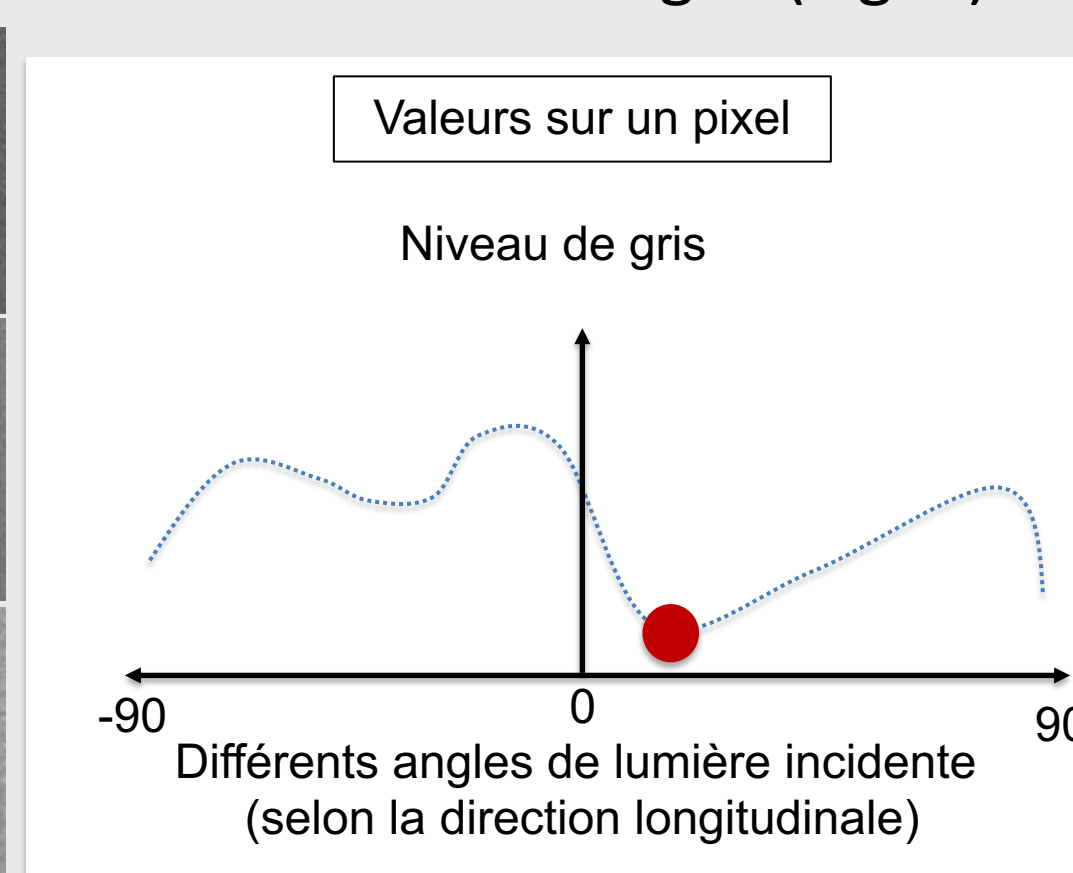


Fig. 3 : Sur la courbe de valeurs de niveaux de gris d'un pixel, sous différents angles de lumière incidente, le minimum indiquerait la direction (hors plan) des fibres coupées.

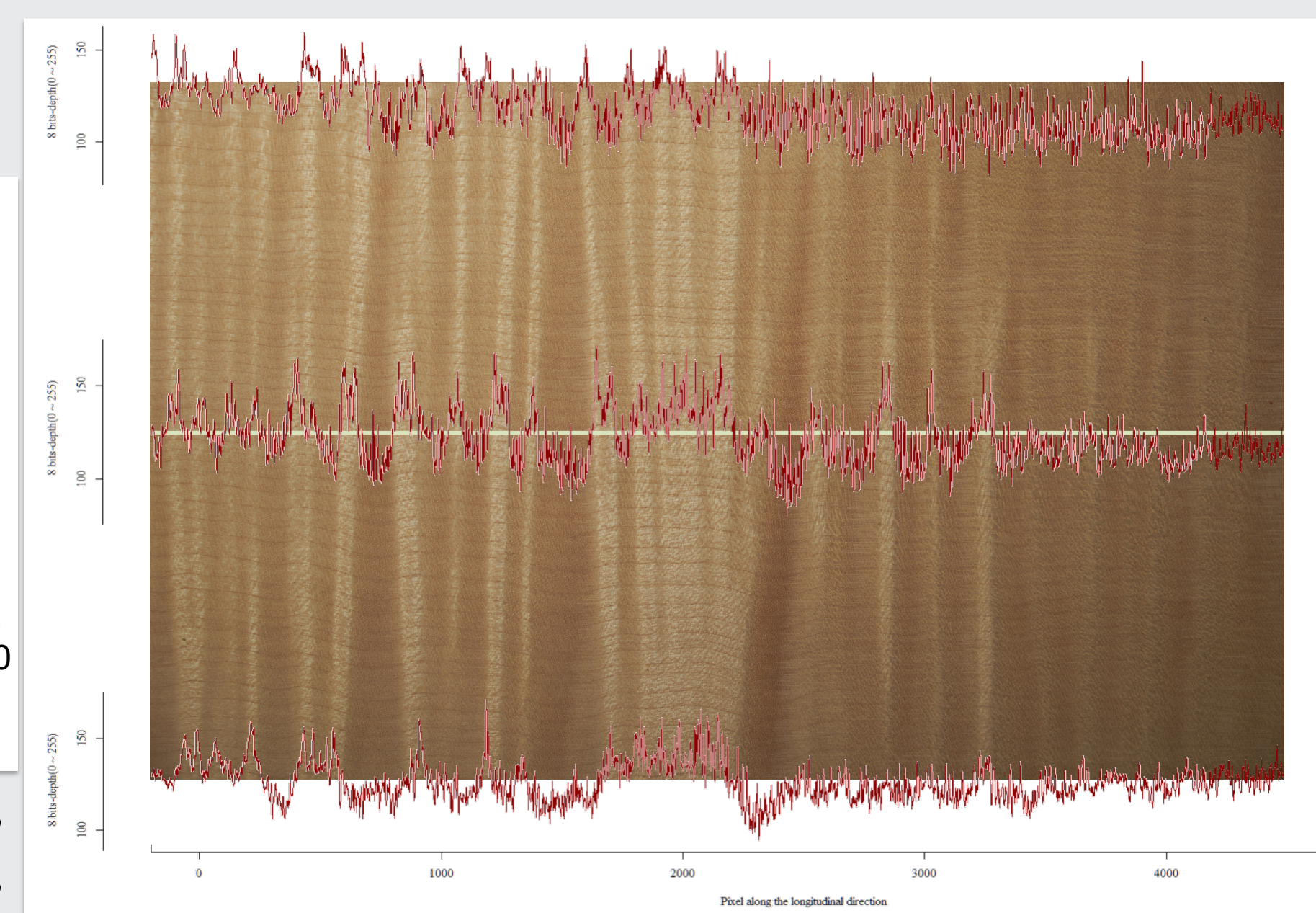


Fig. 4 : Niveaux de gris suivant la direction longitudinale de l'échantillon sous un angle d'éclairage. Les courbes rouges montrent les réponses (en 3 positions d'une planche: haut, milieu, bas), acquise par la matrice obtenue à partir du format RGB de l'image originale.

## Modélisation géométrique

Afin d'étudier les structures possibles du bois figuré, un modèle mathématique est proposé pour décrire l'orientation des fibres. Ce modèle décrit la trajectoire sinusoïdale d'une fibre virtuelle de longueur infinie de coordonnée moyenne tangentielle/radiale (P) en fonction de la position longitudinale (L).

$$g(P, L) = P + a(P) \sin\left(2\pi \frac{L}{S_L} + bP\right)$$

Le modèle prend en compte une variation de l'amplitude des oscillations en fonction de la position tangentielle/radiale moyenne de la fibre :

$$a(P) = c + d \times \sin\left(2\pi \frac{P}{S_P}\right)$$

Les paramètres doivent répondre à la condition suivante pour ne pas laisser les lignes se croiser :

$$-\frac{1}{\max(|c-d|, |c+d|)} < b < \frac{1}{\max(|c-d|, |c+d|)}$$

$g(P, L)$  : Coordonnée tangentielle/radiale de la fibre

$a(P)$  : Amplitude des oscillations

$L$  : Coordonnée longitudinale

$P$  : Coordonnée tangentielle/radiale moyenne de la fibre

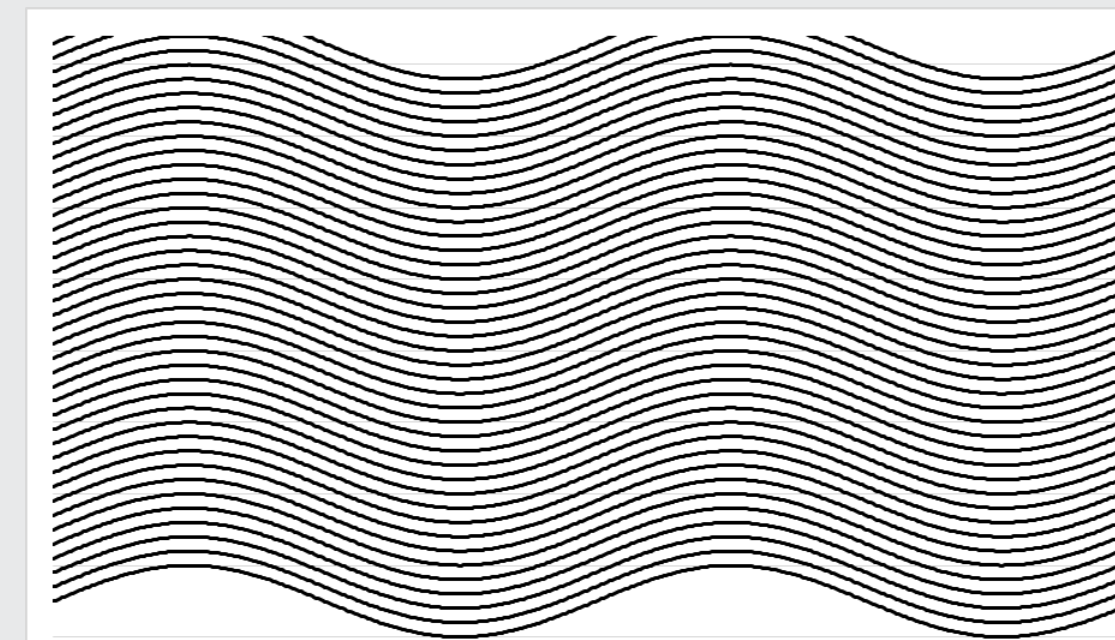
$S_L$  : Période longitudinale des oscillations

$S_P$  : Période tangentielle/radiale des variations d'amplitude

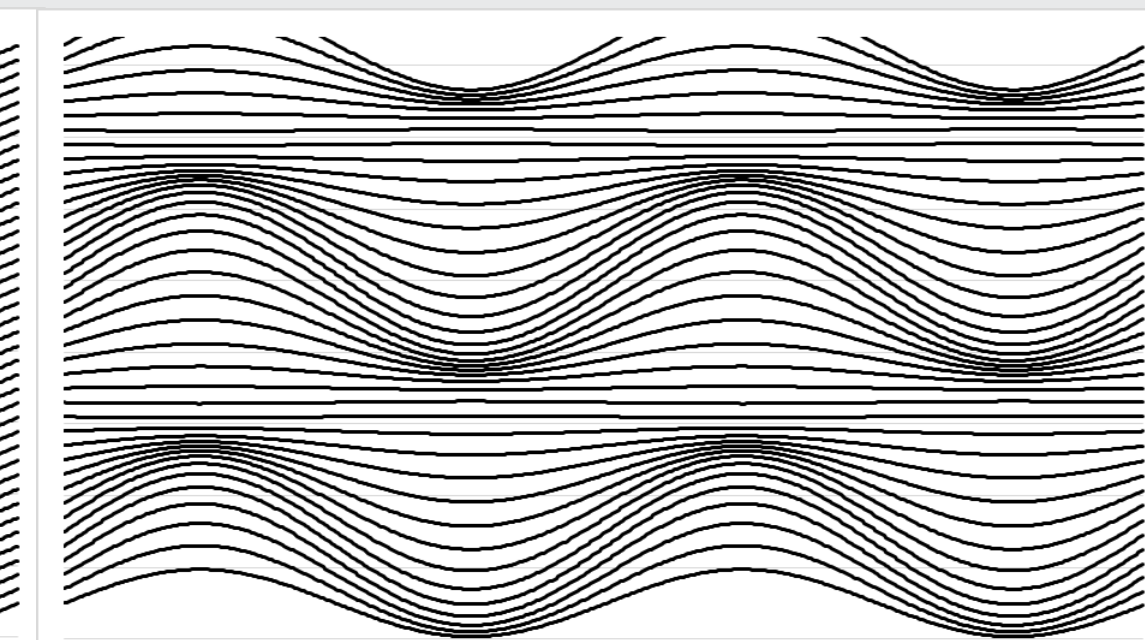
$b$  : Déphasage des oscillations

$c$  : Amplitude moyenne des oscillations

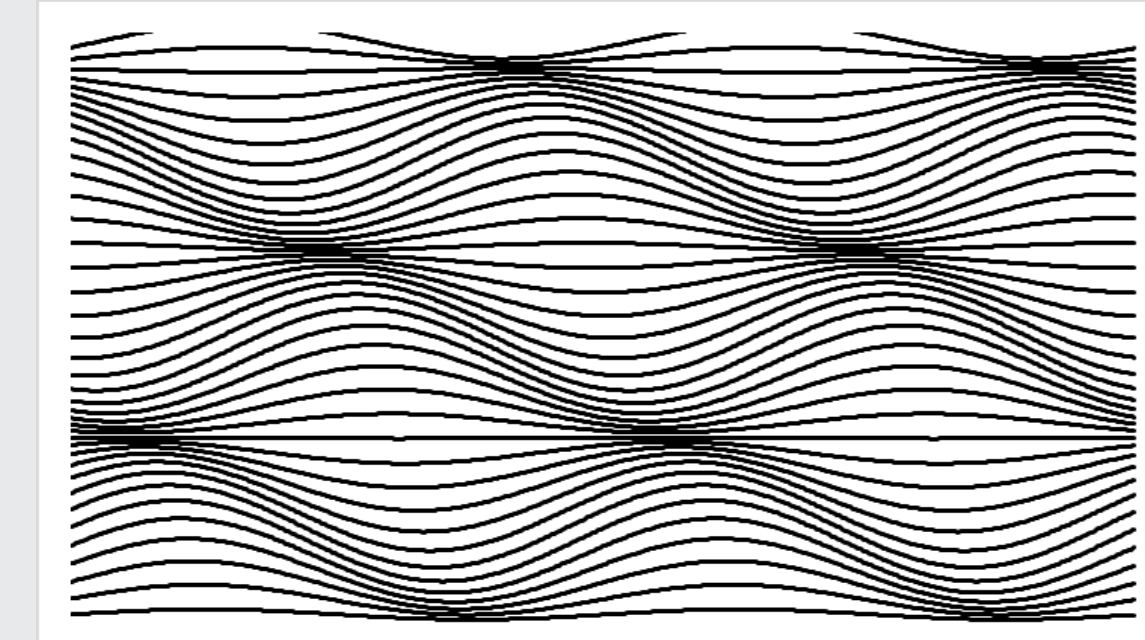
$d$  : Variation tangentielle/radiale d'amplitude des oscillations



$b = 0, d = 0$



$b = 0, d \neq 0$



$b \neq 0, d \neq 0$

## Perspectives

Pour la suite de l'exploration des interactions entre structure, apparence, et propriétés des bois figurés, on prévoit les étapes suivantes :

- Calibrer l'évaluation Gonio-Photométrique en lien avec des mesures des déviations de fil (par fendage, voire microtomographie ?)
- Implémenter les caractéristiques optiques, et les variantes géométriques du modèle, dans une simulation par CAO (Fig. 5)
- Explorer la diversité entre essences, et la variabilité entre différents types de figures
- Tester les répercussions des figures sur les propriétés mécaniques

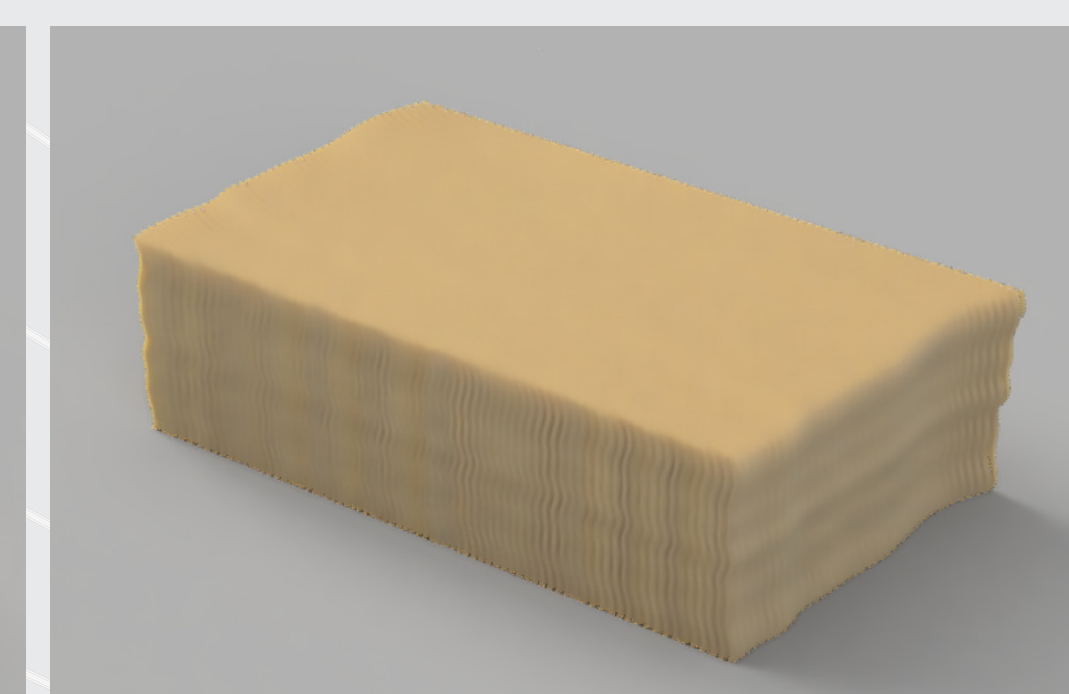
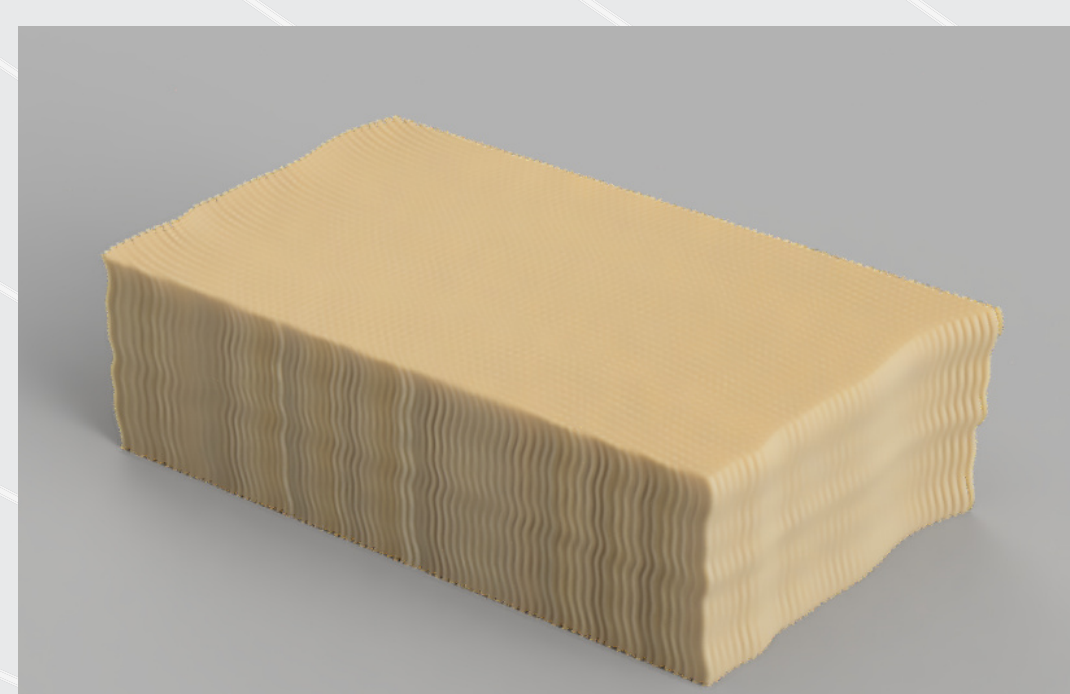


Fig. 5 : La simulation de la conception assistée par ordinateur (CAO) : Angle de lumière différent

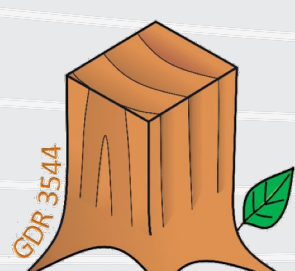
A l'aide de la simulation CAO, la structure possible en 3D du bois figuré pourrait être visualisée en faisant varier les paramètres du modèle géométrique.

## Références

- Alkadri A, Carlier C, Wahyudi I, Gril J, Langbour P, Brémaud I (2018) Relationships between anatomical and vibrational properties of wavy sycamore maple. IAWA J, 39(1): 63-86.  
Baumer M (1952) A propos des figures du bois. Bois et Forêts des tropiques, 24: 233-255.  
Beals HO and Davis TC (1977) Figure in wood: An illustrated review. Agricultural Experiment Station/Auburn University, Auburn, Alabama, Bulletin 486, 84pp.  
Carlier C, Alkadri A, Gril J, Brémaud I (2018) Revisiting the notion of "resonance wood" choice: a compartmentalised approach from violin makers' opinion and perception to characterization of material properties' variability. In: Wooden musical instruments - Different forms of knowledge, Pérez MA and Marconi E (Eds.), Book of end of WoodMusICK, COST Action FP1302, pp 119-142.  
Kato M and Nakamura M (2016) Relationships between reflection properties and visual attractiveness of fiddleback figures: Evaluation with eye tracking and image analysis. 木材学会誌, 62(6): 284-292.  
Liu C-Y and Lin S-H (2016) Characterizing surface of wood laminates by out-of-plane polarimetric light-scattering measurement. Optik, 127(2016): 2346-2353.  
Nakamura M, Matsuo M, Nakano T (2010) Determination of the change in appearance of lumber surfaces illuminated from various directions. Holzforschung, 64: 251-257.  
Shen J, Zhou J, Vazquez O (2000) Experimental study of optical scattering and fiber orientation determination of softwood and hardwood with different surface finishes. Appl Spectrosc, 54(12): 1793-1804.  
Sugimoto H, Kawabuchi S, Sugimori M, Gril J (2018) Reflection and transmission of visible light by sugi wood: effects of cellular structure and densification. J Wood Sci, 64: 738-744.

## Remerciements

Le doctorant de début de 2ème année, Hsien-Tsung HU, est cofinancé par l'Université de Montpellier et la Région Occitanie.



8<sup>e</sup> GDR Science du BOIS | Epinal, France | 18-20 NOV, 2019

LABORATOIRE DE MÉCANIQUE ET GÉNIE CIVIL - UM/CNRS  
[www.lmgc.univ-montp2.fr](http://www.lmgc.univ-montp2.fr)

