

## Principe de mesure : la méthode BING

La méthode BING de caractérisation mécanique s'appuie sur l'étude des vibrations d'une pièce de bois. En effet, une pièce de bois soumise à des vibrations constitue un système mécanique fréquemment rencontré : arbre soumis au vent, impacts sur un plancher, instrument de musique, structure en bois soumise aux mouvements du sol, etc. Le rapport du module d'élasticité à la masse volumique du matériau, dénommé module spécifique, est homogène au carré d'une vitesse et correspond à la vitesse de propagation d'un signal dans le matériau. Cette relation indique la liaison existant entre propriétés mécaniques et comportement vibratoire.

L'analyse spectrale des vibrations naturelles de flexion et/ou de compression permet d'identifier les fréquences propres d'une poutre à partir de sa réponse à une excitation impulsionnelle, appliquée à une des extrémités de façon à solliciter simultanément tous les modes propres de vibration. Le premier mode (aussi appelé mode fondamental) est identifié à une fréquence dite fondamentale, les modes de rang plus élevés correspondent toujours à des fréquences plus élevées. Si par une analyse du signal acoustique enregistré l'on arrive à déterminer une ou plusieurs fréquences de vibration du système on peut ainsi en déduire les propriétés mécaniques de l'échantillon testé.

Pour cela, les modèles développés par Bernoulli (modèle le plus simple) et/ou Timoshenko (modèle plus élaboré) établissent la relation entre fréquences propres et propriétés mécaniques. Ces deux modèles reposent sur l'hypothèse d'un matériau homogène ; cela n'implique pas de variations de masse volumique dans l'axe de l'échantillon et une bonne orientation et géométrie de celui-ci. Le modèle de Bernoulli ne prend pas en compte le cisaillement entre les sections droites d'une poutre, en d'autres termes les sections de la poutre restent perpendiculaires à la ligne neutre de la poutre. Le modèle de Timoshenko tient compte d'un angle de cisaillement qui reflète que les sections droites ne restent pas perpendiculaires à la ligne neutre.

À la suite des travaux entrepris dans les années 80 au CTFT puis au Cirad, en particulier grâce aux travaux de P.A. Bordonné, un dispositif permettant l'obtention très rapide des modules d'élasticité en flexion et en compression par analyse et interprétation du spectre des vibrations naturelles d'une pièce en bois a été conçu, développé et mis en œuvre. Ce dispositif, prévu initialement pour tester des éprouvettes normalisées, peut être utilisé pour des pièces couvrant une très large gamme de sections et dimensions. Deux modes de sollicitation impulsionnelle peuvent être pratiqués :

- En flexion (sens transversal), par l'intermédiaire d'une percussion perpendiculaire à l'axe de l'échantillon.
- En compression (sens longitudinal), par l'intermédiaire d'une percussion dans l'axe de l'échantillon.

En pratique, l'élément à tester dont les caractéristiques géométriques et le poids sont connus, repose sur deux supports élastiques afin que la propagation des vibrations soit la plus libre possible lors d'une simple percussion sur une des extrémités. A l'autre extrémité, un microphone (ou tout autre capteur de mouvement) enregistre les vibrations émises et les transmet via un filtre anti-repliement (passe-bas) à une carte d'acquisition jouant le rôle d'un convertisseur analogique-numérique et qui fournit au micro-ordinateur le signal numérisé, traité par Transformée de Fourier Rapide (FFT) afin d'interpréter l'information dans le domaine fréquentiel. Le traitement mathématique des fréquences sélectionnées (calcul et régression linéaire) est effectué logiciellement à partir des caractéristiques géométriques et de la masse de l'échantillon.

Des essais comparatifs réalisés au Cirad ont montré une très bonne corrélation avec les résultats obtenus par des essais classiques de flexion (3 et 4 points) sur des éprouvettes en bois de toutes dimensions, de toutes sortes d'essences, avec et sans défaut. Ces résultats corroborent ceux de la littérature et montrent qu'à l'heure actuelle aucune autre technique non destructive ne permet d'obtenir un tel résultat avec autant de simplicité de mise en œuvre et de rapidité.