

Friction sous impact dans le bois

MAIGRE Huber, AKAKPO Yao Roland

LaMCoS – INSA-LYON – CNRS UMR5259

hubert.maigre@insa-lyon.fr

Mots clés : bois ; clous ; impact ; frottement.

Contexte et objectifs

Dans la construction bois de nombreux dispositifs d'assemblage entre plusieurs éléments massifs s'appuient sur les propriétés de frottement entre le bois et les systèmes de fixation comme le vissage ou le cloutage. Nous nous intéressons plus particulièrement à ce dernier sachant que peu d'études sont disponibles (Martin 2006, El-Houjeyri 2020) afin d'identifier les paramètres mécaniques définissant un « bon » cloutage. Parmi les paramètres importants interviennent, l'effort d'enfoncement, la vitesse d'enfoncement (marteau ou dispositif à choc), la résistance à l'arrachement.

Nous avons donc développé un protocole d'essai sous choc qui nous permet de maîtriser les conditions d'enfoncement et de mesurer les efforts pendant cet enfoncement. Le dispositif expérimental est constitué d'un banc de barres de Hopkinson instrumenté et d'une acquisition d'images à très haute vitesse.

Matériel et méthodes

Banc d'essai

Le banc est constitué d'un système de barres de Hopkinson sans barre entrante avec impact direct du projectile sur le clou prépositionné sur un plot de bois, Fig. 1.

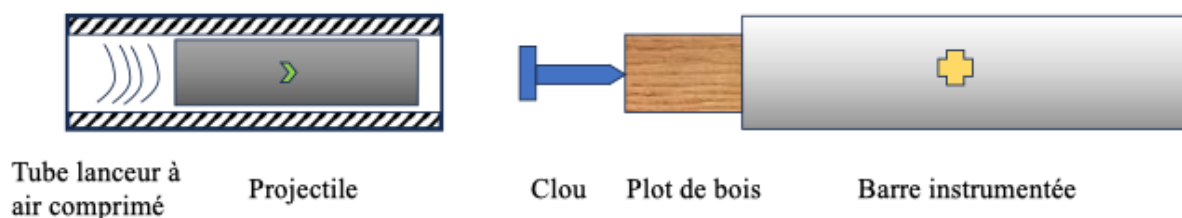


Fig. 1 : montage pour enfoncer un clou dans du bois de manière contrôlée et instrumentée.

La barre d'appui étant bien plus rigide que l'échantillon de bois et que l'enfoncement du clou on suppose son mouvement négligeable et que les efforts mesurés par les jauges sont essentiellement dus aux efforts de pénétration du clou.

Préparation des échantillons et des essais

Les échantillons de bois ont été prélevés sur un barreau cylindrique de hêtre de 22 mm de diamètre et 36 mm de long. Le sens longitudinal est donc celui de l'enfoncement. Les clous sont des clous du commerce en acier de diamètre 1,8 mm et de longueur 30 mm utilisés tels quels sans éliminer les quelques aspérités présentes.

Deux projectiles ont été fabriqués. Il s'agit de cylindres de diamètres 12 mm. Le premier en aluminium de masse 29,1 g et le second en acier de masse 58,6 g. Pour les deux projectiles, les pressions de lancement ont été ajustées afin que le clou ne soit pas totalement enfoncé dans le bois afin d'éviter un choc direct du projectile sur l'échantillon de bois. Comme les projectiles

ont des masses différentes cela conduit à des vitesses d'impact différentes entre l'aluminium et l'acier d'environ 30 m/s et 40 m/s respectivement

Acquisition d'images

Afin de faire le lien entre les efforts d'enfoncement du clou et l'enfoncement du clou lui-même nous avons installé une caméra rapide afin de suivre visuellement cet enfoncement. Comme la durée utile d'un essai est très courte, environ 1 ms, notre caméra (Phantom V710) est réglée à 50 000 i/ avec une résolution de 384x312 pixels. Fig. 2 on voit un exemple d'acquisition réalisée

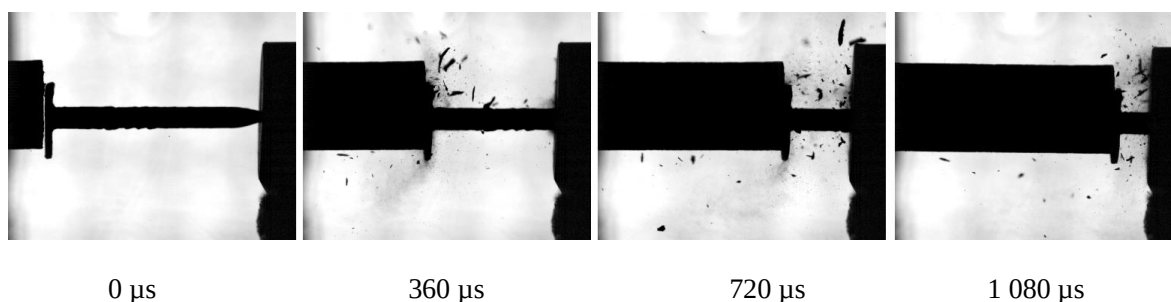


Fig.2 : extrait d'un film montrant l'enfoncement du clou

A partir des toutes les images, une cinquantaine, il est possible d'évaluer l'évolution temporelle de l'enfoncement. Avec l'hypothèse de masse rigide pour le projectile et le clou, la décélération observée est directement associée à l'effort d'enfoncement du clou dans le bois. Cette analyse nécessite cependant un traitement numérique des images pour éliminer les erreurs dues aux particules qui traversent le champ optique. De même l'évaluation de la décélération étant très sensible au bruit de mesure celle-ci n'est obtenue qu'au prix d'un filtrage important.

Premiers résultats

Exploitation des essais

De nombreux essais ont été réalisés et une dizaine de tests été effectivement analysés. Les causes de rejets sont : clou enfoncé totalement, échantillon de bois se fendant en 2, clou enfoncé dans une direction déviée.

Le profile temporel typique de l'enfoncement du clou est présenté Fig 3. On remarque une décélération régulière jusqu'à un arrêt complet à la fin de l'impact.

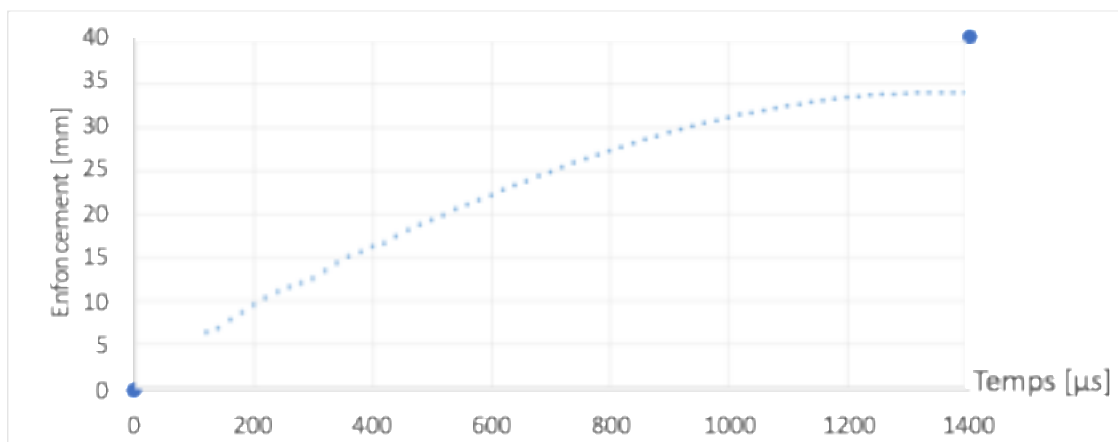


Fig. 3 : Evolution temporelle de l'enfoncement du clou

Après filtrage et exploitation de la décélération on obtient la relation force-enfoncement (Fig. 4)

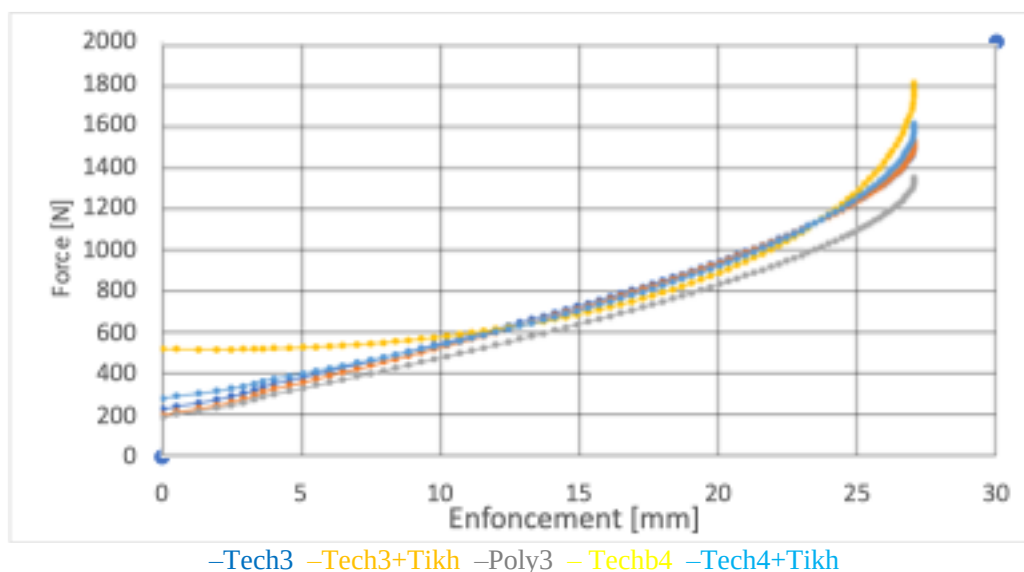


Fig. 4 : relation force – enfoncement selon différentes méthodes de filtrage de la décélération

Les premières méthodes se limitant à des interpolations d'ordre 3 semblent plus satisfaisantes et montrent, en première approximation, une relation linéaire entre l'enfoncement et la force appliquées pour l'obtenir.

Afin de vérifier la pertinence de ce résultat nous comparons les évolutions temporelles l'effort de décélération à celui transmis par l'échantillon de bois à la barre d'appui (Fig. 5).

La comparaison est tout à fait pertinente pour les premières méthodes d'interpolation. On remarque qu'un décrochement se produit vers 20 mm qui s'explique par une interférence venant d'une réflexion d'onde à l'extrémité de la barre d'appui.

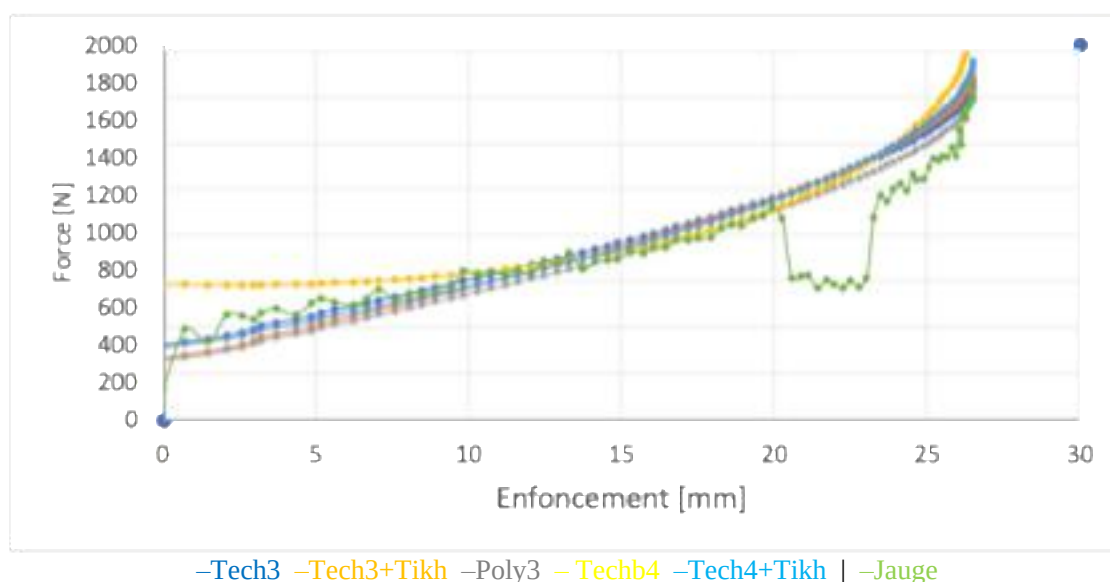


Fig. 5 : Comparaison effort de décélération à celui de la barre d'appui

Analyses des premiers résultats – effet de la vitesse de choc

Les relations effort-enfoncement étant accessibles, nous nous intéressons maintenant à l'effet de la vitesse d'impact sur cette relation. Une comparaison, Fig. 6, est faite entre les essais réalisés avec le projectile en aluminium (grande vitesse) et le projectile en acier (petite vitesse)

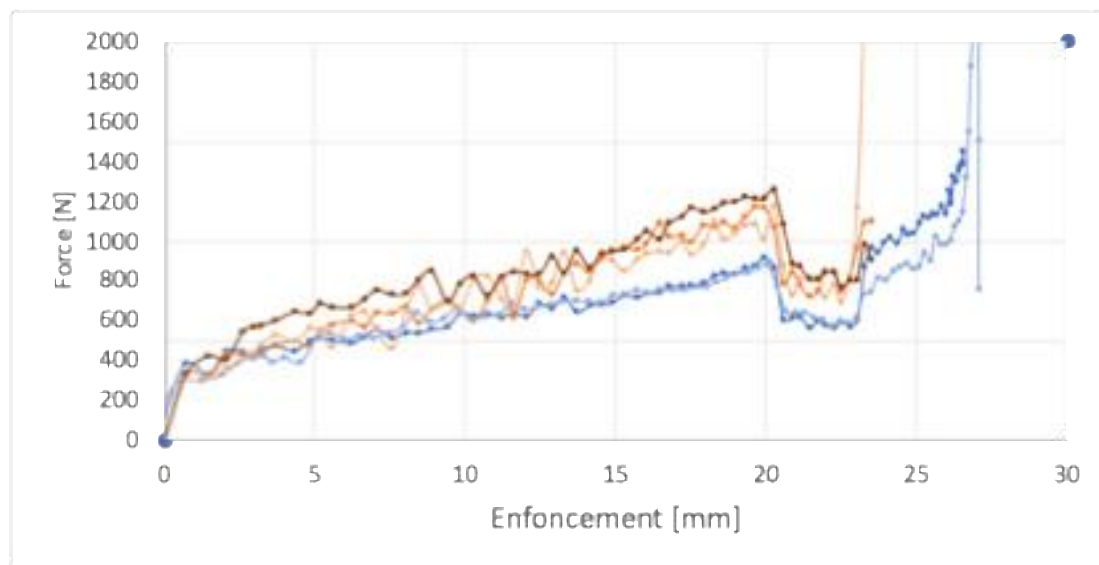


Fig. 6 : Effet de la vitesse d'impact sur la relation effort-enfoncement

On remarque alors que les efforts de friction augmentent avec la vitesse d'enfoncement. Afin d'étendre la gamme de vitesse nous avons réalisé des essais en quasi-statique avec une machine de traction-compression conventionnelle avec comme résultat la relation présentée Fig. 7 :

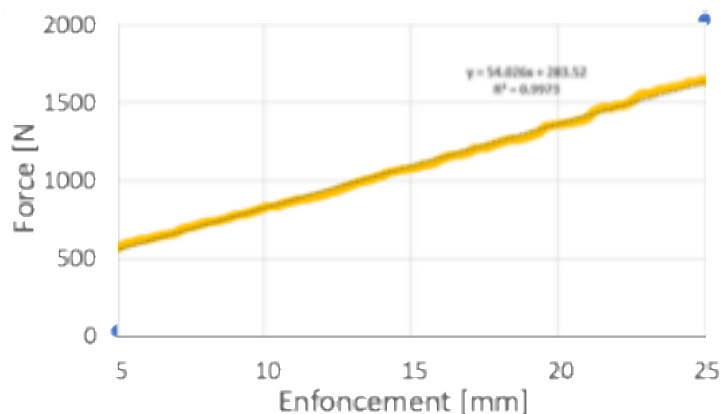


Fig. 7 : Relation effort-enfoncement en quasi-statique

Cette fois l'effort d'enfoncement est bien plus important que sous choc, on passe, pour un enfoncement de 20 mm d'environ 1 360 N en statique à 1 200-890 N en dynamique.

Premières conclusions et perspectives

Nous venons de montrer qu'il était possible de réaliser des essais contrôlés d'enfoncement de clous sous choc. Les premiers résultats importants sont la linéarité de l'effort avec l'enfoncement, l'augmentation de cet effort avec la vitesse d'impact mais qui reste plus faible qu'en quasi-statique.

Pour la suite il est envisageable d'étudier d'autres essences, directions de fibre, type de clous, et d'étendre la gamme des vitesses d'impact.

Une autre prolongation importante consiste à mesurer les efforts d'arrachement des clous puisque ce sont ces efforts qui conditionnent la performance du cloutage. Nous prévoyons de réaliser un dispositif à installer sur une machine de traction. Ce dispositif doit permettre d'accrocher la tête du clou et retenir l'échantillon de bois sans l'endommager ni le confiner.

Le dernier point à développer est la modélisation numérique pour avoir des outils de prédiction de la tenue des assemblages cloutés. Une première tentative avec une modélisation très simplifiée du comportement du hêtre n'a conduit qu'à des résultats aberrants soit sur les coefficients de frottement à introduire soit sur les pressions de confinement autour du clou.

Références

El-Houjeiry I (2020) Étude du comportement dynamique du bois sous impact, thèse, Université de Lorraine

Martin P (2006) Étude du comportement des poutres lamellées clouées boulonnées en flexion, thèse, ENGREF, AgroParisTech