

Le soudage du bois par friction

Saviez-vous qu'il est possible d'assembler deux pièces de bois sans patte métallique, sans colle, sans clou et sans vis ? Juste par friction de deux pièces de bois entre elles. Cette technique est non seulement rapide mais s'avère également particulièrement performante puisqu'elle permet d'obtenir des résultats largement supérieurs aux assemblages collés. Un procédé déjà utilisé par plusieurs ébénistes et qui pourrait révolutionner l'approche des assemblages bois.

TEXTE : A. PIZZI (DR. CHEM, PHD, DSC), PROF. INDUSTRIAL CHEMISTRY ENSTIB-LERMAB, UNIVERSITÉ HENRI POINCARÉ-NANCY 1, EPINAL (FRANCE)

Le soudage du bois est basé sur la fusion et l'écoulement des constituants des parois des fibres du bois, principalement la lignine mais également les hémicelluloses. Pendant la friction des deux pièces de bois entre elles, la fusion de ces polymères amorphes résulte des températures élevées (plus de 180°C) atteintes en quelques secondes à l'interface. Cela conduit à la formation d'un enchevêtrement de fibres qui sont localement fortement comprimées et dont la fusion des parois produit, après solidification sous charge, une adhésion des pièces entre elles. Le joint soudé ainsi obtenu est constitué d'une matrice de polymère à base de lignine fondue. Les températures élevées atteintes lors de la friction conduisent à la formation de furfural. Ce dérivé d'hydrates de carbone contribue à la liaison chimique avec la lignine, en particulier après la fusion, pendant la phase de solidification du joint soudé qui est réalisée en maintenant un effort de compression.

A l'échelle européenne, l'utilisation d'un tel mode d'assemblage, permettrait l'économie de milliers de tonnes d'adhésifs. Cela concerne principalement les industries de l'ameublement et de la menuiserie d'intérieur qui deviendront ainsi plus compétitives, relativement indépendantes de l'industrie chimique et qui offriront des produits de haute qualité environnementale. Plus récemment, un procédé tout à fait naturel pour donner des joints de bois soudés a également été développé, ouvrant la possibilité d'utiliser ce système pour des joints structuraux extérieurs, en construction.

L'assemblage de pièces de bois entre elles est un préalable à la réalisation de produits finaux dans les domaines de la construction et de l'ameublement. Ces assemblages sont obtenus principalement soit par le biais de connecteurs éventuellement collés (métalliques ou en bois) soit par l'utilisation exclusive de colles. Dans les deux cas, cela conduit à un surcoût parfois important d'élaboration. S'agissant de l'utilisation des colles liquides, il est également nécessaire de disposer des équipements qui permettent la diminution du temps de polymérisation.

Le soudage du bois sans additifs

La friction linéaire

Les échantillons de hêtre sont placés dans une machine de friction qui applique simultanément (i) un mouvement transversal à une fréquence de 100 HZ ou 150 HZ (selon les différentes techniques déjà élaborées) et (ii) une pression orthogonale au plan de soudage (figure 1). Les paramètres optimaux sont une friction linéaire d'amplitude de 2-3 mm pendant 1,5 à 4 secondes, avec un effort de compression autour de 2 MPa, puis un maintien d'une pression de 2,7 MPa pendant 5 secondes après l'arrêt de la friction. Sur cette base, cette opération de soudage pouvait également être obtenue avec des échantillons de plus grande taille : 600 mm de long pour une section transversale de 80*20 mm². La longueur maximale jamais soudée avec cette technique est seulement de 120 à 150 cm, les équipements pour souder des pièces plus longues n'existent pas. Il s'agit d'un des problèmes majeurs de la friction linéaire, l'autre étant le coût très élevé de ce type d'équipement.

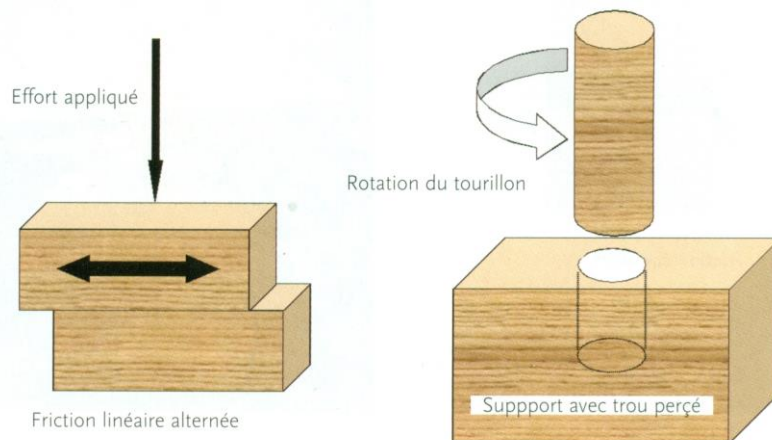
La friction circulaire

Ces assemblages sont obtenus soit (i) en insérant des tourillons cylindriques dans des trous d'un diamètre inférieur au diamètre du tourillon soit (ii) en insérant des tourillons dont l'extrémité a été préalablement rendue conique. Pour cela, nous avons utilisé une perceuse tournant à 1200-1600 tours par minute. Après obtention de la fusion du bois, la rotation est arrêtée et le montage est maintenu sous pression axiale jusqu'à la solidification du joint. Avec ce système, il a été possible de concevoir des structures de grandes dimensions, comme des lamelles soudées de 350 cm de long, des poutres de structure en I, des parois en bois et un plancher suspendu, ainsi que des meubles qui auraient été difficiles à fabriquer autrement. De plus, le coût de l'équipement est limité, puisqu'il ne faut que des perceuses,

soit fixes soit portables, du matériel présent dans n'importe quel atelier de menuiserie.

Le schéma de principe de chaque mode de soudage par friction est illustré sur la figure suivante.

Figure 1. Schémas de principe des deux opérations de soudage par friction



Les propriétés des joints soudés obtenus par friction linéaire

Les essais mécaniques réalisés sur les échantillons soudés ont fait apparaître une résistance moyenne en traction qui varie entre 10 et 15 MPa. Ces résultats satisfont aux exigences de la norme européenne EN 205-D1 (1992). Une pression de soudage supérieure à 2 MPa conduit à de moins bonnes propriétés mécaniques du joint car elle induit un endommagement ainsi que l'extrusion excessive des fibres de bois de l'interface. La température atteinte dans le joint pendant la friction est de plus de 170° Celsius. Cette température est bien plus élevée que la température de transition vitreuse de la lignine et des hémicelluloses, température au-delà de laquelle ces constituants changent d'état et de comportement. La fusion des principaux polymères constitutifs du bois a bien eu lieu pendant l'opération de friction.

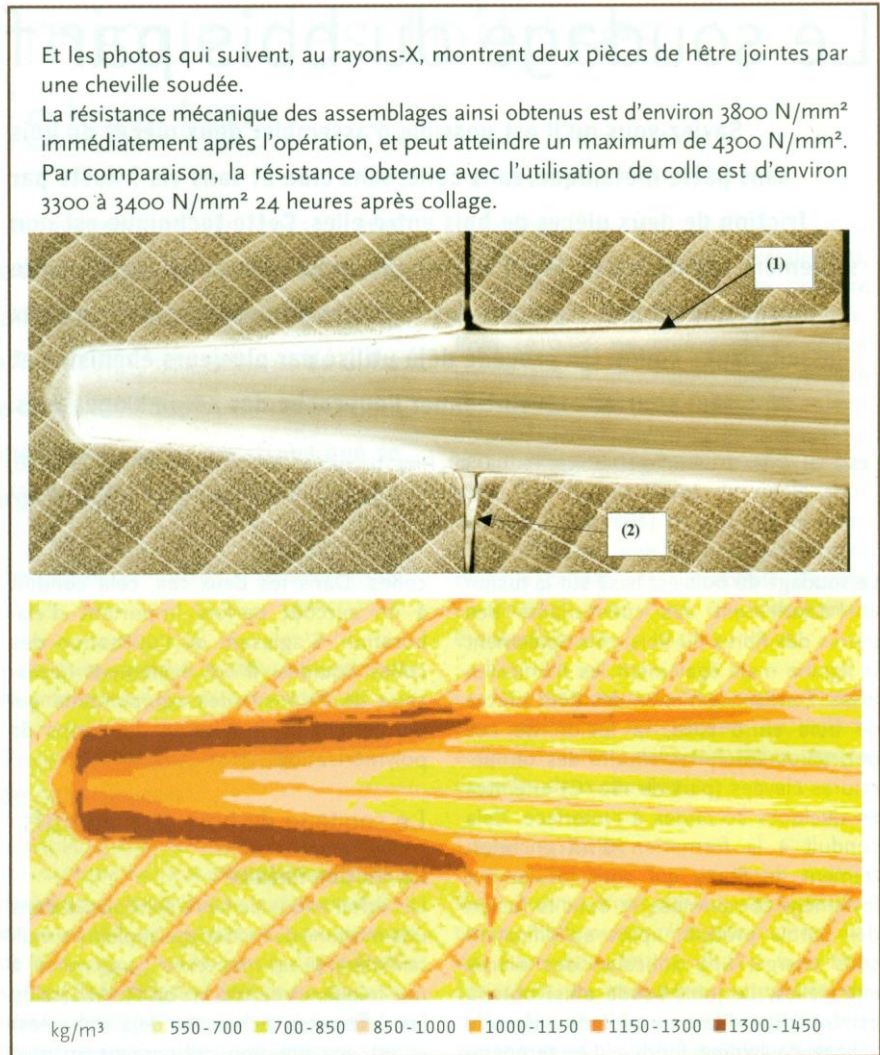
Les caractéristiques des joints soudés obtenus par friction circulaire

La figure 2 illustre la fixation de tourillons de hêtre dans un support massif qui a été préalablement percé. Sur l'image, on observe à la

base de chaque tourillon un liseré foncé qui témoigne de la fusion qui s'est opérée lors de la friction circulaire.



Figure 2. Friction circulaire



Applications variées

Plusieurs applications ont été contrôlées avec le soudage rotatif. La série de photos suivantes donne une idée de la variété de matériaux bois qui ont été préparés avec cette technique et qui répondent aux exigences des différentes normes européennes pour les différentes applications.

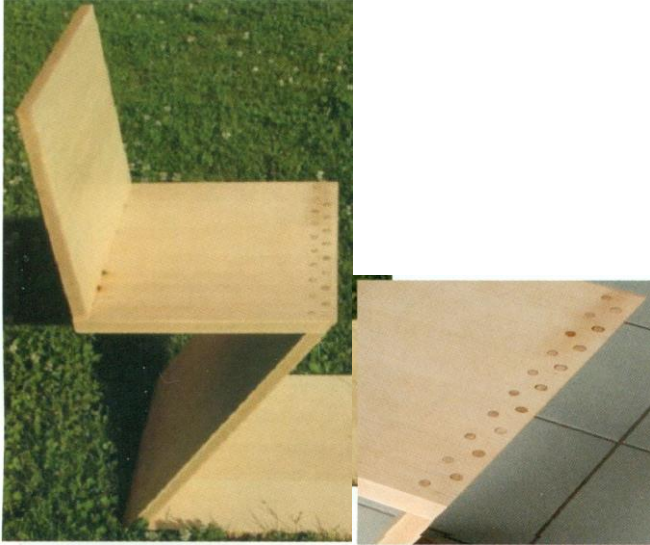
1. Plancher suspendu

Un plancher suspendu de 4 x 4 mètres sur 22 cm et d'un poids de 690 kg a été fabriqué sans aucune colle, ni vis ni clou, mais exclusivement par soudage rotatif au tourillon. Le moins bon résultat a été supérieur de 50 % à la valeur minimum requise par la norme européenne.



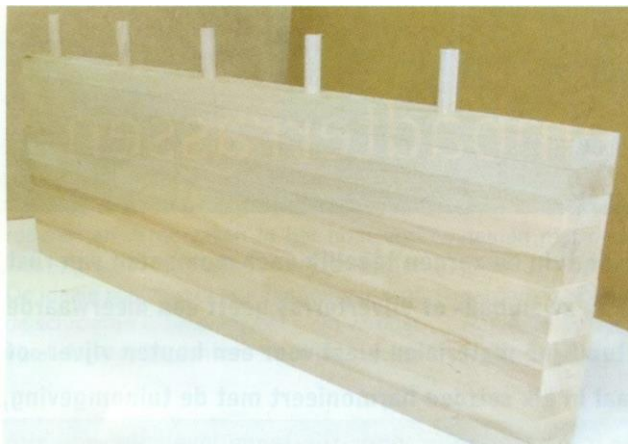
2. La chaise minimaliste en Z de Rietveld

Rietveld, un architecte hollandais du début du XXe siècle, a conçu cette chaise dans les années 30 mais il n'a jamais été possible de la fabriquer sans supports angulaires, soit en bois soit en métal. Par soudage rotatif, avec deux séries de tourillons soudés à deux angles différents, il a été possible de construire cette chaise exactement comme son concepteur l'aurait voulu. La figure suivante illustre la chaise minimaliste en Z de Rietveld. Plusieurs variantes de ce modèle ont été développées plus tard.



3. Panneaux en bois massif

Une des réalisations les plus difficiles à concevoir au début de l'application de la technique de soudage de bois a été la fabrication de panneaux de bois soudés. Une récente collaboration entre, d'une part, l'ENSTIB, Université Henri Poincaré – Nancy 1 (France) et, d'autre part, l'Université de Laval au Québec (Canada), a permis de fabriquer des panneaux en bois massif répondant aux normes. La figure suivante montre ce type de développement :



4. Lamellé soudé

Les lamelles soudées, de longueurs différentes (entre 2 et 3,5 mètres), ont été fabriquées selon des techniques de tourillonnage différentes et testées avec succès. La figure illustre un lamellé soudé expérimental de 2 mètres comprenant 4 couches. Cette expérience a été menée en Irlande en utilisant des tourillons soudés.



Conclusions

Le soudage du bois massif par friction mécanique n'existait pas par le passé. Dans les domaines de l'ameublement et de la menuiserie intérieure, on utilise habituellement des colles issues de la pétrochimie. Grâce à ce nouveau procédé, il devient possible d'envisager la suppression de l'utilisation de ces colles au profit de l'utilisation exclusive du bois, ce qui ouvre la perspective d'un saut qualitatif important vers des produits à haute qualité environnementale obtenus de manière plus productive. La justification de ce saut qualitatif important est explicitée par les points suivants :

- jusqu'à présent aucune innovation n'avait permis d'envisager une réduction massive de l'emploi des colles dans l'industrie du bois. Il devient possible d'éliminer des produits potentiellement toxiques.
- Le temps nécessaire à l'assemblage de pièces de bois par soudage est extrêmement rapide en comparaison avec tout autre mode d'adhésion qui implique un temps de polymérisation

des colles. Le gain de productivité qui en découle s'avère être un avantage qui pourra bénéficier au matériau bois pour les usages mentionnés précédemment.

- C'est la première fois que l'on conçoit un mode d'assemblage rapide par chevilles de bois soudées ayant une résistance 20 fois supérieure aux chevilles traditionnelles des menuisiers et qui ne nécessite pas l'utilisation de colles. Cette mise en œuvre est à la portée de tous.

Des petites entreprises et des menuisiers utilisent déjà la technique pour fabriquer des meubles, des menuiseries ou des réalisations sans colle, ni vis ni clou. Les éléments étant assemblés exclusivement de manière naturelle et écologique, avec du bois. Pour preuve, voici le site d'un ébéniste qui emploie la technique au quotidien : <http://www.fanny-eco-ebenisterie.fr>