

Méthode de calcul du PSF (Point de Saturation des Fibres) à partir de la variation de surface du plan radial-tangentiel

GUIBAL Daniel¹, GERARD Jean¹, GUYOT Alban¹

¹UR BioWooEB, CIRAD
daniel.guibal@cirad.fr

Mots clefs : bois, Point de Saturation des Fibres (PSF), essais, méthode

Contexte et objectifs

La notion de PSF a été introduite par Tiemann (FPL Madison - USA) en 1906 en étudiant la résistance à la compression axiale et sa variation avec l'humidité du bois (PSF mécanique). Wilson (FPL Madison - USA) en 1932 réalise de nombreuses mesures mécaniques et physiques (retraits de séchage) et constate que le PSF tangentiel est différent du PSF radial mais aussi du PSF mécanique.

Le PSF est un bon indicateur de l'évolution de propriétés physiques et mécaniques lors des variations d'humidité. Le terme « zone » de saturation serait plus approprié que « point » de saturation. De plus, chaque estimation du PSF donne un résultat qui dépend du type (mécanique ou retrait) et de la direction (radiale, tangentielle) de mesure.

Depuis le début des années 30, le « Centre d'étude des Bois », dépendant du Ministère des colonies et ancêtre du CTFT, déterminait le PSF (dénommé à l'époque « Point de saturation à l'air ») à partir de la variation de volume de petites éprouvettes de bois de 20 x 20 x 20 mm. La méthode nécessitait des mesures de volume des éprouvettes entre l'état saturé et l'état anhydre. Ces mesures de volume se faisaient par immersion dans le mercure, à l'aide d'un « voluménomètre à mercure ».

Dans les années 90, pour des raisons sanitaires, on commence à éviter autant que possible d'utiliser du mercure dans les laboratoires. De plus, lors de l'essai, du mercure pouvait être piégé dans les éprouvettes et le calcul du PSF donnait des résultats parfois surprenants. C'est à cette époque, au sein du laboratoire de physique des bois du Cirad-Forêt (successeur du CTFT), qu'Anne Thibaut met au point et valide une méthode de calcul du PSF basée sur la variation de surface du plan radial-tangentiel de petites éprouvettes.

L'objectif de ce poster est de présenter pratiquement cette méthode mise en œuvre par le laboratoire de physique des bois de l'UR BioWooEb du Cirad depuis près de 30 ans.

Matériel et méthodes

La méthode « historique »

La méthode employée dans le laboratoire de physique des bois depuis les années 1930 jusqu'aux années 1990 consistait à mesurer la variation de volume de dix éprouvettes de 20 x 20 x 20 mm réparties sur un billon ou sur un plateau.

Chaque éprouvette (d'humidité h connue par mesure de l'humidité d'une éprouvette jumelle) était saturée puis son volume était mesuré à l'aide d'un voluménomètre à mercure (V_s). Elle était ensuite mise à sécher à l'air ambiant jusqu'à atteindre son humidité initiale, puis son volume V_h était mesuré à nouveau. Elle était enfin mise à l'étuve jusqu'à l'état anhydre et son volume (V_a) était mesuré une dernière fois

- Calcul du gonflement volumétrique total : **GB** $GB = \frac{V_s - V_a}{V_a} \times 100$
- Calcul du coefficient de gonflement volumétrique : **Gv** $Gv = \frac{V_h - V_a}{V_a \times h} \times 100$
- Calcul du Point de Saturation des Fibres : **S** $S = \frac{GB}{Gv}$

La méthode actuelle

La limitation de l'utilisation du mercure dans les laboratoires a entraîné l'abandon du volumétre à mercure et donc de la méthode « historique ». La méthode développée par Anne Thibaut pour la détermination du PSF s'appuie sur l'hypothèse selon laquelle les variations de dimensions du bois sont nulles au-dessus du PSF et linéaires entre le PSF et l'état anhydre. Cette méthode repose sur la mesure des dimensions radiales et tangentielles d'éprouvettes orientées, successivement dans des états : saturé puis stabilisé et enfin anhydre. Un état stabilisé correspond à celui d'une éprouvette en équilibre dans une ambiance donnée (température et humidité constante), c'est-à-dire dont la masse est devenue constante ; l'éprouvette est alors considérée « stabilisée ».

Trois ambiances de stabilisation sont définies :

- 30°C – 85 % HR, qui correspond à une humidité théorique du bois d'environ 18%
- 20°C – 65 % HR, qui correspond à une humidité théorique du bois d'environ 12%
- 20°C – 30 % HR, qui correspond à une humidité théorique du bois d'environ 6%

A chacune des 5 étapes, la masse, la dimension radiale et la dimension tangentielle de l'éprouvette sont déterminées.

Pour les 5 états (saturé, « 18% », « 12% », « 6% » et anhydre), on détermine :

- la « surface » de l'éprouvette qui est le produit de la dimension radiale par la dimension tangentielle
- le taux d'humidité réel de l'éprouvette (sa masse à l'état anhydre constituant la référence)

La représentation sur un graphe de la différence entre la « surface » saturée et la « surface » à l'un des 4 autres états (en abscisse) en fonction de l'humidité réelle de l'éprouvette dans l'état correspondant (en ordonnée) permet d'obtenir le PSF par régression linéaire sur ces 4 points. Le PSF correspond à l'intersection de la droite de régression et de l'axe des ordonnées (Fig. 1).

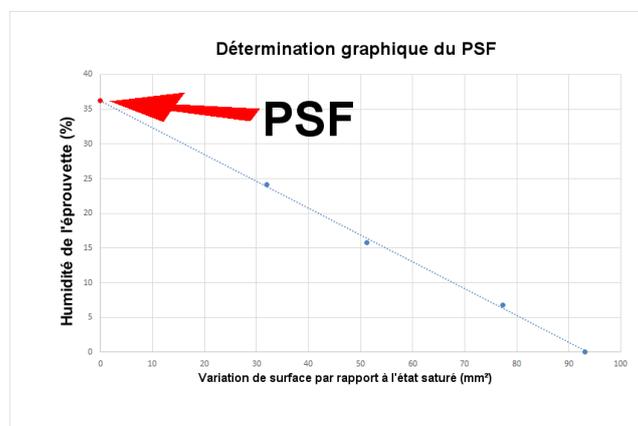


Fig. 1: Détermination graphique du PSF : humidité de l'éprouvette de bois en fonction de sa variation de surface, à partir de l'état saturé.

En pratique

La détermination du PSF se fait sur éprouvettes orientées : 20 mm (radial) x 20 mm (tangentielle) x 10 mm (longitudinal). Les éprouvettes sont référencées (stylo bille noir) et leurs arêtes sont ébavurées au papier de verre fin (240). A l'aide d'un tampon encreur constitué d'un morceau de tuyau souple, on repère et on marque le centre d'une face tangentielle-longitudinale pour la mesure de la dimension radiale, et d'une face radiale-longitudinale pour la mesure de la dimension tangentielle (Fig. 2).

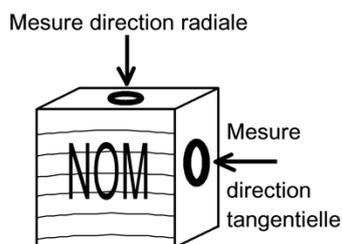


Fig 2. Préparation de l'éprouvette

Les mesures sont faites à l'aide d'un comparateur au 1/1000^e mm et les pesées sont faites sur une balance au 1/1000^e g (Fig. 3).



Fig. 3 : Mise en place de l'éprouvette et contact avec la touche plate du comparateur (Ø 5 mm)

Résultats et discussion

La distribution des PSF moyens obtenus en utilisant la méthode « historique » (plus de 3000 essais) met en évidence certaines valeurs nettement supérieures à 40%, peu conformes à ce que l'on pouvait attendre (Fig. 4).

En effet, chaque éprouvette faisait l'objet de 3 mesures à l'aide du voluménomètre à mercure. Outre les possibles erreurs opérateurs, l'utilisation de cet équipement pouvait être entachée de biais. Biais liés au piégeage de billes de mercure dans le bois ou à la mesure du taux d'humidité sur éprouvette jumelle qui pouvaient fausser les mesures.

La distribution précédente est comparée à celle correspondant à des valeurs de PSF déterminées à l'aide de la méthode actuelle sur 500 éprouvettes prélevées dans 21 essences de bois de Polynésie. Malgré l'absence d'effet de lissage lié au calcul d'un PSF moyen (Fig. 5), il apparaît sur cette nouvelle distribution que très peu de valeurs sortent des limites 20% - 40%.

La méthode utilisée depuis les années 90 dans le laboratoire de physique du Cirad est simple à mettre en œuvre et ne nécessite pas d'équipements coûteux ni de produits dangereux.

A partir d'une même série de mesures de dimensions et de pesées, elle permet d'obtenir simultanément le PSF et les retraits linéaires totaux suivant les directions radiale et tangentielle

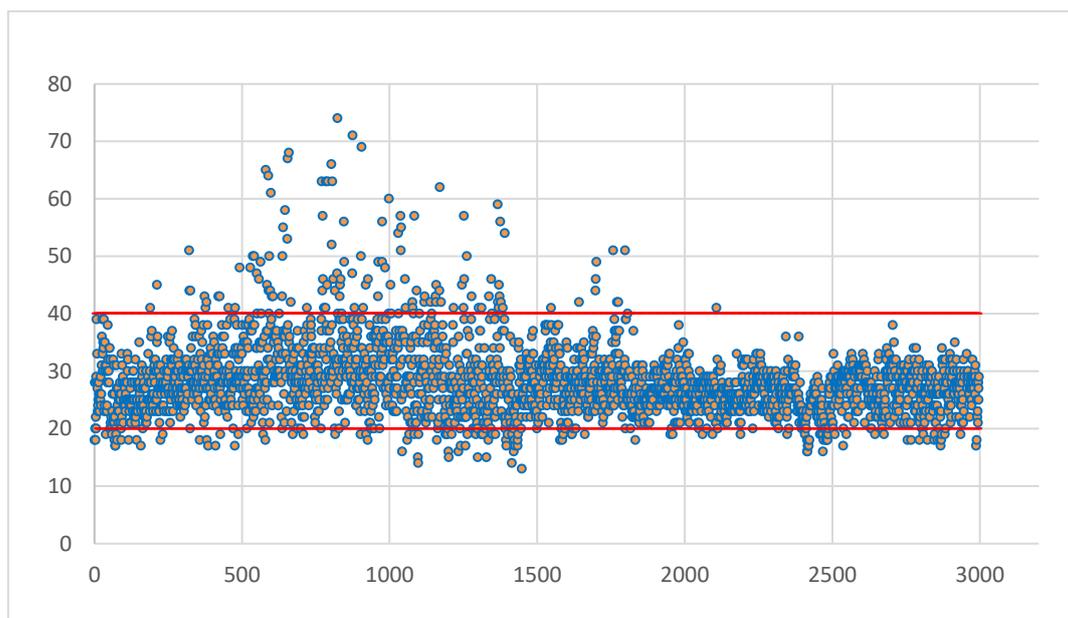


Fig 4 : Valeur du PSF moyen pour 3000 essais réalisés durant 60 ans avec la méthode « historique »

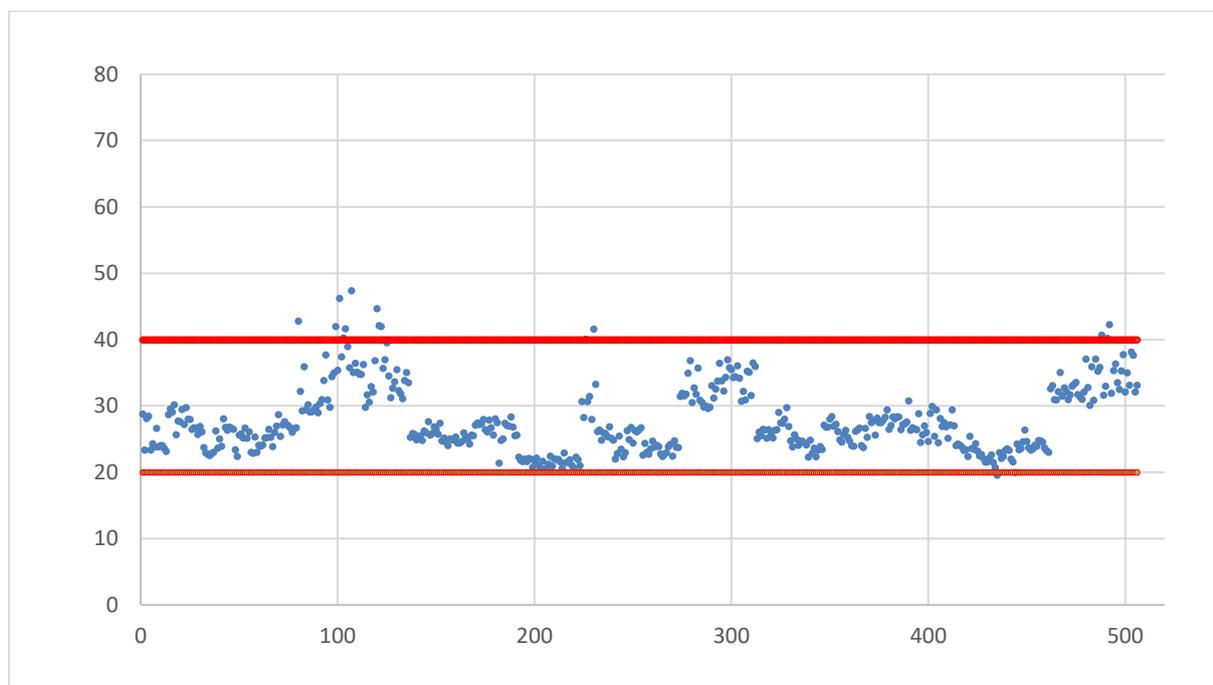


Fig 5 : PSF déterminé sur 500 éprouvettes prélevées dans 21 essences de bois de Polynésie selon la méthode actuelle

De plus, la mesure du volume saturé de l'éprouvette (par poussée d'Archimède) lors de la première étape de l'essai (mesures à l'état saturée) permet d'obtenir simultanément l'infradensité.

Compte tenu des phases successives de stabilisation des éprouvettes, la durée totale d'un essai est comprise entre un mois et demi et deux mois. La durée de réalisation effective de l'essai (mesures des dimensions et pesées) est comprise entre 5 et 6 jours.

La Fig. 6 montre des exemples de résultats obtenus.

Remerciements

Bernard THIBAUT

Références

Tiemann HD (1906) Effect of moisture upon the strength and stiffness of wood. U.S. Department of Agriculture, Washington
(<https://archive.org/details/effectmoistureu00tiemgoog/mode/2up>)

Wilson TRC (1932) Strength-moisture relations for wood. Tech.Bull.282.Washington, DC: U.S. Department of agriculture.

Collectif (2016) Atlas des bois tropicaux Caractéristiques technologiques et utilisations. Éditions Quæ. ISBN : 978-2-7592-2551-4.

Collectif (2015) Mémento du forestier tropical. Éditions Quæ. ISBN : 978-2-7592-2341-1.