

## Résumé

La recherche effectuée dans le cadre de cette thèse porte sur l'application de la technologie de soudure par friction sur le bois à grande échelle. Les investigations qui sont présentées ont été réalisées sur un prototype d'une machine à souder préalablement développé pour remplir les exigences de cette recherche. Au moyen de cette machine, les éléments en bois de tailles comparables à celles utilisées pour les applications structurelles peuvent être soudés.

Les résultats des tests préliminaires sur des planches d'épicéa de grande taille indiquaient une corrélation entre la taille de l'échantillon et la présence de larges zones de l'interface où la soudure était incomplète voire inexistante. C'est pourquoi ces effets d'échelles ont été examinés plus en détails dans une première étape. Les résultats montrent que ce phénomène est associé à une pression de gaz interne qui est générée à l'interface pendant l'évaporation de l'humidité et d'autres sous-produits gazeux. Ces derniers proviennent de la décomposition thermique des cellules moléculaires du bois pendant la phase de friction. Il a pu être démontré que ces effets d'échelle peuvent être limités par une réduction de la teneur en humidité ou via l'agencement de canaux d'évacuation des gaz à l'interface, ce qui entraîne une diminution de la pression interne.

Ensuite, le potentiel de cette technologie par rapport aux applications structurelles a été estimé et évalué à l'aide des études mécaniques. D'abord, des examens sur le comportement porteur de connexions soudées parallèles, sous la forme de joints à double recouvrement, et en particulier l'influence de la longueur de chevauchement sur la capacité de charge, sont décrits. Les résultats montrent que des effets de taille apparaissent à cause du comportement extrêmement rigide de la liaison. Ce phénomène décrit une diminution de la force nominale avec une augmentation de la taille de la structure porteuse. En plus de ces tests de charge, une méthode numérique portant sur la prévision de force est présentée. Celle-ci repose sur une approche probabiliste qui permet une prédiction précise des résultats expérimentaux et des effets de taille.

En outre, il a été démontré que les planches de bois croisées avec une orientation des fibres perpendiculaire peuvent être soudées afin de constituer des connexions rigides et résistantes. Des échantillons de tailles différentes ont donc été préparés et testés pour évaluer leur capacité à transmettre les moments de torsion. Dans ce contexte, une nouvelle méthode pour la détermination d'un critère de défaillance des joints soudés perpendiculairement est présentée. Des valeurs numériques de résistance déterminées de manière probabiliste, qui sont basées sur ce critère, montrent une bonne cohérence avec les résultats expérimentaux. La relation non-linéaire entre la taille des échantillons et la force nominale est confirmée par les résultats de la simulation numérique.

Les résultats de ces expériences sur les liaisons soudées perpendiculairement montrent que la capacité structurelle de ces connexions est appropriée pour une utilisation dans la construction en bois. Par conséquent, des petits prototypes de panneaux de bois en stratifié croisé ont été fabriqués et leur capacité structurelle a été évaluée. Cette recherche a considéré en particulier le cas de cisaillement des panneaux dans le plan car dans ce cas la charge est transmise seulement par la résistance de la liaison soudée aux moments de rotation. A l'aide de la méthode probabiliste de prédiction précédemment développée, la capacité structurelle des panneaux peut être calculée numériquement. Une application théorique de cette méthode de conception sur une étude de cas d'un bâtiment en bois à plusieurs étages démontre que les charges horizontales dues au vent agissant sur de tels bâtiments pourraient être reprises en utilisant des panneaux en bois soudés par friction.

En plus de cette étude mécanique, une recherche sur la stabilité du joint vis-à-vis de l'hygrométrie a été menée simultanément. Jusqu'à maintenant, les déformations et les retraits provenant d'une variation de l'hygrométrie du bois entraînaient fréquemment des fissures au sein du joint. A partir des résultats obtenus sur des études à long terme sur les joints soudés parallèlement, il a été démontré que ce comportement peut être amélioré par l'utilisation des profils dentelés à l'interface. Ainsi, la sensibilité de la soudure aux variations d'hygrométrie est réduite et la capacité de charge peut être maintenue même après avoir été confrontée à des variations climatiques cycliques entre des environnements secs et humides.

La dernière partie de ce travail décrit l'application de ce principe de dentelage sur les liaisons avec une orientation perpendiculaire des fibres. Des tests mécaniques ainsi que des études long-terme sur des échantillons à une alternance de conditions climatiques sèches et humides ont été réalisés sur des interfaces dentelées de panneaux de bois en couches croisées. Les résultats montrent que les capacités structurelles initiales peuvent être augmentées grâce au dentelage. Par ailleurs, la fissuration est significativement réduite au moyen de cette modification de l'interface. De plus, le mécanisme de rupture extrêmement fragile passe à un comportement quasi-fragile, qui est caractérisé par une résistance de charge résiduelle qui diminue lentement après avoir atteint la capacité maximale.

Enfin, les applications futures possibles de la technologie sont évaluées en fonction de son aptitude structurelle, l'efficacité et la durabilité, sur la base des résultats obtenus. En raison du temps de soudure très court et de l'amélioration de la stabilité hygrométrique de la liaison, cette technologie dispose de qualités intéressantes qui peuvent être avantageuses pour la production de poutres en lamellé-collé et de panneaux en bois stratifiés. Une dernière perspective de la thèse propose différentes approches de recherches ultérieures qui sont indispensables pour de futurs développements. Par ailleurs, le dernier chapitre contient des suggestions pour la conception de nouvelles machines à souder, utiles afin d'étendre la soudure par friction vers des applications industrielles.

**Keywords:** soudage par friction du bois, liaison du bois, effets d'échelle, prédiction probabiliste de la résistance, rupture fragile, effets statistiques de taille, stabilité hygrométrique, panneaux de bois lamellé-croisé, profilage de surface, propagation de fissures