

Optimisation des procédés de déconstruction des bois d'œuvre par imagerie 3D et Usinage Robotisé

FAGOT-BARRALY Kévin, SIMON Caroline, MEAUSOONE Pierre-Jean

LERMAB, INRAE, Université de Lorraine, 54000 Nancy, France

kevin.fagot-barraly@univ-lorraine.fr, pierre-jean.meausoone@univ-lorraine.fr
caroline.simon@univ-lorraine.fr

Mots-clefs : bois de réemploi ; déconstruction ; imagerie 3D ; usinage robotisé ; optimisation ; économie circulaire ; chaîne numérique ; fabrication avancée

Introduction et objectifs

Le secteur du bâtiment génère près de 42 millions de tonnes de déchets par an en France, 49 % de ces déchets proviennent de la démolition, 38 % de la réhabilitation et 13 % de la construction neuve. Dans ce contexte, plusieurs voies de valorisation sont envisagées : valorisation énergétique, recyclage et réemploi. En suivant les préconisations du code de l'environnement (Environnement 2021), la réutilisation du bois (Lemaître 2025) constitue un levier essentiel pour promouvoir l'économie circulaire et réduire l'empreinte carbone des secteurs de la construction et de l'ameublement. Cependant, la variabilité dimensionnelle et la présence de défauts naturels ou liés à un premier usage limitent souvent son intégration dans de nouvelles chaînes de production. Les pratiques actuellement utilisées et/ou préconisées pour la réutilisation du bois de déconstruction sont orientées vers des solutions coûteuses en temps et en mains d'œuvre (Interreg 2023).

Ce projet vise à développer une méthodologie combinant imagerie 3D haute résolution, usinage et robotique afin d'accroître l'optimisation et d'améliorer la valorisation des pièces de bois issues de la déconstruction. L'objectif principal est de démontrer que la caractérisation fine du matériau couplée à des procédés de fabrication avancés peut accroître la productivité et la qualité des produits réemployés.

Matériels et méthodes

Le protocole repose sur trois étapes principales. Dans un premier temps, une acquisition par imagerie 3D (scanner laser et photogrammétrie multi-angle) permet de reconstruire un modèle numérique précis des pièces de bois de réemploi. Ces modèles sont analysés par algorithmes de vision afin de détecter automatiquement les défauts (nœuds, fissures, déformations) et d'extraire les volumes exploitables, intégrant un comparatif sur les usinages et efforts de coupe entre bois vieillis et bois neufs, tout en prenant en compte la faisabilité et les interactions liées à la présence éventuelle de polluants. Dans un second temps, un module de planification génère des trajectoires d'usinage robotisé ou non, optimisées en fonction des contraintes géométriques et mécaniques. L'usinage avancé est ici au cœur de la méthodologie (Eyma 2002, Boucher 2007) : il mobilise des paramètres tels que la vitesse de rotation de l'outil, l'avance par dent, la profondeur et l'angle de coupe, ainsi que la gestion des vibrations et de l'évacuation des copeaux. L'adaptation de ces paramètres en fonction de la densité, de l'humidité résiduelle et de l'état de surface du bois déconstruit permet d'optimiser la qualité des pièces produites afin de maximiser la réutilisation des bois en fin de vie. Enfin, des tests expérimentaux d'usinage seront réalisés sur un bras robotisé 6 axes, équipé d'outils de coupe spécialisés et de capteurs

d'effort, afin de valider les trajectoires et d'affiner les modèles prédictifs pour un passage à l'échelle industrielle.

Résultats attendus et discussion

Les premières constatations montrent que l'imagerie 3D permet une détection fiable de défauts jusqu'à 0,5 mm de résolution. La segmentation automatique des zones exploitables réduit le taux de perte matière par rapport à une découpe traditionnelle. L'usinage robotisé optimise le temps de fabrication en adaptant la trajectoire aux spécificités de chaque pièce, ce qui améliore la flexibilité de la chaîne de production. L'intégration complète dans une chaîne numérique favorise la traçabilité et l'industrialisation du réemploi du bois.

Conclusion et perspectives

Cette recherche permettrait de mettre en évidence le potentiel de l'imagerie 3D couplée à l'usinage avancé et robotisé pour l'optimisation du bois de réemploi. Pour aller plus loin que la simple réduction des pertes matière, l'approche contribue à renforcer la fiabilité du matériau réutilisé et sa compétitivité face au bois neuf. L'intégration d'analyses de cycle de vie (ACV) (Lemaitre 2025) permettrait d'autant plus d'objectiver les bénéfices environnementaux associés, en quantifiant les gains en termes d'énergie, d'émissions et de consommation de ressources. Les perspectives incluent l'extension de la méthodologie à d'autres matériaux biosourcés, la création d'outils logiciels open-source favorisant la diffusion de la démarche auprès des industriels et artisans, ainsi que le développement de référentiels ACV adaptés pour soutenir la transition vers une économie circulaire. Enfin, cette approche constitue un point important dans la stratégie commerciale : en combinant performance technique, certification environnementale et traçabilité des impacts, elle offre aux acteurs du marché un avantage compétitif clair, leur permettant de se positionner sur un secteur en forte croissance où durabilité et innovation sont devenues des critères décisifs d'achat.

Références

- Eyma F (2002) Caractérisation des efforts de coupe de différentes essences de bois à l'aide de leurs paramètres mécaniques. Thèse de l'Université Henri Poincaré, Nancy 2002.
- Boucher J (2007) Caractérisation de la coupe rotative du bois Thèse de l'Université Henri Poincaré, Nancy 2007.
- Interreg (2023) Projet Interreg « le réemploi en pratique : de la déconstruction à la mise en œuvre », NWE, FCRBE, publication Septembre 2023.
- Environnement (2021) Article L541-1-1 Code de l'environnement France en vigueur depuis le 25 aout 2021.
- Lemaitre O, Simon C, Meausoone PJ (2025) Study of the process of Structural Wood Reuse in a Deconstruction/Reconstruction Operation, International Conference on Cleaner Production and Circular Economy 5september 23-25, 2024, Prague, Czech Republic.